สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การดูดซับโครเมียมในน้ำเสีย ด้วยซานอ้อยที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์



นางสาว ธิติมา รักธรรมดี
นาย มนตรี โฆสิตดุลย์

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 43900
วัน, เดือน, ปี 17 ต.ค. 2545

.b.....
.i.....

โครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาเคมี
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2544

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Adsorption of Chromium (VI) on Bagasse Pith with Activated by Zinc Chloride

Miss. Thitima Rakthomdee

Mr. Montree Cositdul

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Chemistry

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2001

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การดูดซับโครเมียมในน้ำเสีย ด้วยซานอ้อยที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

โดย นางสาว ธิติมา รักธรรมดี

นาย มนตรี โฆสิตดุลย์

ภาควิชา เคมี

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้นับโครงงานพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

---------- หัวหน้าภาค

(ผศ.ดร. สมศักดิ์ วรมงคลชัย)

คณะกรรมการโครงงานพิเศษ

---------- ประธานกรรมการ

(รศ. อรุณี คงศักดิ์ไพศาล)

---------- กรรมการ

(ผศ.ดร. นิพนธ์ วงศ์วิเศษสิริกุล)

---------- กรรมการ

(ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย)

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงงานพิเศษ การดูดซับโครเมียมในน้ำเสีย ด้วยชานอ้อยที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

นักศึกษา นางสาว ธิติมา รักธรรมดี

นาย มนตรี โฆสิตดุลย์

อาจารย์ที่ปรึกษา ผศ. พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย

ภาควิชา เคมี

ปีการศึกษา 2544

บทคัดย่อ

โครงงานพิเศษนี้เป็นการศึกษาการนำชานอ้อยมาเผาให้เป็นถ่านกัมมันต์ เพื่อใช้เป็นตัวดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ การศึกษาแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ขั้นแรก ศึกษาอุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสมในการเผาชานอ้อย โดยการวิเคราะห์หาค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัว ผลการศึกษาพบว่า ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส และเวลาที่ใช้ในการเผา 45 นาที จะได้ค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัวเท่ากับ 36.83 ซึ่งสูงกว่าที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ ขั้นที่สอง นำชานอ้อยที่เผาแล้วมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ เพื่อให้มีความสามารถในการเป็นตัวดูดซับได้ดีขึ้น โดยศึกษาหาปริมาณซิงค์คลอไรด์ อุณหภูมิและเวลาที่เหมาะสม วิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน พบว่า ปริมาณซิงค์คลอไรด์ 30 กรัม อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการกระตุ้น 1.5 ชั่วโมง จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 933.54 มก./ล. ขั้นสุดท้าย นำชานอ้อยที่ผ่านการกระตุ้นแล้วมาดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ศึกษาพีเอชและความเข้มข้นโครเมียมเริ่มต้น พบว่า ที่พีเอช 2 ปริมาณโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์เหลือน้อยที่สุดเท่ากับ 11.49 มก./ล. ร้อยละการกำจัดเท่ากับ 71.28 และปริมาณโครเมียมเริ่มต้นในน้ำเสียสังเคราะห์ที่เหมาะสม เท่ากับ 40 มก./ล. จะให้ค่าร้อยละการกำจัดสูงสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Adsorption of Chromium (VI) on Bagasse pitch with Activated by Zinc Chloride
Name	Miss. Thitima Rakthomdee
	Mr. Montree Cositdul
Special Project Advisor	Asst. Prof. Pitsamai Chairat-utai
Department	Chemistry
Academic year	2001

Abstract

This special project studied the preparation of activated carbon by carbonization bagasses pitch for using as chromium adsorption in synthetic wastewater. This study devided into 3 steps. First , study temperature and time which is suitable for carbonization bagasses pitch. Analysis of percentage of fixed carbon. The results show that temperature 400 ^{0}C and 45 minutes provided the percentage of fixed carbon , 36.83 which is higher than another condition. Second , carbonized bagasses pitch was activated by zinc chloride for increasing adsorption ability. The quantity of zinc chloride , temperature and time were studied. Analysis of iodine number found that zinc chloride 30 g. , 600 ^{0}C and 1.5 h. give the value of iodine number , 933.54 mg./g. Third , prepared activated carbon was used for chromium adsorption in synthetic wastewater. The initial concentration of chromium and pH value were investigated. It was found that at pH 2 the quantity of chromium in wastewater was minimum , 11.49 mg./l. The percent removal of chromium was 71.28. The suitable initial concentration of chromium in wastewater should equal 40 mg./l. for the maximum of percent removal of chromium.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการพิเศษนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีในครั้งนี้ สืบเนื่องมาจากความร่วมมือและความกรุณาของทุกๆท่าน ทั้งอาจารย์ที่ปรึกษา อาจารย์ พิสมัย ชัยรัตน์อุทัย ที่กรุณาติดตามตรวจสอบ ดูแลเอาใจใส่และให้คำปรึกษา ติชมผลงานจนสำเร็จลงได้ในที่สุด อีกทั้งท่านอาจารย์อำนาจ เพิ่มทรัพย์สกุล และ ผศ.ดร. มาลิณี ชัยศุภกิจสินธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในทุกๆเรื่อง อีกทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ภาควิชาเคมีทุกๆท่านที่ให้ความช่วยเหลือในทุกๆด้านอย่างเต็มที่

ทั้งคุณพ่อคุณแม่ ญาติ พี่น้อง และเพื่อนๆในภาควิชาเคมีและที่ต่างๆ รวมถึงรุ่นพี่ภาคเคมีทุกๆคนที่ได้ให้ความช่วยเหลือและกำลังใจกับพวกเรา ให้มีกำลังใจในการต่อสู้ ฝ่าฟันอุปสรรคนานับประการจนโครงงานพิเศษนี้สำเร็จลงในที่สุด

ทางผู้จัดทำสำนึกในพระคุณของทุกๆท่านและถือโอกาสนี้กราบขอบพระคุณทุกๆท่านที่ให้ความกรุณาให้กำลังใจ ให้คำปรึกษา และอดทนกับโครงงานพิเศษมาโดยตลอด มา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอกราบขอบพระคุณ

ธิติมา รักธรรมดี

มนตรี โฆสิตดุลย์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่1 บทนำ	
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ	2
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินโครงงานพิเศษ	2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง	
2.1 ชานอ้อย	3
2.2 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon)	5
2.3 โลหะหนัก	16
2.4 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย	18
2.5 การดูดซับ (Adsorption)	19
2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	23
บทที่ 3 การดำเนินการวิจัย	
3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	25
3.2 ขั้นตอนการทำวิจัย	26
3.3 วิธีการทดลอง	27

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเตรียมถ่านจากชานอ้อย 30

4.2 การนำถ่านที่ได้จากชานอ้อยมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ 31

4.3 การดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ 34

บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 38

5.2 ข้อเสนอแนะ 38

เอกสารอ้างอิง 39

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆที่ใช้ในการทดลอง 41

ภาคผนวก ข ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง 53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 สมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์	7
2.2 สมบัติของซิงค์คลอไรด์	11
4.1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ต่อค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัว	30
4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ต่อค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัว	31
4.3 ผลของปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่ใช้ในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน	33
4.4 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน	33
4.5 ผลของเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน	34
4.6 ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (C_f) และเปอร์เซ็นต์ การกำจัดที่พีเอชต่างๆ	35
4.7 ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (C_f) และเปอร์เซ็นต์ การกำจัดที่ความเข้มข้นต่างๆ	37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 carbon-oxygen complexs บนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์	5
2.2 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์	8
2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายซิงค์คลอไรด์ กับค่าความเป็นกรด-เบส	12
2.4 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยซิงค์คลอไรด์	13
2.5 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์	16
3.1 เตาเผาอุณหภูมิสูง (Muffle Furnace) สำหรับคาร์บอไนซ์ยาง	26
4.1 แสดงลักษณะของชานอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์	32
4.2 แสดงลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากชานอ้อย	32
4.3 แผนภาพการกระจายสปีชีส์ของโครเมียมที่พีเอชต่างๆ	36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงงานพิเศษ

เนื่องจากปัจจุบันวิทยาศาสตร์ได้มีการเจริญและพัฒนาไปอย่างมาก ทำให้มีผู้ที่สนใจเกิดขึ้นมากมาย ดังนั้นเมื่อมีการพัฒนาและการดำเนินการต่างๆเกิดขึ้นก็จะมีของเสียเกิดขึ้นตามมา โลหะหนักก็เป็นปัญหาอย่างหนึ่งที่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมในปัจจุบันอย่างมาก ตัวอย่างเช่น โครเมียม ซึ่งได้มาจากโรงงานอุตสาหกรรมชุบโลหะ โครเมียมเป็นของเสียที่อันตรายอย่างมากต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิต และระบบนิเวศ เมื่อสิ่งมีชีวิตได้รับสารโครเมียมเข้าไปอาจก่อให้เกิดโรคมะเร็งได้ ดังนั้นจึงจำเป็นที่จะต้องทำการกำจัดโลหะหนักออกจากน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งวิธีการกำจัดนั้นมีหลายวิธี ได้แก่ การตกตะกอนทางเคมี ขบวนการแลกเปลี่ยนไอออน หรือการใช้กระบวนการกรองผ่านเมมเบรน ซึ่งวิธีการเหล่านี้ล้วนแล้วแต่เป็นวิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสียได้ดีทั้งสิ้น แต่เนื่องจากเป็นวิธีที่สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายในการลงทุนและจำเป็นที่จะต้องมีการนำเทคโนโลยีเข้ามาใช้ รวมทั้งต้องมีการจัดการอย่างมีประสิทธิภาพ

ดังนั้นหากสามารถนำของเสียที่เกิดขึ้นมาใช้ให้เป็นประโยชน์ ก็นับได้ว่าเป็นการช่วยจัดการกับของเสียเหล่านั้นอีกทางหนึ่ง การวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะศึกษาถึงความเป็นไปได้ที่จะทำการกำจัดโครเมียมในน้ำเสียโดยกระบวนการดูดซับโดยใช้ตัวดูดซับที่มีคุณสมบัติการดูดซับที่ดีและราคาถูก นั่นคือ การผลิตถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย ซึ่งถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) เป็นผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนที่มีโครงสร้างเป็นรูพรุนเพื่อใช้ในการดูดซับ สามารถผลิตจากวัตถุดิบที่เป็นอินทรีย์วัตถุซึ่งมีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบส่วนใหญ่ ซึ่งชานอ้อยเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่ายและราคาถูก โดยจะทำการกระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ซึ่งเป็นสารที่ใช้เป็นตัวกระตุ้นทางเคมีตัวหนึ่ง ช่วยให้ชานอ้อยมีสมบัติเป็นสารกัมมันต์ที่ดีขึ้น โดยทำการหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัดโครเมียม และหากประสิทธิภาพในการบำบัดมีค่าสูงพอที่จะนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจริง ก็จะเป็นวิธีการกำจัดโลหะหนักที่มีประสิทธิภาพ และเป็นการนำเอาสารดูดซับที่มีราคาถูกมาใช้ให้เกิดประโยชน์อีกทางหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเอาชานอ้อยที่ทิ้งแล้วมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์
2. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการลดปริมาณโลหะหนัก คือ โครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์โดยใช้ชานอ้อยเป็นตัวดูดซับ

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ใช้ชานอ้อยที่ถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์เป็นตัวดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์
2. ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ อุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการเผาชานอ้อย ปริมาณซิงค์คลอไรด์ และอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นชานอ้อยด้วยซิงค์คลอไรด์
3. สภาวะที่มีผลต่อการดูดซับที่ศึกษา ได้แก่ พีเอชและความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม

1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงานโครงงานพิเศษ

1. สืบค้นข้อมูลที่เกี่ยวข้อง
2. ออกแบบการทดลอง จัดหาอุปกรณ์และสารเคมี
3. ดำเนินการทดลองโดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ตอน
   <u>ตอนที่ 1</u> ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย
   <u>ตอนที่ 2</u> ศึกษาสภาวะที่มีผลต่อการดูดซับ โดยใช้ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยที่ถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในสภาวะที่เหมาะสมจากตอนที่ 1
4. สรุปผลและรายงานผล

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพื่อนำตัวดูดซับไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีโลหะหนัก คือ โครเมียม

เป็นแนวทางหนึ่งที่จะช่วยให้มีการนำเอาชานอ้อย ซึ่งเป็นกากของเสียกลับมาใช้ได้อีก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้อง

2.1 ชานอ้อย [4]

ชานอ้อยเป็นเส้นใยธรรมชาติที่ได้จากเกษตรกรรมโดยการบดต้นอ้อยในลูกกลิ้ง เพื่อให้ได้น้ำตาล ชานอ้อยมีหลายสีแต่โดยทั่วไปจะเป็นสีเหลืองเทาหมองๆจนถึงสีเหลืองซีด ซึ่งจัดเป็นสารประกอบประเภทลิกโนเซลลูโลส (สารที่ประกอบด้วยลิกนิน และเซลลูโลส) นอกจากนี้ชานอ้อยมีลักษณะเป็นต้นเกะกะไม่เป็นระเบียบ และมีมากมายหลายขนาดขึ้นกับการบด

สมบัติทางกายภาพของชานอ้อย

ชานอ้อยประกอบด้วย 2 ส่วนที่แยกกันอย่างเห็นได้ชัดคือส่วนแรกเป็นชั้นผนังหนาและจะค่อนข้างยาวซึ่งเป็นส่วนของเส้นใยที่ได้จากเปลือกนอก และมัดของท่อลำเลียงที่กระจายอยู่ภายในลำต้น ส่วนที่สองเป็นส่วนที่มีความสำคัญที่ได้จากเซลล์ที่มีผนังบางของพาเรนไคมา (Parenchyma) ของลำต้นซึ่งทำหน้าที่เก็บสะสมน้ำตาลอ้อย

เส้นใยอ้อยมีลักษณะคล้ายกับเส้นใยของฝ้าย และขนสัตว์ คือมีลักษณะโครงสร้างขดเป็นวง มีความยาวโดยเฉลี่ยประมาณ 1.0 - 4.0 mm และกว้าง 0.010 - 0.04 mm ลักษณะของเส้นใยนั้นขึ้นกับชนิดของชานอ้อย

องค์ประกอบของชานอ้อย

ชานอ้อยมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นเส้นใยประมาณ 42 -43 % ความชื้น (Moisture) 46 - 52 % และส่วนอื่นๆ ซึ่งองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล 2 - 8 % ส่วนประกอบทางเคมีของชานอ้อยประกอบด้วยเซลลูโลส ลิกนิน และสารพอลิเมอร์ธรรมชาติ เซลลูโลสในชานอ้อยเป็นโฮโมพอลิเมอร์ประเภท D-กลูโคส พอลิเมอร์ของเฮมิเซลลูโลสประเภท D-ไซเลนและลิกนินเป็นประเภทฟีโนลิกธรรมชาติ

ประโยชน์จากชานอ้อย

ชานอ้อย คือส่วนของอ้อยที่เหลือภายหลังจากการหีบน้ำอ้อยออก โดยใช้ลูกหีบหนึ่งหรือหลายชุดซึ่งจะมีประมาณ 30 % ของอ้อยที่หีบ ชานอ้อยมีประโยชน์ในทางอุตสาหกรรมมาก เช่น ใช้ทำไม้อัด เยื่อกระดาษ พลาสติก อาหารสัตว์ ตลอดใช้เป็นเชื้อเพลิงแทนน้ำมันเตาในโรงงานอุตสาหกรรม ขี้เถ้าที่เหลือนำมาผสมกับหินปูนและถ่านหินสามารถผลิตเป็อิฐก่อสร้างได้ ในบางประเทศนำชานอ้อยไปผลิตกระแสไฟฟ้า การใช้ประโยชน์จากชานอ้อย ได้แก่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1. เชื้อเพลิงและการผลิตกระแสไฟฟ้า

ชานอ้อยสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงสำหรับเตาหม้อน้ำเพื่อผลิตเป็นไอน้ำใช้ในการต้มเคี่ยวน้ำตาล ชานอ้อย (ความชื้นประมาณ 49 %) หนัก 1 ตัน จะให้พลังงานความร้อนเทียบเท่าน้ำมันเตา 0.18 ตัน ถ่านหิน 0.26 ตัน ก๊าซธรรมชาติ 0.209 ลูกบาศก์เมตร ไม้ 0.55 ตัน และไอน้ำที่ผลิตได้นำไปชักลากมอเตอร์สำหรับเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ซึ่งชานอ้อยที่นำมาใช้ผลิตกระแสไฟฟ้าต้องมีปริมาณมากพอ เพราะต้องใช้แทนถ่านหินหรือน้ำมันเตาซึ่งเป็นทรัพยากรธรรมชาติที่นับวันมีแต่หมดสิ้นไปโดยไม่สามารถทำให้เกิดขึ้นใหม่ได้

2. ผลิตเยื่อกระดาษ

ประเทศที่ริเริ่มนำชานอ้อยมาทำเยื่อกระดาษ ได้แก่ ฝรั่งเศส เมื่อปี ค.ศ. 1838 ต่อมาแพร่หลายทั่วไปและสามารถทำกระดาษอัดหรือไม้อัดโดยพิจารณาเส้นใยที่นำมาผลิตด้วย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับความแข็งแรง จำนวนเส้นใย ความต้านทานต่อความชื้นและการผุพังได้ดี นอกจากนี้สามารถใช้ชานอ้อยผลิตพาร์ติเคิลบอร์ด (Particle board) นำมาอัดเป็นแผ่นเล็กๆเป็นชิ้นๆโดยใช้ความร้อนและสารเคมี ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ ตู้ทีวี กระเป๋าเดินทาง โต๊ะ ภาชนะ ฯลฯ

3. อาหารสัตว์

ชานอ้อยเมื่อทำให้แห้ง (ความชื้นประมาณ 10 %) สามารถใช้ผสมกับกากน้ำตาลในอัตราส่วนกากน้ำตาล 70 ส่วนต่อชานอ้อย 30 ส่วน ทำเป็นอาหารสัตว์ได้

4. ผลิตคอนกรีต

ผสมชานอ้อย 6 ส่วนต่อปูนซีเมนต์ 1 ส่วน เพื่อให้มีราคาถูกลง มีน้ำหนักเบา และเพื่อต่อต้านการทำปฏิกิริยากับสีโป๊ว

5. ผลิตพลาสติก

เนื่องจากส่วนประกอบของชานอ้อยมีลิกนินผสมอยู่ ซึ่งเป็นส่วนสำคัญในการผลิตพลาสติก นอกจากนี้ยังมีส่วนผสมอื่นๆใช้เป็นวัตถุดิบ เช่น เนื้อไม้ที่ไม่ใช้แล้วนำมาย่อยสลายด้วยกรด ความร้อนและความดัน แล้วอัดเป็นเม็ดพลาสติก

6. สารเสริมแรง

ชานอ้อยสามารถใช้เป็นสารเสริมแรงในพอลิเมอร์เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกล โดยนำเส้นใยมาผสมกับพอลิเมอร์เมตริกซ์เพื่อผลิตเป็นพอลิเมอร์คอมพอสิต

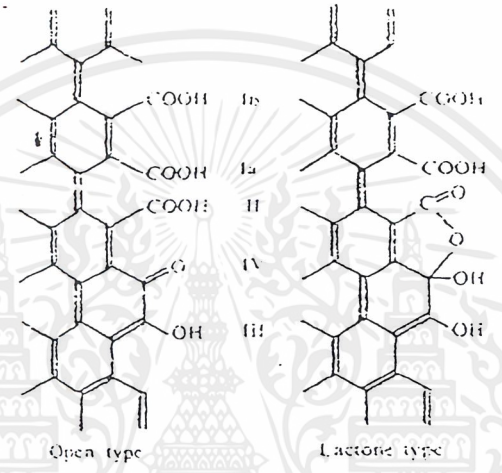
7. ผลิตถ่านกัมมันต์

ชานอ้อยเป็นวัสดุธรรมชาติที่สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ได้ โดยการนำไปเผาที่อุณหภูมิต่ำ (Carbonization) แล้วจึงกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 ถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon , AC.) [2]

ถ่านกัมมันต์เป็นคาร์บอนอสัณฐานชนิดหนึ่ง แต่ถูกทำขึ้นมาเป็นพิเศษโดยการกระตุ้นซึ่งจะทำให้พื้นผิวภายในเพิ่มขึ้นเนื่องมาจากโครงสร้างที่เป็นรูพรุนจำนวนมากที่ผิวหน้าของถ่านกัมมันต์มีขั้ว (polar) เล็กน้อยเนื่องจากมี carbon-oxygen complexs แสดงดังรูปที่ 2.1 เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากวัตถุดิบที่ใช้ผลิตหรือเกิดจากการออกซิเดชันของอากาศในระหว่างขั้นตอนการกระตุ้น ดังนั้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จึงมีความชอบน้ำ (hydrophilicity) และมีความเป็นกรด (acidity)



รูปที่ 2.1 carbon-oxygen complexs บนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์

โดยทั่วไปแล้ว ถ่านกัมมันต์จะมีความเป็นผลึกและจะเปลี่ยนขนาด รูปร่างตามอุณหภูมิที่เผา รูปร่างอะตอมคาร์บอนจะเปลี่ยนตามสวนประกอบและโครงสร้างของวัตถุดิบ โครงสร้างรูพรุนของถ่านกัมมันต์จะมีผลอย่างมากต่ออัตราส่วนของพื้นผิวต่อขนาด โดยรูพรุนขนาดใหญ่จะไม่มีผลต่อพื้นที่ผิวสัมผัสของถ่านกัมมันต์มากนัก ดังนั้นในการกระตุ้นคาร์บอนจึงเป็นการทำให้เกิดรูพรุนขนาดเล็ก เพื่อให้มีพื้นที่ผิวสัมผัสมากขึ้นสำหรับการดูดซับ (500- 200 ตารางเมตรต่อกรัม)

ถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปจะมีอยู่ 2 แบบคือ

1. ชนิดผง (powder) คือ มีขนาดเล็กกว่า U.S. sieve เบอร์ 50 (297 ไมครอน) จะใช้ในการดูดซับสารละลาย เช่น สี สารอินทรีย์ และการบำบัดน้ำเสีย โดยทั่วไปจะผลิตโดยกระตุ้นเศษไม้ ถ่าน ขี้เลื่อย แล้วนำไปบดให้มีขนาดเล็กลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชนิดเม็ด (granular) คือ มีขนาดใหญ่กว่า U.S. sieve เบอร์ 50 (297 ไมครอน) จะใช้ในการดูดซับก๊าซหรือไอระเหย ดูดซับสีและกลิ่นในน้ำดื่ม และการบำบัดน้ำเสีย

อัตราการดูดซับจะขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของคาร์บอน แต่ความสามารถในการดูดซับจะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัส ขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ใช้จะต้องมีขนาดใกล้เคียงกัน และไม่เล็กจนเกินไป เพื่อที่จะป้องกันการเกิดความดันลดภายในเบดมากเกินไป และการหลุดลอยของถ่านกัมมันต์ไปตามกระแสก๊าซ

2.2.1 **วัตถุดิบที่จะนำมาเตรียมถ่านกัมมันต์**

วัสดุที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ควรมีลักษณะดังนี้

- เป็นของเหลือทิ้ง หรือเป็นของที่มีราคาถูก
- มีปริมาณคาร์บอนสูง
- มีปริมาณสารอนินทรีย์ต่ำ
- มีความสะดวกในการนำมาใช้งาน เช่น ไม่สลายตัวเมื่อเก็บ ฯลฯ
- สามารถใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพสูงได้

วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบโดยตรง มักเป็นพวกอินทรีย์วัตถุ (หมายถึง สารที่มีคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ) เป็นส่วนใหญ่ สามารถแบ่งออกเป็นชนิดต่างๆได้ดังนี้

อินทรีย์วัตถุที่ใช้เป็นวัตถุดิบสามารถแบ่งเป็นชนิดต่างๆได้ดังนี้

1. พวกเซลลูโลสที่มาจากพืช เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ชานอ้อย ซังข้าวโพด
2. พวกถ่านหิน เช่น ลิกไนต์ บิทูมินัส
3. วัตถุดิบที่มาจากสัตว์ เช่น กระดูก เลือด

สำหรับวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในรูปถ่าน มักเป็นถ่านที่ได้จากการคาร์โบไนซ์อินทรีย์วัตถุหรือที่เรียกว่า ถ่านสังเคราะห์ (artificial char) หรืออาจเป็นถ่านที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ (natural char) เช่น ถ่านหิน ก็ได้

ถ่านสังเคราะห์ยังแบ่งตามอินทรีย์วัตถุที่ใช้เป็น 2 ประเภท คือ

- ถ่านสังเคราะห์เนื้อแข็ง (hard artificial char) เช่น ถ่านน้ำตาล , ถ่านไม้ที่ได้จากการคาร์โบไนซ์ที่ความดันสูง
- ถ่านสังเคราะห์เนื้ออ่อน (soft artificial char) เช่น ถ่านไม้ , ถ่านชานอ้อย , ถ่านแกลบ , ถ่านหินน้ำมัน , กากน้ำตาล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวอย่างสมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์แสดงในตารางที่ 2.1 จะเห็นว่ามักเลือกใช้วัสดุที่มีค่าเถ้าต่ำอนึ่งคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ขึ้นกับชนิดของวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบ สังเกตได้ว่า วัสดุที่มีความหนาแน่นต่ำและสารระเหยสูง เช่น ไม้ , ลิกนิน ฯลฯ มักได้ถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาตรของรูพรุน (pore volume) สูง และความหนาแน่นต่ำ เช่น กะลามะพร้าว ฯลฯ จะทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีปริมาตรของรูพรุนขนาดเล็ก (micropore volume) สูง สามารถใช้ดูดซับได้ทั้งในสารละลายและแก๊ส อย่างไรก็ตามสมบัติของถ่านกัมมันต์ก็ยังขึ้นกับปัจจัยอื่นๆ อีกเช่น วิธีการผลิต หรือ ภาวะที่ใช้เตรียม เป็นต้น ดังนั้นจึงเป็นการยากที่จะระบุให้แน่นอนว่าวัสดุชนิดใด จะใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมกับงานแบบใด

ตารางที่ 2.1 สมบัติของวัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์และการใช้ประโยชน์

วัสดุ	ค่าคาร์บอน	ค่าสารระเหย	ความหนาแน่น	ค่าเถ้า	การใช้ประโยชน์
ไม้เนื้ออ่อน	40-45	55-60	0.40-0.50	0.3-1.1	การดูดซับในสารละลาย
ไม้เนื้อแข็ง	40-42	55-60	0.55-0.80	0.3-1.2	การดูดซับในสารละลาย
ลิกนิน	35-40	58-60	0.30-0.40	-	การดูดซับในสารละลาย
เปลือกลูกนัท	40-45	58-60	1.40	0.5-0.6	การดูดซับไอ
ลิกไนต์	55-70	25-40	1.00-1.35	5.0-6.0	การบำบัดน้ำเสีย
ถ่านหินเนื้ออ่อน	65-80	20-30	1.25-1.50	2.0-12	การดูดซับในสารละลายและไอ
ปิโตรเลียมโค้ก	70-85	15-20	1.35	0.5-0.7	การบำบัดน้ำเสีย
ถ่านหินเนื้อกึ่งแข็ง	70-75	10-15	1.45	5-15	การดูดซับไอ
ถ่านหินเนื้อแข็ง	85-95	5-10	1.50-1.80	2-15	การดูดซับไอ

2.2.2 การผลิตถ่านกัมมันต์

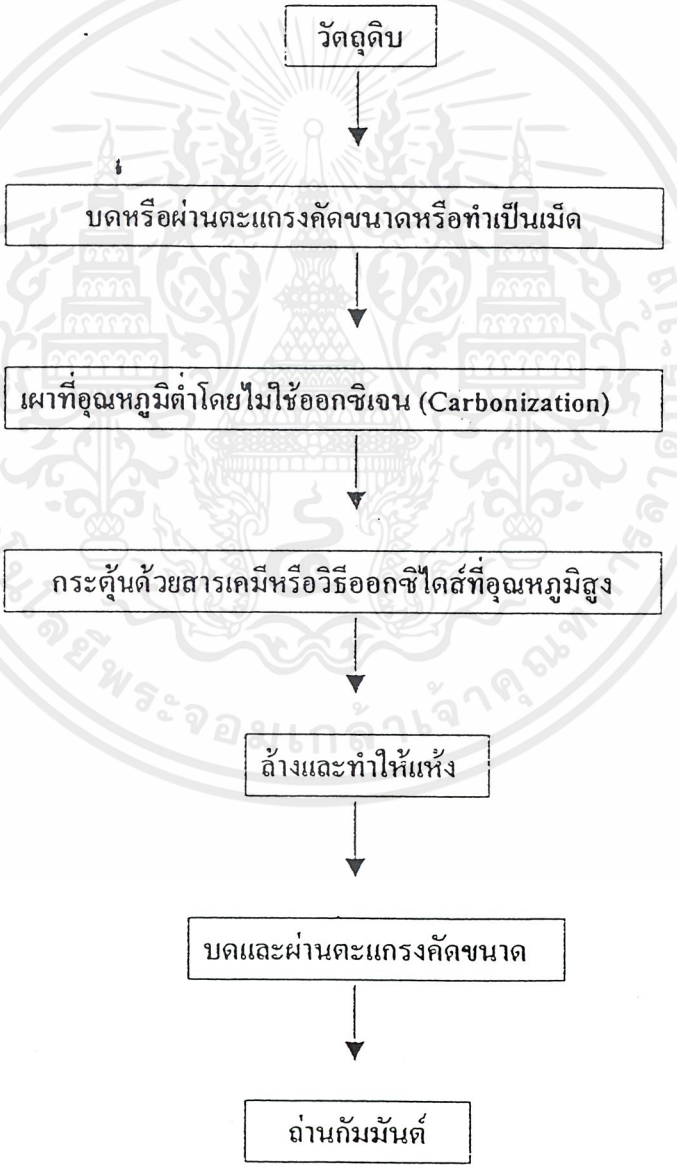
การผลิตถ่านกัมมันต์คือ การทำให้คาร์บอนหรือถ่านมีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิว และการทำให้ผิวมีความว่องไวมากขึ้น ได้พิจารณาความหมายของการกระตุ้นไว้เป็น 3 ลักษณะ คือ

- เป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวที่ว่องไว (active surface area) โดยเกิดปฏิกิริยาทางเคมี ทำให้โมเลกุลบางกลุ่มหลุดออกไป และเกิดส่วนที่มีอำนาจดูดซับขึ้นมาแทน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เป็นการเพิ่มความว่องไวในการดูดซับให้ผิวที่มีอยู่แล้ว ซึ่งหมายถึงทำให้อะตอมของคาร์บอนมีพลังงานศักย์สูงขึ้น โดยจัดเปลี่ยนโครงสร้างใหม่ให้มีความว่องไวในการดูดซับสูงขึ้น
- เป็นการกำจัดอินทรีย์วัตถุหรืออนินทรีย์วัตถุต่างๆ ซึ่งเป็นสารปนเปื้อนออกจากบริเวณที่ทำหน้าที่ดูดซับ (active centers)

ในปัจจุบันวิธีการผลิตถ่านกัมมันต์มีมากมายหลายวิธี ขึ้นอยู่กับว่าวัตถุดิบที่ใช้เป็นอะไร และต้องการถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติอย่างไร กรรมวิธีการโดยทั่วไปประกอบด้วยการเตรียมวัตถุดิบ หมายถึง การอบแห้ง การบด การทำให้เป็นเม็ด การเผาที่อุณหภูมิต่ำ (carbonization) จากนั้นนำไปกระตุ้นด้วยสารเคมีหรือสารออกซิไดส์ต่างๆ กระบวนการผลิตแสดงดังรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผนภาพแสดงกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.1 การคาร์บอไนซ์ (carbonization) เป็นกระบวนการไพโรไลซีส (pyrolysis) โดยใช้ความร้อนไล่ความชื้น และสารต่างๆออกจากวัตถุดิบ ผลิตภัณฑ์ที่ได้จะอยู่ในรูปของของแข็งที่เรียกว่าถ่านชาร์ (char) ส่วนที่หลุดออกมา คือ แก๊สและน้ำมันทาร์ (tar) กระบวนการนี้เป็นการเพิ่มร้อยละของคาร์บอนให้สูงขึ้น ในกระบวนการไพโรไลซีสต้องการความร้อนซึ่งอาจได้ในแบบทางตรง หรือทางอ้อม แบบทางตรงอาจได้จากปฏิกิริยาออกซิเดชันเพียงบางส่วน หรือจากปฏิกิริยาอื่นๆที่เกิดขึ้นในเครื่องปฏิกรณ์

วัตถุดิบซึ่งมักเป็นวัสดุทางการเกษตร คือเป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนทั้งที่เป็นโซ่ยาวและที่เป็นโซ่วง เช่น ลิกนิน เซลลูโลส ฯลฯ เมื่อนำมาคาร์โบไนซ์ จะเกิดการสร้างวงอะโรมาติก (aromatization) ซึ่งเป็นวงหกเหลี่ยมที่มีอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ (resonance) ได้ทั่วโครงสร้างเรียกว่า วงเบนซีน หรือ วงอะโรมาติก วงเป็นซีนแต่ละวงจรจะเชื่อมติดกันจนมีลักษณะเป็นแผ่น ในโครงสร้างถ่านจะมีแผ่นของวงเบนซีนนี้อยู่หลายแผ่น เรียงตัวกันเป็นชั้นๆอย่างไม่เป็นระเบียบ การเรียงตัวเป็นชั้นๆนี้ จะเกิดแรงผลักระหว่างชั้นจากไพอิเล็กตรอนที่เคลื่อนที่อยู่บนและล่างของแต่ละชั้น ถ่านจะสร้างเสถียรภาพด้วยการใช้ไพอิเล็กตรอนสร้างพันธะ โดยการดึงอะตอมแปลกปลอมอื่นเข้าสู่โครงสร้าง เช่น ไนโตรเจน ออกซิเจน หรือฟอสฟอรัส ฯลฯ แต่การดึงอะตอมออกซิเจนจากบรรยากาศจะง่ายที่สุด ดังนั้นจึงมักพบออกซิเจนในโครงสร้างถ่านเสมอ

2.2.2.2 การกระตุ้น (activation) คือการทำให้คาร์บอนหรือถ่านมีความสามารถในการดูดซับสูงขึ้น ทั้งนี้เนื่องมาจากการเพิ่มพื้นที่ผิวและการทำให้ผิวมีความว่องไวมากขึ้น การกระตุ้นถ่านกัมมันต์สามารถทำได้ 2 วิธี คือ

1) วิธีกระตุ้นทางเคมี เป็นการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้สารกระตุ้นทำปฏิกิริยาเคมีกับผิวคาร์บอน มีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา สารเคมีที่นิยมใช้ ได้แก่ ซิงค์คลอไรด์ นอกจากนั้นยังสามารถใช้แคลเซียมคลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ข้อดีของวิธีนี้ คือ ใช้อุณหภูมิไม่สูงมาก (ประมาณ 400-600 องศาเซลเซียส) แต่มีข้อเสียคือมีสารเคมีตกค้างในถ่านกัมมันต์ ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการล้างสารเคมีออก และจะต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้

ในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยซิงค์คลอไรด์ จะป้องกันไม่ให้ถ่านที่เพิ่งเตรียมได้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยการห่อหุ้มโครงสร้างของวัตถุดิบด้วยซิงค์คลอไรด์ ตั้งแต่ก่อนนำไปคาร์โบไนซ์ ผลก็คือไม่เกิดน้ำมันทาร์ที่เกิดจากการปฏิกิริยาการคาร์บอไนเซชัน และเกิดหมู่ฟังก์ชันนัลที่เป็นกรดและมีความสามารถในการดูดซับสูง เช่น Cl ,COOH ฯลฯ ทำให้ถ่านมีความไวในการดูดซับสูงขึ้น เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) วิธีกระตุ้นทางฟิสิกส์ เป็นการผลิตถ่านกัมมันต์โดยที่ผิวของคาร์บอนเกิดการเปลี่ยนแปลงทางฟิสิกส์โดยมีการจัดเรียงตัวใหม่ในโครงสร้าง ซึ่งเพิ่มความสามารถในการดูดซับของถ่านให้สูงขึ้น นิยมใช้แก๊สออกซิไดซ์ต่างๆ เช่น ไอน้ำร้อนยวดยิ่ง แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แก๊สออกซิเจนร่วมกับการใช้ความร้อน ปฏิกิริยากระตุ้นนี้อาจใช้ความร้อนเพียงอย่างเดียว แต่ต้องใช้อุณหภูมิสูงมากถึง 1200 องศาเซลเซียส และพบว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้จะมีคุณภาพต่ำกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตโดยการกระตุ้นด้วยแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ข้อดีของการกระตุ้นวิธีนี้คือไม่มีสารเคมีตกค้าง แต่มีข้อเสีย คือ ต้องใช้อุณหภูมิสูงกว่าวิธีกระตุ้นด้วยสารเคมี คือใช้อุณหภูมิในช่วง 700 – 1200 องศาเซลเซียส

2.2.3 **การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์** [2]

ซิงค์คลอไรด์ เป็นสารดูดน้ำ (dehydrating agent) ที่นิยมนำมาใช้เป็นสารกระตุ้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ มีลักษณะเป็นของแข็งสีขาว มีความหนาแน่น 2.91 มีน้ำหนักโมเลกุล 136.28 มักอยู่ในรูปไฮเดรต ส่วนสมบัติอื่นได้แสดงในตารางที่ 2.2

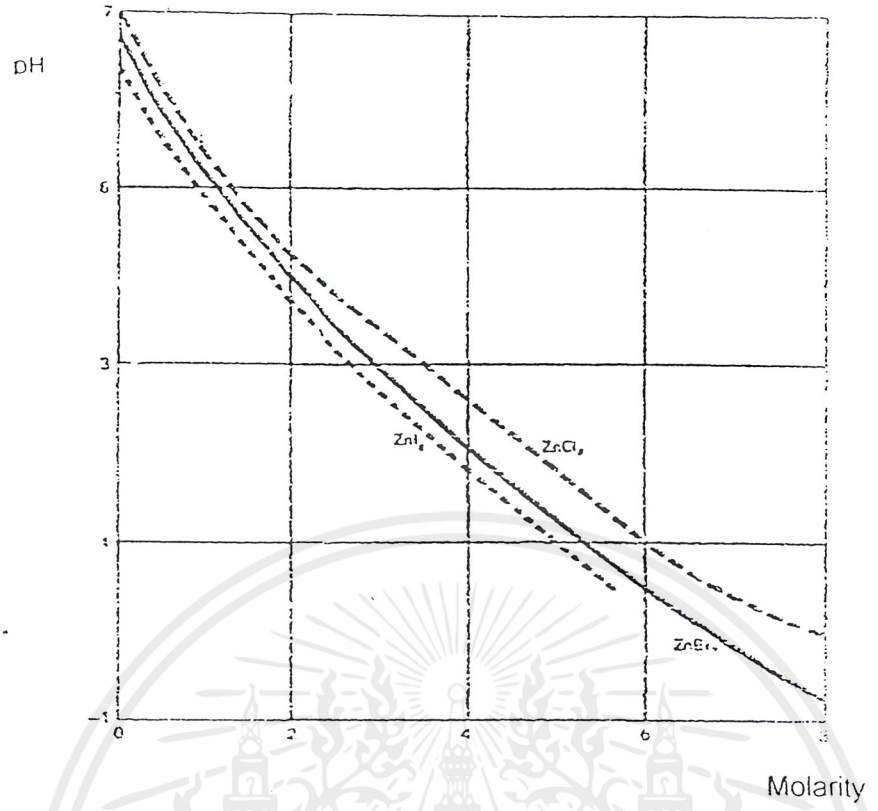
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.2 สมบัติของซิงค์คลอไรด์

สมบัติ	ค่าประมาณ
น้ำหนักโมเลกุล	136.28
จำนวนโมเลกุลของน้ำที่เกิดไฮเดรต	4,3,2.5,1.5,1,0
สี	ขาว
ความหนาแน่น	2.91
จุดหลอมเหลว, องศาเซลเซียส	275
จุดเดือด, องศาเซลเซยส	756
ความร้อนในการหลอมเหลว, แคลอรี ต่อกรัมโมล	5,540
ความร้อนในการระเหย, แคลอรีต่อกรัมโมล	28,700
ความจุความร้อน (Cp) 25 องศาเซลเซียส, แคลอรี ต่อกรัมโมลต่อองศาเซลเซียส	18.30
ความสามารถในการละลาย 25 องศาเซลเซียส, กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำ	432
ความสามารถในการละลาย 100 องศาเซลเซียส, กรัมต่อ 100 มิลลิลิตรน้ำ	614

ซิงค์คลอไรด์ละลายน้ำได้ดีเมื่อมีความเข้มข้น 0.25 โมลาร์ ถึง 0.5 โมลาร์ ถ้าเป็นสารละลายที่มีความเข้มข้นสูงจะอยู่ในรูปสารประกอบเชิงซ้อน $[ZnCl_3]^-$ หรือ $[ZnCl_4]^{2-}$ สารละลายเข้มข้นของซิงค์คลอไรด์มีความเป็นกรดสูง (รูปที่ 2.3) สามารถละลายแป้ง , เซลลูโลส และสารอินทรีย์ต่างๆได้ เชื่อกันว่าวัตถุดิบที่นำมาผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีใช้ซิงค์คลอไรด์ ควรมีเซลลูโลสมาก เช่น ชานอ้อย ซึ่งจะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพสูง โดยทั่วไปขั้นตอนการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ แสดงดังรูปที่ 2.4

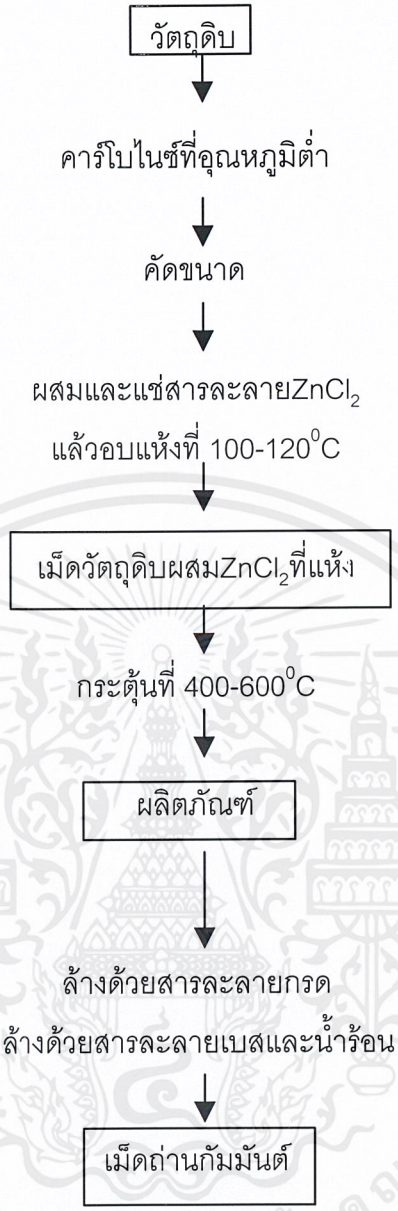
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลาย $ZnCl_2$ กับค่า pH

แม้ว่ากลไกการเกิดปฏิกิริยายังไม่เป็นที่ทราบแน่ชัด แต่ก็ได้นำซิงค์คลอไรด์มาใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ พบว่าเคยใช้ซิงค์คลอไรด์มาคาร์บอไนซ์ร่วมกับไม้ , เซลลูโลส หรือพีต โดยใช้อัตราส่วนของวัตถุดิบ : $ZnCl_2$ = 1 : 6 เติมน้ำเท่าที่จำเป็น นำไปอบแห้งและคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 – 900 องศาเซลเซียส ประเทศแถบยุโรปได้ใช้วัตถุดิบ : สารละลาย $ZnCl_2$ เข้มข้น = 1 : 0.5 ถึง 4 (วัตถุดิบที่ใช้คือผงพีตหรือผงขี้เลื่อย) ในบางครั้งมีการเติมกรดไฮโดรคลอริกหรือกรดฟอสฟอริกด้วย จากนั้นจึงนำไปอบแห้งและคาร์โบไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 – 900 องศาเซลเซียส ล้าง $ZnCl_2$ ออกจากถ่านที่ได้ด้วยสารละลายกรดและน้ำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ขั้นตอนการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วย $ZnCl_2$

การผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุที่มาจากพืช (vegetable matter) ด้วยสารดูดน้ำ (dehydrating agent) เป็นผลมาจากความสามารถในการละลายลิกนินหรือเซลลูโลสของสารกระตุ้นที่ใช้ ดังนั้นวัสดุที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบจึงควรมีปริมาณลิกนินสูง โดยทั่วไปตัวแปรที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้คือปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่ใช้ , อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.4 ลักษณะและชนิดของถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ หมายถึง สารดูดซับชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นของแข็งและสีดำ อาจอยู่ในรูปผงหรือเม็ดก็ได้ ใช้ประโยชน์ในการกำจัดกลิ่น สี หรือแก๊ส โดยทั่วไปมีลักษณะดังต่อไปนี้

- มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก
- มีพื้นที่ผิวมาก
- มีความจุในการดูดซับสูง
- มีความว่องไวในการดูดซับ
- มีรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก (Microporous structure)

ชนิดของถ่านกัมมันต์ซึ่งสามารถแบ่งตามเกณฑ์ต่างๆ คือ

2.2.4.1 แบ่งตามชนิดตัวกระตุ้น

- เคมี (chemical activated carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาเคมีกับผิวคาร์บอน มักเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดใหญ่
- ฟิสิกส์ (physical activated carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการออกซิไดซ์ มักเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีรูพรุนขนาดเล็ก

2.2.4.2 แบ่งตามชนิดของรูพรุนบนผิว

- ขนาดเล็ก (micropores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนไม่เกิน 1.5 นาโนเมตร มักใช้ในการดูดซับแก๊สหรือไอระเหย
- ขนาดกลาง (transitional or mesopores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนประมาณ 1.5 ถึง 100 นาโนเมตร มักใช้ในปฏิกิริยาที่ใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (catalytic reaction)
- ขนาดใหญ่ (macropores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนใหญ่กว่า 100 นาโนเมตร มักใช้ในการฟอกสีและการผลิตยา

2.2.4.3 แบ่งตามความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์

- ความหนาแน่นต่ำ ถ่านกัมมันต์ประเภทนี้มักใช้เพื่อดูดซับในสารละลาย เช่น การฟอกสีของน้ำตาลดิบให้เป็นสีขาวบริสุทธิ์ หรือการทำน้ำให้บริสุทธิ์ ฯลฯ
- ความหนาแน่นสูง ถ่านกัมมันต์ประเภทนี้มักใช้ดูดแก๊สพิษหรือไอระเหย

2.2.4.4 แบ่งตามชนิดของสารที่ถูกดูดซับ

- แก๊ส (gas adsorbents) คือ ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการดูดซับแก๊สพิษและไอสารอินทรีย์ มักใช้ถ่านจากการคาร์บอไนซ์และมีความแข็ง (hard artificial char) เป็นวัตถุดิบในการผลิต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- สี (colour adsorbents) คือ ถ่านกัมมันต์ที่ใช้ในการฟอกสี มักใช้ถ่านจากการคาร์บอไนซ์และไม่แข็ง (soft artificial char) เป็นวัตถุดิบในการผลิต

2.2.5 โครงสร้างทางเคมีของถ่านกัมมันต์

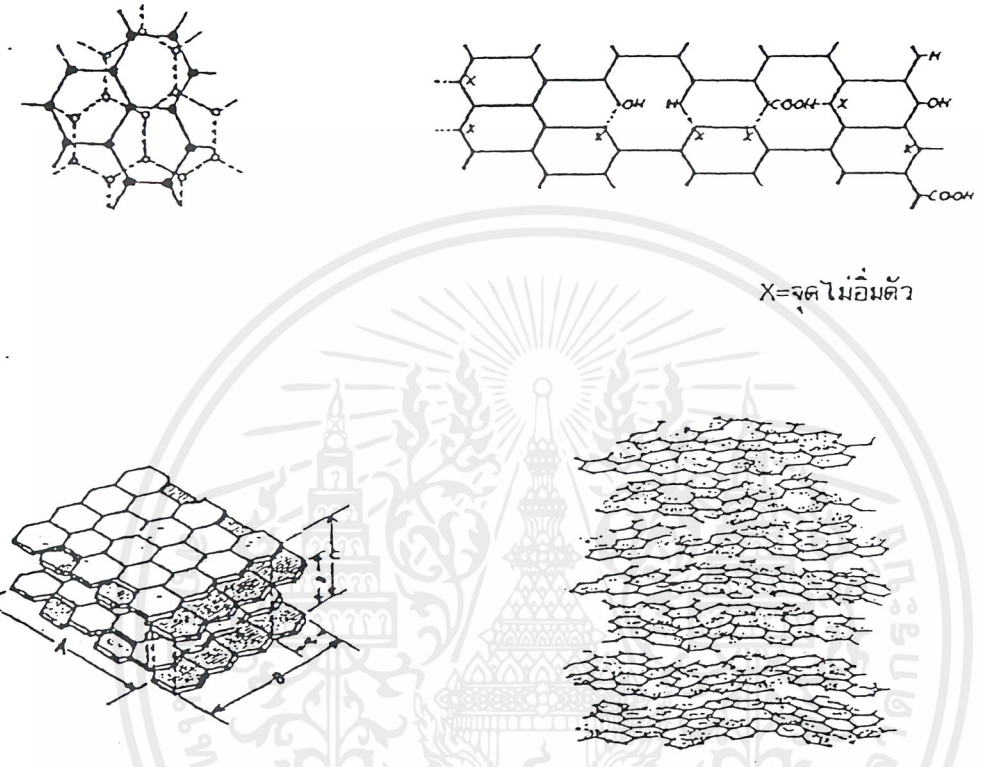
ถ่านกัมมันต์มักเตรียมจากถ่านที่ได้จากการเผาสลายสารอินทรีย์ด้วยความร้อน (Pyrolysis) ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 1000 องศาเซลเซียส ซึ่งเรียกกระบวนการนี้ว่า การคาร์โบไนเซชัน ในระหว่างการเผาสลาย อะตอมต่างๆที่ไม่ใช่คาร์บอน เช่น ออกซิเจน , ไนโตรเจน และไฮโดรเจน จะถูกกำจัดออกไปในรูปแก๊ส อะตอมของคาร์บอนที่เหลือจะจัดเรียงเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นประกอบด้วยวงหกเหลี่ยม (aromatic ring) เชื่อมโยงกันอย่างไม่เป็นระเบียบและเกิดช่องว่างหรือโพรงซึ่งจะเป็นที่อยู่ของพวกทาร์และสารอื่นที่ได้จากการเผาสลาย ช่องว่างเหล่านี้จะกลายเป็นรูพรุนที่มีความสามารถในการดูดซับด้วยกระบวนการที่เรียกว่า การกระตุ้น โดยการล้างพวกทาร์และสารต่างๆที่ได้จากการเผาสลายออกจากช่องว่างหรือโพรง และสร้างหมู่ฟังก์ชันนัลขึ้นมาแทน ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ จึงเป็นผลสืบเนื่องจากโครงสร้างทางเคมีด้วย

ถ่านกัมมันต์มีโครงสร้างคล้ายผลึกกราไฟต์ กล่าวคือ อะตอมคาร์บอนจะวางตัวเป็นชั้นๆ (รูปที่ 2.5) แต่ละชั้นห่างกันประมาณ 0.335 นาโนเมตร แรงยึดเหนี่ยวระหว่างชั้นคือแรงวานเดอวาล ซึ่งเป็นแรงที่ไม่แข็งแรงนัก แต่ละชั้นจะประกอบไปด้วยกลุ่มอะตอมคาร์บอนที่มีโครงสร้างคล้ายรูปหกเหลี่ยม อะตอมคาร์บอนแต่ละตัวจะใช้ซิกมาอิเล็กตรอนสร้างพันธะเดี่ยวกับอะตอมข้างเคียง 3 อะตอม ความยาวระหว่างอะตอมภายในชั้นประมาณ 0.144 นาโนเมตร อิเล็กตรอนที่เหลืออีกหนึ่งตัวเป็นไพอิเล็กตรอนที่ใช้ในการสร้างพันธะที่ไม่อิ่มตัว คือ พันธะคู่ (double bond) แต่โดยทั่วไปถ่านหรือถ่านกัมมันต์จะมีอิเล็กตรอนไม่ครบคู่ อะตอมคาร์บอนบางตัวจึงต้องรับอิเล็กตรอนดังกล่าวไว้ ทำให้มีความหนาแน่นประจุสูง อะตอมดังกล่าวจะปล่อยให้อิเล็กตรอนเคลื่อนที่ไปยังอะตอมข้างเคียงได้ (resonance) เพื่อลดความหนาแน่นของประจุ เพื่อทำให้โครงสร้างเสถียรยิ่งขึ้น

ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์เกิดจากอิเล็กตรอนอิสระในวงโคจรนอกสุดมีไม่ครบ 2 หรือ 8 ตัว (unsaturated valencies) ตามกฎออกเตต (Octate law) จึงพยายามที่จะเกาะกับอะตอมหรือโมเลกุลอื่น เช่น ออกซิเจนในอากาศ หรืออะตอมต่างๆที่อยู่ในสารตั้งต้น กระบวนการกระตุ้นจะช่วยให้การเกาะกันของอะตอมคาร์บอนกับอะตอมอื่นกลายเป็นพันธะทางเคมีที่แข็งแรง มักเกิดกับอะตอมที่อยู่ตามของวงหกเหลี่ยม ถ่านกัมมันต์สามารถดูดซับแบบเคมี (Chemisorb) กับออกซิเจนที่อุณหภูมิ 400 ถึง 500 องศาเซลเซียส และกลายสภาพเป็นออกไซด์เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถสร้างพันธะที่แข็งแรงกับอะตอมไฮโดรเจนซึ่งจะไม่หลุดออกแม้จะใช้อุณหภูมิสูงถึง 1000 องศาเซลเซียส รวมทั้งสามารถดึงอะตอมไนโตรเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ออกจากโมเลกุลแอมโมเนีย ดึงอะตอมซัลเฟอร์ออกจากโมเลกุลไฮโดรเจนซัลไฟด์ และดึงอะตอมกลุ่มฮาโลเจน (halogen) ออกจากโมเลกุลฮาโลเจนทั้งที่อยู่ในสภาพแก๊สหรือของเหลวก็ได้ เกิดเป็นหมู่ฟังก์ชันนัลต่างๆบนผิวของถ่านกัมมันต์ ที่สำคัญ คือ ผิวที่เกิดจากอะตอมคาร์บอนและออกซิเจนหรือที่เรียกว่าผิวออกไซด์นั้น มี 2 ชนิดคือ ชนิดที่เป็นกรดและชนิดที่เป็นเบส



รูปที่ 2.5 โครงสร้างของถ่านกัมมันต์

2.3 โลหะหนัก [3]

โลหะหนัก หมายถึง โลหะที่มีความหนาแน่นมากกว่า 5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เช่น ตะกั่ว แคดเมียม ปรอท นิกเกิล โครเมียม เป็นต้น โดยทั่วไปโลหะหนักมีสถานะเป็นของแข็ง ยกเว้นปรอทที่มีสถานะเป็นของเหลวที่อุณหภูมิปกติ ซึ่งโลหะหนักส่วนใหญ่มีสมบัติทางกายภาพคล้ายคลึงกัน ได้แก่ การนำไฟฟ้าและความร้อนดี มีความมันวาว และสามารถนำมาตีเป็นแผ่นบางๆได้ ส่วนสมบัติทางเคมีที่สำคัญคือ สามารถที่จะรวมตัวกับสารอื่นเป็นสารประกอบเชิงซ้อนได้หลายรูปแบบที่เสถียรกว่าโลหะอิสระ

โลหะหนักสามารถจัดแบ่งโดยอาศัยแรงโน้มความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่มีแนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมสูงมาก ได้แก่ As,Au,Cd,Cu,Cr,Hg,Pb,Sb, Te และ Zn และกลุ่มที่แนวโน้มความเป็นพิษต่อสภาวะแวดล้อมสูงรองมา ได้แก่ Ba,Bi,Fe,Mo,Ti และ U

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

ความเป็นพิษของโลหะหนักกลุ่มเหล่านี้ เป็นผลมาจากการที่มนุษย์ได้รับสารเหล่านี้ในปริมาณที่ต่างกัน แล้วก่อให้เกิดอันตรายต่อร่างกายนั่นเอง แหล่งที่มาสำคัญของโลหะเหล่านี้ก็คือกระบวนการผลิตในโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งสามารถปนเปื้อนมากับน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จากนั้นจึงเกิดการปนเปื้อนเข้าสู่สิ่งแวดล้อมในดิน น้ำ อากาศ เละผลิตผลจากการเกษตร และเข้าสู่ร่างกายมนุษย์โดยมีผลต่อเมตาโบลิซึมของเซลล์สิ่งมีชีวิต

โครเมียม

โครเมียม (Cr) เป็นธาตุที่มีเลขอะตอมเท่ากับ 24 เกิดตามธรรมชาติในรูปของโครไมต์หรือสินแร่ Chrome iron ($FeOCr_2O_3$) ที่มีอยู่ประมาณ 0.037 % ของเปลือกโลก ทั่วทั้งโลกจะมีความเข้มข้นของโครเมียมในดินในช่วงตั้งแต่ปริมาณน้อยมากๆจนถึง 2.4 % ขณะที่ความเข้มข้นในบรรยากาศจะมีอยู่ในช่วง .001-.007 ไมโครกรัมต่อลูกบาศก์เมตร เลขออกซิเดชันของโครเมียมมีตั้งแต่ -2 ถึง +6 ในอุตสาหกรรมหลายประเภทได้มีการนำโครเมียมมาใช้อย่างกว้างขวาง เช่น ในอุตสาหกรรมผลิตเหล็ก รงควัตถุ สีทา สีย้อม สารยืดอายุไม้ สารป้องกันการกัดกร่อนของโลหะ การชุบโครเมียม และการฟอกหนัง เป็นต้น

ความเป็นพิษของโครเมียม

โครเมียมเมื่อดูดซึมเข้าสู่ร่างกายจะเกิดอาการเป็นพิษ ดังนี้

1. แผลจากโครเมียมจากการสะสมของฝุ่นละอองของโครเมียม ซึ่งโดยมากจะเริ่มเป็นรอยถลอกที่ผิวหนังและจะพบมากที่สุดที่โคนเล็บมือตามข้อที่นิ้วมือหรือหลังเท้า มีลักษณะเป็นแผลวงกลมขอบค่อนข้างเรียบ บุ๋มลึกลงไป ปกติมีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตรหรือเล็กกว่าซึ่งจะมองดูคล้ายถูกเจาะด้วยตะปู ถึงแม้ว่าแผลนี้จะไม่เจ็บปวดแต่จะคันมากเวลากลางคืน ต่อไปอาจเกิดการติดเชื้อขึ้นและอาจทำให้ลุกลามไปถึงข้อต่อใกล้เคียงซึ่งอาจทำให้ต้องตัดนิ้วทิ้ง ฝุ่นของเกลือโครเมียมหรือควันของกรดโครมิกอาจตกลงบนหลังตาหรือที่ปลายจมูกซึ่งอาจทำให้เกิดแผลขึ้นได้ใกล้เคียงกัน

2. ผิวหนังอักเสบ บริเวณที่อาจเกิดการอักเสบ ได้แก่ มือ แขน ขา ใบหน้า และหน้าอก อาจเกิดเมื่อสัมผัสโครเมียมมาแล้ว 6 เดือน ในรายที่รุนแรงใบหน้าจะมีสีแดงเข้มและบวม ส่วนที่อักเสบจะคันมากและอาจเจ็บแสบด้วย

3. ผนังกั้นในโพรงจมูกอาจถูกเจาะทะลุ คนที่ทำงานเกี่ยวข้องกับโครเมียมจะได้รับควันกรดโครมิกหรือฝุ่นละอองของโครเมียมเป็นประจำจะทำให้ผนังกั้นในรูจมูกถูกทำลายจนเป็นรูทะลุ ซึ่งการทะลุนี้จะไม่รู้สึกเจ็บปวดแต่อย่างใด จะรู้ตัวก็ต่อเมื่อมีเสียงอู้อี้หรือดั้งจมูกแบนลง

4. มะเร็งปอดอาจเกิดขึ้นกับผู้ที่สูดเอาโครเมียมเข้าสู่ร่างกายอยู่เป็นประจำและเป็นเวลานาน ซึ่งจะเป็นอันตรายอย่างมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
43900

2.4 วิธีการกำจัดโลหะหนักในน้ำเสีย [3]

กระบวนการบำบัดโลหะหนักในน้ำเสียมีหลายวิธี การพิจารณาเลือกใช้วิธีใดขึ้นอยู่กับความเหมาะสมในแง่ต่างๆ ได้แก่ คุณสมบัติน้ำเสียก่อนบำบัด คุณภาพน้ำที่ต้องการหลังจากการบำบัด ค่าใช่จ่ายในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งสามารถสรุปวิธีการบำบัดได้ ดังนี้

1. การตกตะกอนทางเคมี (Chemical Precipitation)

เป็นวิธีที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบันกระบวนการนี้จะทำหน้าที่เปลี่ยนสภาพของต่างๆที่ละลายอยู่ในรูปสารละลายให้เป็นสารที่อยู่ในรูปไม่ละลาย โดยวิธีการเติมสารเคมีผสมกับน้ำเสียให้ทั่วถึง ซึ่งการตกตะกอนด้วยสารเคมีมีหลายวิธีด้วยกัน แต่ที่นิยมใช้ในการตกตะกอนโลหะหนักมีอยู่ 2 วิธีด้วยกัน คือ การตกตะกอนไฮดรอกไซด์ และการตกตะกอนซัลไฟด์

2. การแลกเปลี่ยนไอออน (Ion exchange)

กระบวนการนี้อาศัยหลักการที่ไอออนแต่ละชนิดจะมีความชอบหรือถูกจับโดยเรซินไม่เท่ากันในการแยกโลหะหนักออกจากสารละลาย โดยสารที่ใช้แลกเปลี่ยนไอออนซึ่งมาจากทั้งธรรมชาติ และสังเคราะห์ขึ้น จะมีหมู่ฟังก์ชันของไอออนติดอยู่และถูกทำให้สมดุลด้วยไอออนที่มีประจุตรงข้าม เหมาะสำหรับกำจัดโลหะที่มีปริมาณน้อยและมีประสิทธิภาพสูง

3. การออสโมซิสย้อนกลับ (Reverse Osmosis)

เป็นการแยกโลหะหนักออกจากน้ำเสีย โดยใช้หลักการความแตกต่างของแรงดันระหว่างแผ่นเมมเบรนซึ่งจะให้เฉพาะตัวทำละลายผ่าน เพื่อแยกสารที่ต้องการออกและทำให้เข้มข้นขึ้น จะต้องใช้ความดันสูงโดยอาจสูงกว่า 100 บรรยากาศ

4. การระเหย (Evaporation)

เป็นวิธีการง่ายๆทำโดยระเหยน้ำออกทำให้มีความเข้มข้นสูงขึ้น มีทั้งการระเหยที่ความดันบรรยากาศและการระเหยภายใต้สุญญากาศ ให้ผลดีกับน้ำเสียที่มีปริมาณโลหะหนักสูงๆ เท่านั้น เป็นวิธีการที่ต้องใช้ต้นทุนในการดำเนินการสูง

5. อิเล็คโตรไดอะไลซิส (Electrodialysis)

วิธีการนี้จะเป็นการแยกไอออนออกจากสารละลายด้วยกระแสไฟฟ้าตรงร่วมกับการใช้เมมเบรนที่เลือกเฉพาะสำหรับไอออนแต่ละชนิด (Ion Selective Membrane) กลไกของวิธีนี้เป็นการแลกเปลี่ยนไอออนร่วมกับการสกัดด้วยตัวทำละลายและน้ำเสียจะต้องผ่านการกรองก่อนเพื่อป้องกันการอุดตันของแผ่นเมมเบรน วิธีนี้มีต้นทุนค่าก่อสร้างและการดำเนินงานสูง แต่มีข้อดีคือ สามารถกำหนดชนิดของไอออนที่ต้องการได้

6. การสกัดกลับคืนด้วยไฟฟ้า (Electrolytic Recovery)

วิธีการนี้เป็นกระบวนการทางเคมีไฟฟ้า ซึ่งจะลดปริมาณไอออนของโลหะที่อยู่ในสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ละลายให้อยู่ในรูปของธาตุที่ขั้วแคโทด และเกิดก๊าซออกซิเจนขึ้นที่ขั้วแอโนดตลอดเวลาวิธีนี้เหมาะสำหรับสารละลายที่มีความเข้มข้นโลหะสูง แต่ไม่นิยมเนื่องจากสิ้นเปลืองพลังงานไฟฟ้าสูงมาก

7. การดูดซับ (Adsorption)

วิธีการนี้เป็นกระบวนการในการกำจัดสารที่มีขนาดเล็กจนถึงระดับโมเลกุล โดยสารที่ใช้ในการดูดซับมักจะเป็นถ่านกัมมันต์ (Activated Carbon) ที่ใช้กันมี 2 ลักษณะคือแบคาร์บอนเป็นเม็ด (Granular Carbon) มีเส้นผ่านศูนย์กลางมากกว่า 0.1 มิลลิเมตร และแบบคาร์บอนเป็นผง (Powder Carbon) มีเส้นผ่านศูนย์กลางน้อยกว่า 200 เมช ถ่านกัมมันต์เป็นถ่านที่สังเคราะห์ขึ้นเป็นพิเศษเพื่อให้มีพื้นที่ผิวมากที่สุด ซึ่งทำได้โดยการทำให้มีรูพรุนหรือโพรงภายในเนื้อคาร์บอนมากเท่าที่จะทำได้ รูพรุนหรือโพรงมีขนาดตั้งแต่ 20 A^0 ถึง 20000 A^0 กระบวนการนี้สามารถนำมาใช้กำจัดโลหะหนักได้ จนเหลือถึงระดับที่ยอมให้มีได้

2.5 การดูดซับ (Adsorption)

การดูดซับจะมีความสามารถในการกำจัดสิ่งที่ปนเปื้อนในน้ำเสียทั้งที่เป็นสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ โดยอาศัยกลไกทางกายภาพเคมี สารที่สามารถใช้กระบวนการดูดซับในการกำจัดได้มีหลายชนิด เช่น สี กลิ่น บีโอดี ซีโอดี สารฆ่าแมลง เป็นต้น การดูดซับเป็นกระบวนการที่ง่ายต่อการควบคุม มีประสิทธิภาพที่ดีและระบบมีความทนต่อสารพิษ ซึ่งมีผลกระทบอย่างมากต่อระบบชีวภาพ นอกจากนี้ยังมีข้อดีเมื่อเปรียบเทียบกับระบบชีวภาพคือต้องการพื้นที่น้อยและไม่มีกลิ่นที่น่ารังเกียจ

2.5.1 หลักการดูดซับ (Concept of adsorption) [2]

การดูดซับเป็นปรากฏการณ์ที่สำคัญของกระบวนการทางกายภาพ ชีวภาพ และเคมี การดูดซับได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในการบำบัดน้ำเสีย การดูดซับเป็นความสามารถของสารในการดึงโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่อยู่ในของเหลวหรือก๊าซให้มาเกาะจับและติดบนผิวของมัน ซึ่งปรากฏการณ์เคลื่อนย้ายสารจากของเหลวหรือก๊าซมายังผิวของของแข็งเป็นส่วนที่สำคัญของกระบวนการนี้ โดยโมเลกุลหรือคอลลอยด์ที่เคลื่อนย้ายมาเรียกว่า " ตัวถูกดูดซับ " (adsorbate) ส่วนของแข็งที่มีผิวเป็นที่เกาะจับของตัวถูกดูดซับ เรียกว่า " ตัวดูดซับ " (adsorbent)

การดูดซับด้วยของแข็งอย่างเช่น คาร์บอน จะขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวสัมผัสของของแข็ง (surface area of solid) การดูดซับจะเกิดขึ้นทั้งทางกายภาพ (physisorption) และทางเคมี (chemisorption) การดูดซับทั้ง 2 แบบนี้เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลในวัฏภาคแก๊ส (gas phase) หรือวัฏภาคของเหลว (liquid phase) ยึดติดกับผิวของของแข็ง ซึ่งเป็นผลมาจากแรงดึงดูดที่พื้นผิวของของแข็งซึ่งเป็นสารดูดซับมีค่ามากกว่าค่าพลังงานจลน์ของโมเลกุลของของเหลวหรือก๊าซนั้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การดูดซับทางกายภาพ (physical adsorption = physisorption) ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของพลังงานหรือแรงดึงดูดทางไฟฟ้า (electrical attractive force) อย่างอ่อนๆ ซึ่งเรียกว่าแรง Van der Waals เกิดขึ้นเมื่อโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับถูกทำให้เกาะติดแน่นอยู่กับโมเลกุลของสารดูดซับ โดยวิธีทางกายภาพ ซึ่งจะทำให้เกิดเป็นหลายๆชั้น (multilayer) ซ้อนทับกันโดยแต่ละชั้นจะซ้อนทับอยู่เหนือชั้นที่เกิดขึ้นก่อน โดยจำนวนของชั้นเป็นสัดส่วนกับความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายซึ่งจำนวนชั้นของโมเลกุลจะมากขึ้นตามความเข้มข้นที่สูงขึ้นของตัวถูกละลายในสารละลาย การดูดซับแบบกายภาพทั่วไปจะเกิดที่อุณหภูมิต่ำซึ่งการดูดซับมีพลังงานต่ำ การดูดซับทางกายภาพนี้ทำให้เกิดส่วนที่หนา (thick) และผันกลับได้ (reversible) การผันกลับของการดูดซับทางกายภาพ ขึ้นอยู่กับความแข็งแรงของแรงดึงดูดระหว่างสารดูดซับกับสารที่ถูกดูดซับ ถ้าแรงดึงดูดนี้มีค่าน้อยการหลุดออกของสารดูดซับ (desorption) สามารถเกิดขึ้นได้

การดูดซับทางเคมี (chemical adsorption = chemisorption) จะเกิดปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับและสารดูดซับ เกิดเป็นสารประกอบเคมีชนิดใหม่ที่ผิวสัมผัสของสารดูดซับทำให้ค่าความร้อนของการดูดซับมีค่าสูงใกล้เคียงกับค่าของพลังงานพันธะเคมี จึงทำให้เกิดปฏิกิริยาที่อุณหภูมิสูง ซึ่งแตกต่างกับการดูดซับทางกายภาพ กระบวนการนี้จะมีความหนาของโมเลกุลเพียงชั้นเดียว (Monolayer) และไม่สามารถเกิดปฏิกิริยาผันกลับเองได้ (Irreversible) ส่วนการดูดซับทางกายภาพสามารถที่จะผันกลับได้ (Reversible)

ความแข็งแรงของแรงดึงดูดสามารถวัดได้จากผลต่างของความร้อนที่เกิดขึ้นจากการดูดซับ โดยการดูดซับทางกายภาพจะให้พลังงานต่ำโดยทั่วไปประมาณ 2-10 กิโลแคลอรีต่อโมล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะให้พลังงานสูงโดยจะให้พลังงานประมาณ 15-50 กิโลแคลอรีต่อโมล

2.5.2 ความแตกต่างของการดูดซับทางกายภาพกับการดูดซับทางเคมี

1. การดูดซับทางกายภาพไม่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนหรือใช้อิเล็กตรอนร่วมกัน
2. การดูดซับทางกายภาพไม่จำกัดเกี่ยวกับบริเวณที่เกิดปฏิกิริยา โมเลกุลที่ถูกดูดซับสามารถเข้าไปเกาะยังพื้นผิวส่วนใดก็ได้ แต่การดูดซับทางเคมีจะเลือกเฉพาะบริเวณที่สามารถเกิดพันธะเคมีได้เท่านั้น
3. ค่าความร้อนของการดูดซับทางกายภาพจะมีค่าต่ำ มีค่าเท่ากับความร้อนของการกลายเป็นของเหลว เมื่อเปรียบเทียบกับการดูดซับทางเคมี ซึ่งจะมีค่าเปลี่ยนแปลงตามปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้น แต่ค่าความร้อนของการดูดซับก็ไม่ใช่ค่าที่สำคัญในการพิจารณา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. การดูดซับทางกายภาพจะเกี่ยวข้องกับการเกิดของชั้นหลายโมเลกุล ส่วนการดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นสมบูรณ์เมื่อมีการเกิดชั้นที่1แล้ว ซึ่งบางครั้งการดูดซับทางกายภาพจะเกิดขึ้นที่พื้นผิวชั้นบนของการดูดซับทางเคมีก็ได้
5. การดูดซับทางกายภาพจะเกิดขึ้นอย่างทันที (เป็นการแพร่เข้าไปในรูพรุนของสารดูดซับ ซึ่งต้องใช้เวลาพอสมควร ส่วนการดูดซับทางเคมีจะเกิดขึ้นอย่างทันทีเช่นกัน แต่ต้องอาศัยพลังงานกระตุ้น (activation energy) ด้วย

เนื่องจากการดูดซับเป็นปฏิกิริยาแบบคายความร้อน (exothermic reaction) ความร้อนที่เกิดขึ้นจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับชนิดของการดูดซับ ถ้าเป็นการดูดซับทางกายภาพจะมีค่าใกล้เคียงกับความร้อนแฝงของการกลั่นตัวเป็นของเหลว และถ้าเป็นการดูดซับทางเคมี ความร้อนที่เกิดขึ้นจะมีค่าสูงมากเมื่อเทียบกับการดูดซับทางกายภาพ โดยจะมีค่าน้อยกว่าความร้อนที่ได้จากปฏิกิริยาเคมีไม่มากนัก พบว่าการดูดซับที่เกิดขึ้นและที่ใช้กันมากในอุตสาหกรรมนั้นเป็นการดูดซับทางกายภาพ

2.5.3 **กลไกการดูดซับ** (kinetic adsorption) [3]

กลไกการดูดซับแบ่งเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

1. การแพร่ภายนอก (External Diffusion) เป็นกลไกที่โมเลกุลของตัวถูกละลายเข้าถึงสารดูดซับ ซึ่งพื้นผิวของสารดูดซับมีของเหลวห่อหุ้ม โดยโมเลกุลแทรกตัวผ่านชั้นของของเหลวเข้าถึงผิวหน้าสารดูดซับ
2. การแพร่ภายใน (Internal Diffusion) เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายแทรกตัวเข้าถึงช่องว่างของสารดูดซับ เพื่อให้เกิดการดูดซับ
3. ปฏิกิริยาพื้นผิว (Surface Reaction) เป็นกลไกซึ่งโมเลกุลของตัวถูกละลายดูดที่ผิวของสารดูดซับ ซึ่งเป็นกระบวนการที่รวดเร็วมากเมื่อเปรียบเทียบกับกระบวนการแพร่ ดังนั้นความต้านทานจากกระบวนการนี้จึงละเลยได้

External Diffusion

ขั้นตอนนี้เป็นการส่งมวลสารของสารที่ถูกดูดซับจากสารละลายไปยังบริเวณพื้นผิวของสารดูดซับ หรือที่ทางเข้ารูพรุนของสารดูดซับ มวลสารที่ถ่ายโอนเป็นไปตามสมการนี้

$$\frac{dq}{dt} = k_f S(c-c^*) \qquad (2.1)$$

q = ปริมาณของสารดูดซับบนพื้นผิวของสารดูดซับต่อน้ำหนักของสารดูดซับ

t = ระยะเวลา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

k_f = mass transfer coefficient (external)

S = พื้นผิวของสารดูดซับ

c = ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับในสารละลาย

c* = ความเข้มข้นของสารที่ถูกดูดซับที่บริเวณพื้นผิวหน้าของของแข็ง

Internal Diffusion

คือ การถ่ายโอนมวลสารจากมวสารที่ถูกส่งถ่ายเข้ามาสู่บริเวณพื้นผิวรอบๆของสารดูดซับเข้าสู่ภายในรูพรุนซึ่งมีพื้นผิวเป็นจำนวนมากสำหรับการดูดซับ

$$\frac{dq}{dt} = K_D a_v (q^* - q) \qquad (2.2)$$

q* = ปริมาณของสารที่ถูกดูดซับที่สมดุลกับ c*

a_v = พื้นผิวของสารดูดซับที่เกิดการส่งถ่ายมวลสารของสารที่ถูกดูดซับ

K_D = mass transfer coefficient (internal)

2.5.4 **ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการดูดซับ** [3]

2.5.4.1 **ขนาดและพื้นที่ผิวของสารดูดซับ**

ความสามารถในการดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับพื้นที่ผิวจำเพาะ และอัตราการดูดซับเป็นสัดส่วนผกผันกับขนาดของตัวดูดซับและพื้นที่ผิวของสารดูดซับมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความสามารถในการดูดซับ (Adsorption Capacity) อัตราการดูดซับเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ เมื่อสารดูดซับนั้นไม่มีรูพรุน สำหรับสารดูดซับที่มีรูพรุนอัตราการเคลื่อนเข้าสู่ผิวภายในรูพรุนถูกควบคุมโดยความต้านทานภายนอกที่เรียกว่า การขนส่งชั้นฟิล์ม (Film Transpot) ดังนั้นอัตราการดูดซับจะเป็นอัตราส่วนกับเส้นผ่านศูนย์กลางของสารดูดซับ ในทางกลับกันถ้าการเคลื่อนที่ภายในอนุภาคเป็นตัวควบคุมการดูดซับ การดูดซับจะเป็นอัตราส่วนผกผันกับเส้นผ่านศูนย์กลางของตัวดูดซับ

2.5.4.2 **ลักษณะของสารดูดซับ**

สิ่งสำคัญในการดูดซับตัวถูกละลายอย่างหนึ่งก็คือ ความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลาย การดูดซับจะเพิ่มขึ้นเมื่อความสามารถในการละลายน้ำของตัวถูกละลายมีค่าลดลง เนื่องจากในการดูดซับตัวถูกละลายจะต้องถูกแยกออกจากตัวทำละลาย นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายยังมีผลต่ออัตราการดูดซับอีกด้วย เนื่องจากอัตราการเคลื่อนที่ภายในโพรงเป็นอัตราที่ควบคุมกลไกการดูดซับขนาดของโมเลกุลของตัวถูกละลายจะแปรผกผันกับอัตราการดูดซับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.5.4.3 **ความปั่นป่วน** (Mixing Speed)

อัตราเร็วในการดูดซับขึ้นอยู่กับการขนส่งโมเลกุลของระบบซึ่งจัดว่าเป็นขั้นตอนที่จำกัดอัตราเร็วของการดูดซับ ขั้นตอนนี้ประกอบด้วย การแพร่ผ่านฟิล์ม (Film Diffusion) และการแพร่เข้าสู่โพรง (Pore Diffusion) ซึ่งแล้วแต่ความปั่นป่วนของของระบบถ้าน้ำมีความปั่นป่วนต่ำฟิล์มน้ำซึ่งล้อมรอบสารดูดซับจะมีความหนามากและเป็นอุปสรรคต่อการเคลื่อนที่ของโมเลกุลเข้าไปหาสารดูดซับทำให้การแพร่ผ่านฟิล์มเป็นตัวกำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ ในทางตรงกันข้ามถ้าน้ำมีความปั่นป่วนสูงทำให้ความหนาของชั้นฟิล์มลดลงทำให้โมเลกุลเคลื่อนที่เข้าหาตัวดูดซับได้เร็วดังนั้น การแพร่เข้าสู่โพรงจะเป็นปัจจัยที่กำหนดอัตราเร็วของการดูดซับ

2.5.4.4 **เวลาสัมผัส** (Contact Time)

เวลาสัมผัสเป็นพารามิเตอร์ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับในการบำบัดน้ำเสีย ระยะเวลาสัมผัสที่ใช้จะต้องเหมาะสมที่จะทำให้ประสิทธิภาพในการกำจัดดีที่สุด ทั้งนี้ก็ขึ้นกับชนิดของสารดูดซับ ซึ่งระยะเวลาที่เหมาะสมต้องทำการศึกษาในระดับปฏิบัติการก่อนนำไปใช้งานจริง

2.5.4.5 **ค่าพีเอช** (pH)

ค่าพีเอชของสารละลายเป็นปัจจัยสำคัญของการดูดซับ เนื่องจากไฮโดรเจนไอออนและไฮดรอกซิลไอออนสามารถดูดติดผิวได้อย่างแข็งแรง ค่าพีเอชมีอิทธิพลต่อการแตกตัวของไอออนและการละลายของสารต่างๆ ดังนั้นจึงมีผลกระทบต่อการดูดซับ

2.6 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Hsisheng Teng และ Tien-Sheng Yeh [10]

ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากถ่านบิทูมินัสที่กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ โดยกระบวนการเตรียมประกอบด้วยการแช่ในสารละลายซิงค์คลอไรด์ ตามด้วยการคาร์บอไนซ์ในบรรยากาศของก๊าซไนโตรเจน อุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์จะอยู่ในช่วง 400-700 °C ผลที่ได้จากการทดลองแสดงให้เห็นว่า การล้างด้วยกรดหลังจากทำการคาร์บอไนซ์ด้วยซิงค์คลอไรด์แล้ว มีความจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์ให้มีความเป็นรูพรุนสูง ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะ ความหนาแน่นเชิงปริมาตร และเส้นผ่านศูนย์กลางรูพรุนเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์ จะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์สูงขึ้น และจะมีค่ามากที่สุดที่อุณหภูมิ 500 °C และจากนั้นจะมีค่าลดลง ค่าสูงสุดของพื้นที่ผิวจำเพาะและความหนาแน่นเชิงปริมาตรของถ่านกัมมันต์ จะเตรียมได้จากถ่านที่มีอัตราส่วนของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

O/C อะตอมต่ำๆ ในขณะที่วิธีการกระตุ้นทางฟิสิกส์ด้วยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์จะมีแนวโน้มในทางตรงข้ามกัน การเพิ่มขนาดอนุภาคของถ่านจะทำให้เกิดการลดลงของขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ช่วงเวลาของการคาร์บอไนซ์จะมีผลต่อขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์ รวมไปถึงการเปลี่ยนแปลงจากอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นด้วย

ปิยะพร บารมี [2]

ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากยางเหลือทิ้งโดยกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ โดยทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์ คือ อุณหภูมิและเวลาในการทำคาร์บอไนซ์ คือ ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที และภาวะต่างๆที่เหมาะสมในการกระตุ้น คือ ขนาดของอนุภาค 2.00-2.38 มม. ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพดี และพบว่าถ่านขนาดที่เล็กกว่า คือ ขนาดที่อยู่ในช่วง 1.00-2.00 มม. จะให้สมบัติที่ดีกว่าเล็กน้อย แต่ในทางปฏิบัติเมื่อนำถ่านชาร์มาบดจะได้ถ่านที่มีขนาดที่อยู่ในช่วงดังกล่าวมีปริมาณน้อย

ภาสกร สว่างวุฒิธรรม และคณะ [3]

ได้ศึกษาถึงการดูดซับตะกั่วและโครเมียมโดยใช้ตัวดูดซับ คือถ่านกัมมันต์และขี้เถ้าลอย ในการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม โดยทำการศึกษาถึงผลของพีเอช ความเข้มข้นเริ่มต้น อุณหภูมิและไอโซเทอมของการดูดซับ พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับตะกั่วและโครเมียมด้วยถ่านกัมมันต์คือ พีเอช 3 สำหรับขี้เถ้าลอย พีเอชที่เหมาะสมสำหรับการดูดซับตะกั่วและโครเมียมคือ พีเอช 4 และ พีเอช 5 ตามลำดับ ส่วนอุณหภูมิที่เหมาะสมคือ 30 องศาเซลเซียสในทุกๆการทดลอง โดยสภาวะที่เหมาะสมจะถูกนำไปใช้ในการบำบัดน้ำเสียจริง โดยพบว่าถ่านกัมมันต์สามารถกำจัดโครเมียมได้ 98.41 % และกำจัดตะกั่วได้ 83.93 % ในขณะที่ขี้เถ้าลอยสามารถกำจัดโครเมียมได้ 1.51 % และกำจัดตะกั่วได้ 25.93 % ดังนั้นถ่านกัมมันต์จึงเป็นตัวดูดซับที่เหมาะสมกว่าขี้เถ้าลอยในการกำจัดโลหะหนัก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การดำเนินการวิจัย

3.1 สารเคมีและอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 สารเคมี

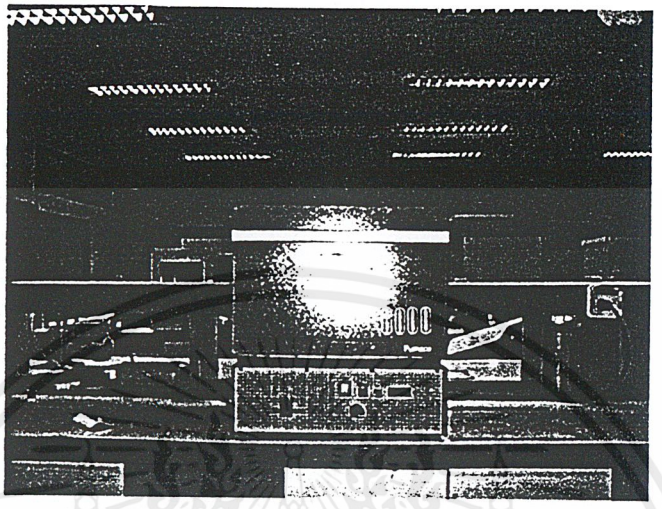
1. โพแทสเซียมไดโครเมต (Potassium dichromate , $K_2Cr_2O_7$) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Carlo Erba
2. ซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride , $ZnCl_2$) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Carlo Erba
3. ไอโอดีน (Iodine , I_2) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท AJAX
4. โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulfate , $Na_2S_2O_3.5H_2O$) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Carlo Erba
5. โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium Iodide , KI) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท BDH
6. โพแทสเซียมไอโอเดต (Potassium Iodate , KIO_3) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Carlo Erba
7. แป้งมัน
8. กรดไนตริก (Nitric , HNO_3) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Carlo Erba
9. กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric , HCl) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Lab-Scan
10. แอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ (Ammonium hydroxide , NH_4OH) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท Carlo Erba
11. โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate , Na_2CO_3) เกรดวิเคราะห์จากบริษัท AJAX

3.1.2 อุปกรณ์

1. เครื่องอะตอมมิคแอบซอร์บชัน สเปคโตรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer) รุ่น AA-680
2. เครื่องวัดพื้นที่ผิวจำเพาะของอนุภาค รุ่น Autosorb-1
3. เครื่องเขย่า (Shaking Machine) รุ่น Hetofrig CB60 VS
4. เครื่องชั่งแบบดิจิตอลความละเอียด 4 ตำแหน่ง รุ่น TC-254
5. เครื่องวัดพีเอช รุ่น 713 pH meter
6. เตาเผาอุณหภูมิสูง รุ่น Furnace 6000
7. ครูซิเบิล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. ไมโครปิเปต
9. ชุดกรองแบบลดความดัน



รูปที่ 3.1 เตาเผาอุณหภูมิสูง (muffle furnace) สำหรับคาร์บอไนซ์ยาง

3.2 ขั้นตอนการทำวิจัย

1. ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาชานอ้อย โดยนำชานอ้อยมาทำการเผาที่อุณหภูมิต่ำ (Carbonization) ที่อุณหภูมิ 300 , 350 , 400 และ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที
2. ทำการศึกษาผลของเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการเผาชานอ้อย โดยนำชานอ้อยมาทำการเผาด้วยอุณหภูมิที่เหมาะสมในข้อ 1 เป็นเวลา 30,45,60, และ 90 นาที
3. ทำการศึกษาผลของปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่ใช้ในการกระตุ้น โดยนำชานอ้อยที่ผ่านการเผาแล้วมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในปริมาณที่ต่างๆกัน คือ 10,20,30,40 และ 50 กรัม
4. ทำการศึกษาผลของอุณหภูมิที่เหมาะสมที่ใช้ในการกระตุ้น โดยนำชานอ้อยที่ผ่านการเผาแล้วมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3 แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 500 , 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง
5. ทำการศึกษาผลของเวลาที่เหมาะสมที่ใช้ในการกระตุ้น โดยนำชานอ้อยที่ผ่านการเผาแล้วมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ในปริมาณที่เหมาะสมจากข้อ 3 และใช้อุณหภูมิกระตุ้นที่เหมาะสมในข้อ 4 เป็นเวลา 1,1.5 และ 3 ชั่วโมง
6. น้ำเสียสังเคราะห์เตรียมจากสารละลายโพแทสเซียมไดโครเมต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. นำน้ำเสียจากข้อที่ 6 มาทำการศึกษาผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับ และทำการหาพีเอชที่เหมาะสม โดยเปลี่ยนแปลงพีเอชเป็น 2,3,5,7,9 และ 11 โดยใช้ตัวดูดซับ คือ ชานอ้อยที่ถูกกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร
8. ทำการศึกษาผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนักที่มีต่อการดูดซับ โดยใช้ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียมเป็น 25 , 40 , 60 และ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้พีเอชที่เหมาะสมในข้อ 5 และปริมาณตัวดูดซับร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร

3.3 วิธีการทดลอง

3.3.1 ศึกษาผลของอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการเผาชานอ้อย และหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นตัวดูดซับโครเมียมในน้ำเสีย

3.3.1.1 ผลของอุณหภูมิ

1. นำชานอ้อยที่ใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ มาทำการตัดและบรรจุในครูซิเบิลที่มีฝาปิด
2. เผาที่อุณหภูมิต่ำโดยไม่ใช้ออกซิเจน ที่อุณหภูมิ 300 , 350 , 400 และ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที
3. วิเคราะห์หาร้อยละของคาร์บอนคงตัว

3.3.1.2 ผลของเวลา

1. ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.1.1 โดยใช้อุณหภูมิที่เหมาะสมจาก 3.3.1.1 แต่เปลี่ยนเวลาจาก 45 นาที เป็น 30,60 และ 90 นาที

3.3.2 ศึกษาผลของอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นชานอ้อยด้วยซิงค์คลอไรด์ และหาสภาวะที่เหมาะสมในการนำไปใช้เป็นตัวดูดซับโครเมียมในน้ำเสีย

3.3.2.1 ผลของปริมาณซิงค์คลอไรด์

1. ชั่งชานอ้อยที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิต่ำ ประมาณ 2 กรัมใส่ในขวดรูปชมพู่
2. เติมสารละลายซิงค์คลอไรด์ในปริมาณต่างๆกัน คือ 10,20,30,40 และ 50 กรัม กวนด้วยแท่งแก้ว
3. ปิดฝาแล้วแช่ที่อุณหภูมิ 85 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง
4. นำไปอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
5. นำสารไปกระตุ้นโดยการเผาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง
6. นำสารที่ได้มาทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

7. ล้างสารที่ได้บนเครื่องกรองสูญญากาศ ใช้กระดาษกรอง เบอร์ 42 ล้างด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 10 ที่ร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 100 มิลลิลิตร แล้วล้างด้วยน้ำร้อน 3 ครั้ง ครั้งละ 200 มิลลิลิตร จากนั้นล้างด้วยสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตเข้มข้นร้อยละ 5 ประมาณ 10 มิลลิลิตร
8. นำไปอบแห้งที่ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
9. บดให้ละเอียด
10. นำไปวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน

3.3.2.2 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.2.1 โดยใช้ปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่เหมาะสมจาก 3.3.2.1 นำไปกระตุ้นที่อุณหภูมิต่างๆกัน คือ 500,600 และ 700 องศาเซลเซียส

3.3.2.3 ผลของเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น

ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.2.1 โดยใช้ปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่เหมาะสมจาก 3.3.2.1 และใช้อุณหภูมิที่เหมาะสม จาก 3.3.2.2 นำไปกระตุ้นที่เวลาต่างๆกัน คือ 1,1.5 และ 3 ชั่วโมง

3.3.3 ศึกษาผลของตัวแปรสภาวะและหาสภาวะที่เหมาสมในการดูดซับโครเมียมจากน้ำเสียสังเคราะห์

3.3.3.1 ผลของพีเอชที่มีต่อการดูดซับโครเมียม

1. เตรียมสารละลายโครเมียมเข้มข้น 40 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 100 มิลลิลิตร จากสารละลายสต๊อกโครเมียมเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
2. นำสารละลายที่เตรียมได้จากข้อ 1 เทใส่ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร จากนั้นปรับพีเอชของสารละลายให้เป็น 2 ,3,5,7,9 และ 11
3. นำสารละลายที่ได้จากข้อ 2 ไปตั้งในเครื่องเขย่าและควบคุมอุณหภูมิที่ 30 องศาเซลเซียส เติมถ่านกัมมันต์โดยใช้ร้อยละ 1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เขย่าเป็นเวลา 120 นาที
4. ปิเปตตัวอย่างที่ได้มา 10 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นเป็น 100 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำไปวิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่เหลือด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์บชันสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

3.3.3.2 **ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียมที่มีต่อการดูดซับโครเมียม** ทำการทดลองเช่นเดียวกับ 3.3.3.1 โดยใช้สภาวะพีเอชที่เหมาะสมจาก 3.3.3.1 โดยเปลี่ยนความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียมจาก 40 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็น 25,60 และ 75 มิลลิกรัมต่อลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและวิจารณ์

4.1 การเตรียมถ่านจากชานอ้อย

โดยทำการเผาชานอ้อยที่อุณหภูมิต่ำ หรือการคาร์บอไนซ์ (carbonization) ซึ่งเป็นกระบวนการไพโรไลซีส (pyrolysis) โดยใช้ความร้อนไล่ความชื้น และสารต่างๆออกจากวัตถุดิบ กระบวนการนี้เป็นการเพิ่มร้อยละของคาร์บอนให้สูงขึ้น ซึ่งตัวแปรที่ใช้ในการทดลอง คือ อุณหภูมิกับเวลา

4.1.1 ผลของอุณหภูมิ

ทำการเผาชานอ้อยที่อุณหภูมิต่างๆกัน คือ 300, 350, 400 และ 450 องศาเซลเซียส โดยใช้ระยะเวลาในการเผาเท่ากับ 45 นาที วิเคราะห์หาค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัวในชานอ้อยตัวอย่าง ผลของอุณหภูมิแสดงดังตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ต่อค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัว

อุณหภูมิ (°C)	ร้อยละของคาร์บอนคงตัว
300	9.81
350	11.48
400	17.95
450	6.28

จากตารางที่ 4.1 ถ้าใช้อุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์ต่ำ ถ่านที่ได้จะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวต่ำ แต่เมื่อใช้อุณหภูมิในการคาร์บอไนซ์สูงขึ้น จะได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มมากขึ้น

โดยที่อุณหภูมิ 450 องศาเซลเซียส พบว่าจะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวลดลง เนื่องจากถ่านที่ได้จะมีปริมาณขี้เถ้าอยู่มาก ทำให้ค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัวลดลง และที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลซียส จะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 ผลของเวลา

ทำการเผาชานอ้อยที่เวลาต่างๆกัน คือ 30,45,60 และ 90 นาที โดยเลือกใช้อุณหภูมิที่ให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวมากที่สุด คือ 400 องศาเซลเซียส วิเคราะห์หาค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัวในชานอ้อยตัวอย่าง ผลของเวลาแสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ผลของเวลาที่ใช้ในการคาร์บอไนซ์ ต่อค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัว

เวลา (นาที)	ร้อยละของคาร์บอนคงตัว
30	36.77
45	36.83
60	33.95
90	30.66

จากตารางที่ 4.2 พบว่าที่เวลา 30 และ 45 นาที จะให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่าที่เวลา 60 และ 90 นาที โดยที่เวลา 45 นาที จะมีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงกว่าที่เวลา 30 นาทีเล็กน้อย ดังนั้น จึงเลือกใช้ระยะเวลาในการคาร์บอไนซ์ ที่ 45 นาที

4.2 การนำถ่านที่ได้จากชานอ้อยมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

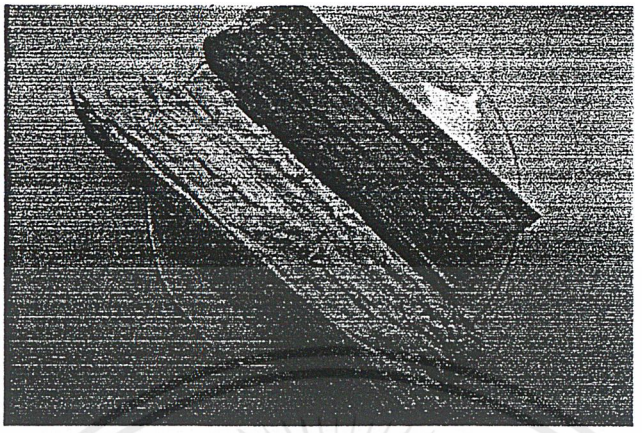
เป็นการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้สารกระตุ้นทำปฏิกิริยาเคมีกับผิวคาร์บอน มีความร้อนเป็นตัวเร่งปฏิกิริยา ในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยซิงค์คลอไรด์ จะป้องกันไม่ให้ถ่านที่เพิ่งเตรียมได้เกิดปฏิกิริยากับออกซิเจน โดยการห่อหุ้มโครงสร้างของวัตถุดิบด้วยซิงค์คลอไรด์ เกิดหมู่ฟังก์ชันนัลที่เป็นกรดและมีความสามารถในการดูดซับสูง เช่น หมู่คลอไรด์,หมู่คาร์บอกซิลิก ฯลฯ [8] ทำให้ถ่านมีความไวในการดูดซับสูงขึ้น เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

โดยตัวแปรที่มีผลต่อความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้ คือ ปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่ใช้, อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น

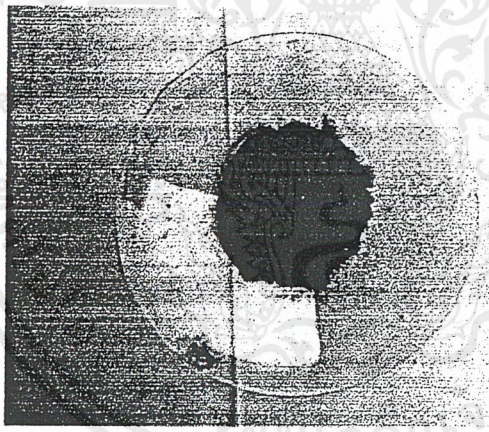
4.2.1 ลักษณะทางกายภาพของตัวดูดซับ

ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากชานอ้อยในงานวิจัยนี้ มีลักษณะเป็นผงสีดำ มีพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ย ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี BET เท่ากับ 884.91 ตารางเมตรต่อกรัม รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของชานอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ และรูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากชานอ้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 แสดงลักษณะของชานอ้อยที่นำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์



รูปที่ 4.2 แสดงลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากชานอ้อย

4.2.2 ผลของปริมาณซิงค์คลอไรด์

ทำการกระตุ้นชานอ้อยตัวอย่างที่ผ่านการเผาแล้วที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ด้วยซิงค์คลอไรด์ในปริมาณที่ต่างๆกัน คือ 10,20,30,40 และ 50 กรัม แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1.5 ชั่วโมง วัดค่าการดูดซับไอโอดีน ได้ผลดังตารางที่ 4.3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 ผลของปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่ใช้ในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน

ปริมาณซิงค์คลอไรด์ (กรัม)	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัม)
10	885.34
20	895.17
30	897.14
40	ไม่ได้ผล*
50	ไม่ได้ผล*

* ไม่สามารถทำการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างชานอ้อยได้ ในขณะนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

จากตารางที่ 4.3 การหาความสามารถในการดูดซับไอโอดีน เป็นการทดสอบสมบัติการดูดซับสารพิษออกจากน้ำของถ่านกัมมันต์ โดยใช้ไอโอดีนเป็นสารถูกดูดซับ เนื่องจากเป็นสารพิษที่มีความสามารถในการกัดกร่อนสูงโดยเฉพาะเมื่ออยู่ในสภาพที่เป็นแก๊ส

โดยค่าการดูดซับไอโอดีน เป็นปริมาณไอโอดีนที่ดูดซับได้ (ในหน่วยมิลลิกรัม) ต่อน้ำหนักของตัวดูดซับ 1 กรัม จากการทดลองพบว่า ที่ปริมาณซิงค์คลอไรด์ 10,20 และ 30 กรัม จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนที่แตกต่างกันไม่มากนัก โดยเมื่อใช้ปริมาณซิงค์คลอไรด์ 30 กรัม จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าค่าอื่นๆ จึงเลือกใช้ปริมาณซิงค์คลอไรด์ 30 กรัม ในการผสมกับชานอ้อยที่ผ่านการคาร์บอไนซ์แล้ว

4.2.3 **ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น**

ทำการกระตุ้นชานอ้อยตัวอย่างที่ผ่านการเผาแล้วที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ด้วยซิงค์คลอไรด์ในปริมาณ 30 กรัม โดยใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นที่ต่างๆกัน คือ 500,600 และ 700 องศาเซลเซียส วัดค่าการดูดซับไอโอดีน ได้ผลดังตารางที่ 4.4

ตารางที่ 4.4 ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน

อุณหภูมิ (° C)	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัม)
500	903.04
600	917.80
700	906.98

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางที่ 4.4 พบว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น 500,600 และ 700 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนที่แตกต่างกันไม่มากนัก โดยเมื่อใช้อุณหภูมิในการกระตุ้นที่ 500 องศาเซลเซียส จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าค่าอื่นๆ จึงเลือกใช้อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส ในการกระตุ้นซานอ้อยที่ผ่านการคาร์บอไนซ์แล้ว

4.2.4 ผลของเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น

ทำการกระตุ้นซานอ้อยตัวอย่างที่ผ่านการเผาแล้วที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ด้วยซิงค์คลอไรด์ในปริมาณ 30 กรัม โดยใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น 600 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่างๆกัน คือ 1,1.5 และ 3 ชั่วโมง วัดค่าการดูดซับไอโอดีน ได้ผลดังตารางที่ 4.5

ตารางที่ 4.5 ผลของเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น ต่อค่าการดูดซับไอโอดีน

เวลา (ชั่วโมง)	ค่าการดูดซับไอโอดีน (มิลลิกรัม/กรัม)
1	918.78
1.5	933.54
3	924.69

จากตารางที่ 4.5 พบว่า เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 1,1.5 และ 3 ชั่วโมง จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนที่แตกต่างกันไม่มากนัก โดยเมื่อใช้เวลาในการกระตุ้นที่ 1.5 ชั่วโมง จะให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าค่าอื่นๆ จึงเลือกใช้เวลา 1.5 ชั่วโมง ในการกระตุ้นซานอ้อยที่ผ่านการคาร์บอไนซ์แล้ว

4.3 การดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์

จากการทดลองการดูดซับโครเมียมด้วยถ่านกัมมันต์ มีหลายปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ซึ่งได้ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ คือ ค่าพีเอช และ ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม โดยโครเมียมที่ใช้ในการทดสอบอยู่ในรูปของ โครเมียมประจุ+6 (Cr^{+6})

4.3.1 ผลของพีเอช

เนื่องจากค่าพีเอชเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากซานอ้อย ดังนั้น ในการทดลองจึงเตรียมสารละลายโครเมียมให้มีความเข้มข้นเริ่มต้น 40 มก./ล. และปรับพีเอชของสารละลายที่สภาวะต่างๆ ดังนี้ คือ 2,3,5,7,9 และ 11 นำไปเขย่าที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที จากนั้นนำมากรอง แล้วนำสารละลายที่กรองได้ไปวิเคราะห์หา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (C_f) และ เปอร์เซนต์การกำจัด แสดงผลดังตารางที่ 4.6

ตารางที่ 4.6 ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (C_f) และเปอร์เซนต์การกำจัดที่พีเอชต่างๆ

พีเอช	C_f (มก./ล.)	% การกำจัด*
2	11.49	71.28
3	28.64	28.40
5	22.47	43.82
7	16.77	58.08
9	34.23	14.42
11	19.30	51.75

* % การกำจัด = $\frac{[C_f \text{ ที่เวลาเริ่มต้น} - C_f \text{ ที่เวลาสุดท้าย}]}{C_f \text{ ที่เวลาเริ่มต้น}} \times 100$

กำหนดให้ C_f = ความเข้มข้นของโลหะที่เหลืออยู่ (มก./ล.)

จากตารางที่ 4.6 จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยจะดูดซับโครเมียมได้มากที่สุดที่พีเอช 2 โดยมีเปอร์เซนต์การกำจัดเท่ากับ 71.28 % ขณะที่สภาวะพีเอชอื่นๆ จะมีค่าเปอร์เซนต์การกำจัดที่ต่ำกว่า

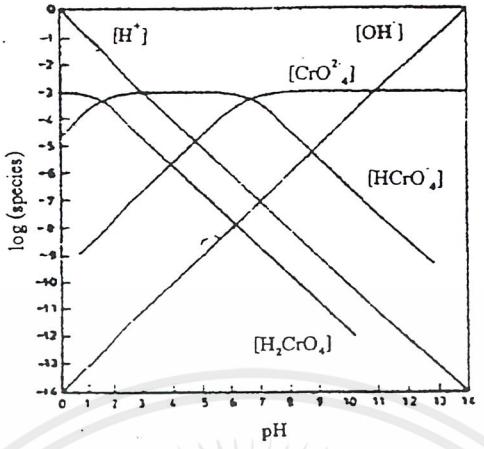
จากผลการวิเคราะห์หาค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ย พบว่า ถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยเท่ากับ 884.91 ตารางเมตรต่อกรัม (ถ่านกัมมันต์ที่นำมาใช้เป็นตัวดูดซับทางการค้า จะมีค่าพื้นที่ผิวจำเพาะอยู่ในช่วงประมาณ 600-1,400 ตารางเมตรต่อกรัม [1]) แสดงว่าการดูดซับโครเมียมบนถ่านกัมมันต์เกิดที่บริเวณผิวภายในรูพรุน

และที่พีเอชต่ำ การดูดซับบนถ่านกัมมันต์นั้นจะเกิดที่บริเวณผิวภายในรูพรุนที่มีหมู่ฟังก์ชันที่เกิดจากการกระตุ้น โดยหมู่ฟังก์ชั่นหลักๆบนถ่านกัมมันต์ ได้แก่ หมู่คาร์บอกซิลิก (carboxylic) หมู่ฟีนอลิก (phenolic) หมู่คาร์บอนิล (carbonyl) เป็นต้น โดยหมู่ฟังก์ชั่นเหล่านี้จะมีความแรงต่างกันและหมู่ฟังก์ชั่นเหล่านี้สามารถแสดงพฤติกรรมได้ทั้งเป็นกรดและเบสบนผิวถ่านกัมมันต์ (amphotheric) ขึ้นอยู่กับว่าอยู่ในสภาวะความเป็นกรดเบสของสารละลายอย่างไร [8]

โลหะหนักที่นำมาทำการดูดซับในโครงงานพิเศษนี้คือโครเมียม จะต้องตรวจสอบว่าความสามารถในการเกิดไฮโดรไลซิส (hydrolysis) เป็นอย่างไร ซึ่งโครเมียมนั้นเมื่อเกิดไฮโดรไลซิส จะ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เกิดสปีชีส์ (species) แตกต่างกันตามสภาวะของพีเอช และการไฮโดรไลซิสของโครเมียมที่พีเอชต่างๆสามารถแสดงในแผนภาพการกระจายสปีชีส์ของโครเมียม ดังแสดงในรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 แผนภาพการกระจายสปีชีส์ของโครเมียมที่พีเอชต่างๆ

จากรูปที่ 4.3 เห็นว่า สปีชีส์ของโครเมียมนั้นมีหลายชนิดขึ้นกับพีเอช โดยช่วงพีเอชต่ำๆ (พีเอช 2-5) $HCrO_4^-$ จะเป็นสปีชีส์ที่เด่นและมีปริมาณมากในช่วงนี้ จากการทดลอง การดูดซับที่ดีที่สุดจะเกิดขึ้นที่พีเอช 2 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าการดูดซับในช่วง พีเอช 2 นั้นเป็นผลมาจาก $HCrO_4^-$ โดยในช่วง พีเอชต่ำๆซึ่งจะมีความเป็นกรดสูง หมู่ฟังก์ชั่นที่เป็นกรดอ่อนก็จะแสดงสมบัติความเป็นเบส ตัวอย่างเช่น หมู่คาร์บอกซิลิก จะถูกโปรโตเนต (protonate) ด้วยโปรตอนกลายเป็นประจุบวกที่คาร์บอน [11] ซึ่งบริเวณ carbocation นี้จะเป็นบริเวณที่เกิดการดูดซับกับ $HCrO_4^-$ ได้ ส่วนที่พีเอชสูงขึ้นนั้นหมู่ฟังก์ชั่นที่เป็นกรดอ่อนก็จะแสดงสมบัติความเป็นกรดเช่นเดิม จึงไม่เกิดการดูดซับกับ $HCrO_4^-$ ค่าเปอร์เซนต์การกำจัดจึงมีค่าลดลง

4.3.2 ผลของความเข้มข้นเริ่มต้น

ความเข้มข้นก็เป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากชานอ้อยเช่นกัน ซึ่งในการทดลองได้ใช้ความเข้มข้นต่างๆกัน คือ 25,40,60 และ 75 มก./ล. โดยทำการทดลองที่พีเอชต่ำกว่า 2 วิเคราะห์หาปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (C_f) และเปอร์เซนต์การกำจัด ผลของความเข้มข้นเริ่มต้นแสดงดังตารางที่ 4.7

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.7 ปริมาณความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (C_f) และเปอร์เซนต์การกำจัดที่ความเข้มข้นต่างๆ

ความเข้มข้นเริ่มต้น (มก./ล.)	C_f (มก./ล.)	% การกำจัด
25	9.66	61.35
40	11.49	71.28
60	18.08	69.86
75	29.16	61.12

จากตารางที่ 4.7 จะเห็นได้ว่าเปอร์เซนต์การกำจัดโลหะหนักจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักเพิ่มขึ้น เนื่องจากการดูดซับเกิดจากไอออนโครเมียมเข้าไปเกาะบนโครงสร้างที่เป็นรูพรุนของถ่านกัมมันต์ เมื่อความเข้มข้นสูงขึ้น พื้นที่ที่จะใช้ในการดูดซับอาจจะไม่เพียงพอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

โครงงานพิเศษนี้ เป็นการศึกษาประสิทธิภาพการลดปริมาณโลหะหนักของตัวดูดซับ คือ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากชานอ้อย โดยใช้โลหะหนัก คือ โครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ทำการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยชานอ้อย ซึ่งได้แก่ อุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการเผาชานอ้อย ปริมาณซิงค์คลอไรด์ที่ใช้ และอุณหภูมิกับเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ และศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับและสภาวะที่เหมาะสม โดยการเปลี่ยนแปลง พีเอช และความเข้มข้นเริ่มต้นของโลหะหนักสามารถสรุปได้ ดังนี้

1. อุณหภูมิและเวลาที่เลือกใช้ในการคาร์บอไนซ์ คือ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 45 นาที ซึ่งที่อุณหภูมิและเวลาดังกล่าวจะให้ค่าร้อยละของคาร์บอนคงตัวสูงกว่าการคาร์บอไนซ์ที่อุณหภูมิและเวลาอื่นๆ
2. ในการทดลองใช้ปริมาณซิงค์คลอไรด์ 10,20,30,40 และ 50 กรัม อุณหภูมิ 500,600 และ 700 องศาเซลเซียส เวลา 1,1.5 และ 3 ชั่วโมง พบว่า ค่าการดูดซับไอโอดีนแตกต่างกันไม่มากนัก และที่ปริมาณซิงค์คลอไรด์ 30 กรัม อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เวลา 1.5 ชั่วโมง จะมีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงกว่าที่สภาวะอื่นๆ
3. พีเอช ที่เหมาะสมต่อการดูดซับโครเมียมด้วยถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย คือ พีเอช 2
4. เปอร์เซ็นต์การกำจัดโลหะหนักจะลดลงเมื่อความเข้มข้นของโลหะหนักเพิ่มขึ้น

5.2 ข้อเสนอแนะ

1. ในกระบวนการเตรียมถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย ควรทำให้มีความยาวของเซลลูโลสอยู่มาก ซึ่งจะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพสูงขึ้น
2. ข้อเสียของวิธีการกระตุ้นทางเคมีนี้ คือ มีสารตกค้างในถ่านกัมมันต์ทำให้เสียเวลาและค่าใช้จ่ายในการล้างสารเคมีออก และจะต้องใช้เครื่องปฏิกรณ์ที่สามารถต้านทานการกัดกร่อนได้
3. กระบวนการกำจัดโลหะหนักโดยการดูดซับด้วยตัวดูดซับนั้นไม่เหมาะกับการบำบัดน้ำเสียที่มีความเข้มข้นสูงมากๆ ดังจะเห็นได้จากเปอร์เซ็นต์การกำจัดที่ต่ำ ดังนั้นในการนำไปประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมจริงควรจะใช้ควบคู่กับกระบวนการอื่นๆ เช่น การตกตะกอนให้มีความเข้มข้นน้อยลงแล้วจึงนำมาทำการดูดซับ จึงจะได้คุณภาพน้ำทิ้งที่ดีขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. บุญชัย ตระกูลมหชัย และคณะ. การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลาตาลโตนดในฟลูอิไดซ์เบด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาเคมีเทคนิค บัณฑิตวิทยาลัย คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2537.
2. ปิยะพร บารมี. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากยางเหลือทิ้งโดยกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาเคมี บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย 2542.
3. ภาสกร สว่างวุฒิธรรม ศุภโชค ชายแสน และ สมชายกองทรัพย์เจริญ. การดูดซับตะกั่วและโครเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์และขี้เถ้าลอย. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2543.
4. วัชรี อธิปัญญาสฤษดิ์ วัฒนเกียรติ เลื่องลือเจริญกิจ และ วิศณีย์ ตั้งยืนยง. การศึกษาการปรับปรุงพื้นที่ผิวเส้นใยธรรมชาติ (ชานอ้อย) เพื่อใช้ประโยชน์ในพอลิเมอร์คอมพอสิต. วิทยานิพนธ์ ระดับปริญญาตรี ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 2540.
5. American Standard of Testing Material. Standard practice for proximate and coal and coke ASTM D 3172 -86. 1993.
6. American Standard of Testing Material. Standard testing method for determination of iodine number of activated carbon ASTM D 4607 - 86.1990.
7. APHA-AWWA-WJ.Hazard.Master.B70(1990) 71-86.PCF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater ; 17th ed. , APHA , N.Y. , 1992.
8. Calurla , F. , Molina - Sabio , M. , and Rodriguez - Reinoso , F. , Preparation of activated carbon by chemical activation with $ZnCl_2$. Carbon. , 29 No. 7 (1991):990 - 1007.
9. Corapcioglu , M.O. , and Huang , C.D. The adsorption of heavy metals onto hydrous activated carbon. Wat.Res. 21 (1987):1031 - 1044
10. Hsisheng Teng and Tien-Sheng Yeh , Preparation of activated carbon from bituminous coals with zinc chloride activation. Ind. Eng. Chem. Res., 37 No.1 (1998) : 58-65.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

11. Paszum , D. and Spychaj , T. , Chemical recycling of poly (ethylene terephtalate) Ind.Eng.Chem.Res. , 36 (1997):4347 - 4352

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
วิธีการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใช้ในการทดลอง

ก.1 การวิเคราะห์หาร้อยละของคาร์บอนคงตัว [4]

วิธีการทดลอง

ตอนที่ 1 ปริมาณความชื้นในชานอ้อยตัวอย่าง (Moisture)

1. นำกระจกนาฬิกาไปอบที่ตู้อบที่อุณหภูมิ 110 °C ประมาณ 30 นาที ทิ้งให้เย็นในเดสิเคเตอร์ นำไปชั่งน้ำหนักและบันทึกผล
2. ชั่งชานอ้อยตัวอย่างประมาณ 1 กรัม ใส่กระจกนาฬิกาที่ทราบน้ำหนักแล้ว บันทึกน้ำหนักตัวอย่างชานอ้อยไว้
3. นำเข้าตู้อบที่อุณหภูมิประมาณ 104 - 110 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง
4. หลังจากนั้นทิ้งให้เย็นในเดสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนักกระจกนาฬิกาที่มีชานอ้อยตัวอย่างที่อบแล้วอยู่ภายใน บันทึกผล

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

$$M = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W}$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักกระจกนาฬิกา รวมทั้งน้ำหนักชานอ้อยตัวอย่างก่อนการอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักกระจกนาฬิกา รวมทั้งน้ำหนักชานอ้อยตัวอย่างที่อบแล้ว (กรัม)

W = น้ำหนักชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

ตอนที่ 2 ปริมาณเถ้าในชานอ้อย (Ash)

1. เผา porcelain crucible พร้อมฝาในเตาเผาที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมงนำออกมาทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก crucible พร้อมฝา
2. ชั่งชานอ้อยตัวอย่างใส่ crucible ประมาณ 1 กรัม บันทึกน้ำหนักชานอ้อยที่ใช้จริง
3. เผา crucible ที่บรรจุชานอ้อยเพื่อไล่ควันด้วยตะเกียงบุนเสนโดยใช้ไฟอ่อนๆ เมื่อควันหมดแล้วจึงยกออกแล้วปิดฝา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. นำ crucible ที่เผาไล่ควันออกแล้วเข้าเตาเผาโดยปิดฝา เผาที่อุณหภูมิ 750 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง
5. เมื่อครบ 2 ชั่วโมงแล้ว นำ crucible ออกมาวางทิ้งไว้เพื่อให้ crucible เย็นลง แล้วนำไปใส่ไว้ในเดสิเคเตอร์
6. ชั่ง crucible พร้อมฝา บันทึกผล

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$A = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{W}$$

เมื่อ A = ร้อยละของเถ้า

W_3 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝาปิด และเถ้า (กรัม)

W_4 = น้ำหนัก crucible พร้อมฝาปิด (กรัม)

W = น้ำหนักของชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

<u>ตอนที่ 3</u> ปริมาณสารระเหยในชานอ้อยตัวอย่าง (Volatile matter)

1. เผา nickle crucible พร้อมฝา ในเตาเผาอุณหภูมิ 950 °C ประมาณ 30 นาที นำออกจากเตาเผาทำให้เย็นในเดสิเคเตอร์ แล้วชั่งน้ำหนัก พร้อมบันทึกผล
2. ชั่งชานอ้อยตัวอย่างใส่ใน nickle crucible ประมาณ 1 กรัม ปิดฝา crucible
3. นำไปให้ความร้อนโดยอยู่เหนือปากเตาอุณหภูมิประมาณ 300 °C เป็นเวลา 3 นาที
4. หย่อน crucible ให้อยู่บริเวณปากเตา อุณหภูมิประมาณ 600 °C เป็นเวลา 3 นาที
5. หย่อน crucible ให้อยู่บริเวณกึ่งกลางเตา อุณหภูมิประมาณ 950 °C เป็นเวลา 6 นาที
6. นำ crucible ออกมาทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงจนถึงอุณหภูมิห้อง แล้วนำไปใส่ไว้ในเดสิเคเตอร์ประมาณ 15 นาที แล้วนำไปชั่งน้ำหนักพร้อมบันทึกผล

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$V = \left[\frac{(W_5 - W_6) \times 100}{W} \right] - M$$

เมื่อ V = ร้อยละของสารระเหย

M = ร้อยละของความชื้น

W_5 = น้ำหนัก crucible พร้อมปิดฝา รวมกับน้ำหนักของชานอ้อยก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กรัม)

W_6 = น้ำหนัก crucible พร้อมปิดฝา รวมกับน้ำหนักของขานอ้อยหลังเผา (กรัม)

W = น้ำหนักของขานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

ตอนที่ 4 ปริมาณคาร์บอนคงตัวในขานอ้อยตัวอย่าง (Fixed carbon)

สูตรที่ใช้ในการคำนวณ

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละของความชื้น - ร้อยละของเถ้า - ร้อยละของสารระเหย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.2 การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน [5]

ค่าการดูดซับไอโอดีน คือ ปริมาณไอโอดีนมีหน่วยเป็นมิลลิกรัมที่ถูกดูดซับด้วยคาร์บอนกัมมันต์แห้ง 1 กรัมโดยความเข้มข้นของไอโอดีนในสารละลายเมื่อเริ่มต้นและเมื่อสิ้นสุดการดูดซับมีค่าเท่ากับ 0.1 และ 0.02 นอร์มอล ตามลำดับ

1.1 อุปกรณ์และเครื่องมือการทดลอง

1. หลอดหยดสาร
2. กระดาษกรอง เบอร์ 42
3. ขวดสีชา
4. ปิเปต
5. กระบอกตวง
6. กระจกนาฬิกา
7. บีกเกอร์
8. ขวดชั่งสารพร้อมฝาปิด
9. กรวยแก้ว
10. ขวดวัดปริมาตร
11. บิวเรต
12. ขวดชมพู่
13. แผ่นให้ความร้อน (Hot plate)
14. เครื่องกรองสุญญากาศ
15. เดสิเคเตอร์
16. เครื่องชั่ง
17. เครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็ก
18. เตาอบ

1.2 สารเคมี

1. น้ำกลั่น
2. กรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก
3. ไอโอดีน (I_2)
4. โซเดียมไธโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3.5H_2O$)
5. โซเดียมคาร์บอเนต (Na_2CO_3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6. โปตัสเซียมไอโอไดด์ (KI)
7. โปตัสเซียมไอโอเดต (KIO_3)
8. แป้งมัน

1.3 การเตรียมสารเคมีสำหรับทดลอง

1. สารละลายกรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก

เติมกรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก 70 มิลลิลิตร ลงในน้ำกลั่น 550 มิลลิลิตร แล้วคนให้เข้ากัน เทเก็บใส่ขวดไว้

2. สารละลายไอโอดีนเข้มข้น 0.1 $\pm$ 0.001 นอร์มอล

ชั่งไอโอดีน 12.700 กรัม และโปตัสเซียมไอโอไดด์ 19.100 กรัม ผสมให้เข้ากันในสภาพที่เป็นผงในบีกเกอร์ แล้วเติมน้ำกลั่น 2 - 5 มิลลิลิตร ลงในบีกเกอร์กวนให้ละลาย จากนั้นจึงค่อยๆ เติมน้ำกลั่นลงไปครั้งละน้อย (ประมาณ 5 มิลลิลิตรต่อครั้ง) พร้อมกับคนตลอดเวลาจนปริมาตรทั้งหมดเป็น 50 - 60 มิลลิลิตร จากนั้นใช้เครื่องกวนสารด้วยแท่งแม่เหล็ก กวนสารละลายอีกต่อไปอย่างน้อย 4 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าสารละลายหมด จากนั้นเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร เทเก็บใส่ขวดสีชา

3. สารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตเข้มข้น 0.100 $\pm$ 0.001 นอร์มอล

ชั่งโซเดียมไธโอซัลเฟต 24.820 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นปริมาตร 75 $\pm$ 25 มิลลิลิตร แล้วคนให้ละลาย จากนั้นจึงเติมโซเดียมคาร์บอเนต 0.1 $\pm$ 0.01 กรัม เพื่อป้องกันกานสลายตัวของโซเดียมไธโอซัลเฟตเนื่องจากแบคทีเรีย จากนั้นเจือจางให้มีปริมาตร 1 ลิตรในขวดวัดปริมาตร เทใส่ขวดสีชาตั้งทิ้งไว้ 4 วัน ก่อนทำการเทียบมาตรฐาน

4. สารละลายโปตัสเซียมไอโอเดต 0.100 $\pm$ 0.001 นอร์มอล

อบโปตัสเซียมไอโอเดตประมาณ 4 กรัม ที่อุณหภูมิ 110 $\pm$ 5 $^{\circ}$C แล้วทิ้งให้เย็นในเดสิเคเตอร์ นำสารที่อบแห้งแล้ว 3.5667 $\pm$ 0.0001 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วเจือจางให้ได้ปริมาตร 1 ลิตร ในขวดวัดปริมาตร ผสมให้เข้ากัน เทเก็บใส่ขวดเก็บสารที่มีฝาปิด

5. น้ำแป้ง

ผสม 1.0 $\pm$ 0.5 กรัมของแป้งในน้ำเย็น 5 - 10 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่น 25 $\pm$ 5 มิลลิลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พร้อมกับกวนสารตลอดเวลา ต้มสารละลายต่อไปอีก 4 - 5 นาที ทิ้งให้เย็น เทเก็บใส่ขวดแช่เย็นไว้ในตู้เย็น สารนี้ควรเตรียมใหม่ทุกครั้งในวันที่ทดลอง

1.4 การหาค่าความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย

1. ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต

ปิเปตสารละลายโปตัสเซียมไอโอเดตในหัวข้อ 1.3 ข้อ 3 ปริมาตร 25.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมโปตัสเซียมไอโอไดด์ 2.00 $\pm$ 0.01 กรัม ลงไป เขย่าให้ละลาย ปิเปต กรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 37 โดยน้ำหนัก 5.0 มิลลิลิตร เติมลงในสารละลายข้างต้น ไทเทรตหาไอโอดีนที่เหลือด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตจนได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้งลงไป 2 - 3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์ แล้วไทเทรตต่อไปจนได้สารละลายไม่มีสี จากนั้นคำนวณหาความเข้มข้นของโซเดียมไธโอซัลเฟตจากสูตร

$$N_1 = (P_1 \times R) / S$$

เมื่อ N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต (นอร์มอล)

P_1 = ปริมาตรของสารละลายโปตัสเซียมไอโอเดต (มิลลิลิตร)

S = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

R = ความเข้มข้นของสารละลายโปตัสเซียมไอโอเดต (นอร์มอล)

การไทเทรตควรทำ 3 ครั้ง แล้วหาความเข้มข้นเฉลี่ย แต่ถ้าความเข้มข้นในแต่ละครั้งต่างกันมากกว่า 0.003 นอร์มอล ควรทำการทดลองใหม่

2. ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน

ปิเปตสารละลายไอโอดีน 25.00 มิลลิลิตร ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร แล้วไทเทรตด้วยสายละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน จนกระทั่งได้สารละลายสีเหลืองอ่อน เติมน้ำแป้งลงไป 2 - 3 หยด เพื่อเป็นอินดิเคเตอร์แล้วไทเทรตต่อไป จนได้สารละลายไม่มีสี จากนั้นคำนวณความเข้มข้นจากสูตร

$$N_2 = (S \times N_1) / I$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)

S = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟต (นอร์มอล)

I = ปริมาตรของสารละลายไอโอดีน (มิลลิลิตร)

การไทเทรตควรทำ 3 ครั้ง แล้วหาความเข้มข้นเฉลี่ย แต่ถ้าความเข้มข้นในแต่ละครั้งต่างกันมากกว่า 0.003 นอร์มอล ควรทำการทดลองใหม่ ความเข้มข้นของไอโอดีนจะมีค่า 0.100 $\pm$ 0.001 นอร์มอล ถ้าความเข้มข้นไม่อยู่ในช่วงดังกล่าวต้องเตรียมไอโอดีนใหม่

1.5 วิธีการทำกราฟมาตรฐานสารละลายไอโอดีน

1. ปิเปตสารละลายไอโอดีนในหัวข้อ 1.4 ข้อ 2 จำนวน 2 , 4 , 6 และ 8 มิลลิลิตร ใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 มิลลิลิตร จำนวน 4 ขวด

2. ปรับปริมาตรของสารละลายแต่ละขวดให้ได้ 100 มิลลิลิตร

3. ปิเปตสารละลายที่ได้ 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร หาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายแต่ละขวด ตามที่ได้กล่าวแล้วในหัวข้อ 1.4

4. นำสารละลายที่ราบความเข้มข้นที่แน่นอนไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตโฟโตมิเตอร์

5. เขียนกราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับค่าความเข้มข้นของสารละลาย

1.6 วิธีทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีน

1. บดคาร์บอนกัมมันต์ให้มีขนาดเล็กกว่า 45 ไมครอน (325 เมช) อย่างน้อยร้อยละ 95 ประมาณ 10 กรัม

2. อบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 145 - 155 $^{\circ}$C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็นในเดสิเคเตอร์

3. ชั่งคาร์บอนกัมมันต์ 2 กรัม ใส่ในขวดชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ปิเปต สารละลายกรดเกลือเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก 10 มิลลิลิตร ใส่ลงไป ปิดปากขวดด้วยจุกยาง และเขย่าเบาๆจนกระทั่งคาร์บอนกัมมันต์เปียกทั่วหมด

4. นำขวดชมพู่ไปวางบนแผ่นให้ความร้อนที่อยู่ในตู้ควัน เปิดจุกยางออก ต้มจนเดือดประมาณ 30 วินาที เพื่อไล่สารประกอบซัลเฟอร์ซึ่งเป็นสารมลทินทิ้งไป แล้วยกลงตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. ปิเปตสารละลายมาตรฐานไอโอดีนปริมาตร 100 มิลลิลิตร ใส่ลงในบีกเกอร์ คนด้วยเครื่องคนแม่เหล็กไฟฟ้านาน 15 นาที กรองสารละลายด้วยเครื่องกรองสุญญากาศผ่านกระดาษกรองเบอร์ 42 แล้วเทส่วนที่ใสลงในบีกเกอร์

6. ทิ้ง 20 - 30 มิลลิลิตรของสารที่ใสที่ได้จากการกรอง ส่วนสารละลายที่กรองได้ในช่วงหลัง คนให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปหาค่าความเข้มข้นจากกราฟมาตรฐาน

7. ค่าการดูดซับไอโอดีน (ไอโอดีนนัมเบอร์) ได้จากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซับไอโอดีน} = [(H_1 - H_2) / m] \times [12693 D_1]$$

เมื่อ H_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนก่อนการดูดซับ (นอร์มอล)

H_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนหลังการดูดซับ (นอร์มอล)

m = น้ำหนักของตัวอย่างคาร์บอนกัมมันต์ (กรัม)

D_1 = ค่าแก้ไขการดูดซับไอโอดีน (Correction factor) หาได้จากตารางที่ ข.1

2. การวิเคราะห์องค์ประกอบของคาร์บอนกัมมันต์ที่ให้ค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุดแบบประมาณ

ทำการวิเคราะห์เช่นเดียวกับหัวข้อที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ค่าแก้ไขสำหรับค่าการดูดซับไอโอดีน

Residual Filtrate Normality,C	0.0000	0.0001	0.0002	0.0003	0.0004	0.0005	0.0006	0.0007	0.0008	0.0009
0.0080	1.1625	1.1613	1.1600	1.1575	1.1550	1.1538	1.1513	1.1500	1.1475	1.1463
0.0090	1.1438	1.1425	1.1400	1.1375	1.1363	1.1350	1.1325	1.1300	1.1288	1.1275
0.0100	1.1250	1.1238	1.1225	1.1213	1.1200	1.1175	1.1163	1.1150	1.1138	1.1113
0.0110	1.1100	1.1088	1.1075	1.1063	1.1038	1.1025	1.100	1.0988	1.0975	1.0963
0.0120	1.0950	1.0963	1.0925	1.0900	1.0888	1.0875	1.0630	1.0850	1.0838	1.0820
0.0130	1.0800	1.0788	1.0775	1.0763	1.0750	1.0738	1.0725	1.0713	1.0700	1.0688
0.0140	1.0675	1.0663	1.0650	1.0625	1.0613	1.0600	1.0588	1.0575	1.0563	1.0550
0.0150	1.0538	1.0525	1.0513	1.0500	1.0488	1.0475	1.0463	1.0450	1.0438	1.0425
0.0160	1.0413	1.0400	1.0388	1.0375	1.0375	1.0363	1.0350	1.0333	1.0325	1.0313
0.0170	1.0300	1.0288	1.0275	1.0263	1.0250	1.0245	1.0238	1.0225	1.0208	1.0200
0.0180	1.0200	1.0188	1.0175	1.0163	1.0150	1.0144	1.0138	1.0125	1.0125	1.0113
0.0190	1.0100	1.0088	1.0075	1.0075	1.0063	1.0050	1.0050	1.0038	1.0025	1.0025
0.0200	1.0013	1.0000	1.0000	0.9988	0.9975	0.9975	0.9963	0.9950	0.9950	0.9938
0.0210	0.9938	0.9925	0.9925	0.9913	0.9900	0.9900	0.9888	0.9875	0.9875	0.9863
0.0220	0.9863	0.9850	0.9850	0.9838	0.9825	0.9825	0.9813	0.9813	0.9800	0.9788
0.0230	0.9788	0.9775	0.9775	0.9763	0.9763	0.9750	0.9750	0.9738	0.9738	0.9725
0.0240	0.9725	0.9708	0.9700	0.9700	0.9688	0.9688	0.9675	0.9675	0.9663	0.9663
0.0250	0.9650	0.9650	0.9638	0.9638	0.9625	0.9625	0.9613	0.9613	0.9606	0.9600
0.0260	0.9600	0.9588	0.9588	0.9575	0.9575	0.9563	0.9563	0.9550	0.9550	0.9538
0.0270	0.9538	0.9525	0.9525	0.9519	0.9513	0.9513	0.9506	0.9500	0.9500	0.9488
0.0280	0.9488	0.9475	0.9475	0.9463	0.9463	0.9463	0.9450	0.9450	0.9438	0.9438
0.0290	0.9425	0.9425	0.9425	0.9413	0.9413	0.9400	0.9400	0.9394	0.9388	0.9388
0.0300	0.9375	0.9375	0.9375	0.9363	0.9363	0.9363	0.9363	0.9375	0.9375	0.9375
0.0310	0.9333	0.9333	0.9325	0.9325	0.9325	0.9319	0.9313	0.9313	0.9300	0.9300
0.0320	0.9300	0.9294	0.9288	0.9288	0.9280	0.9275	0.9275	0.9275	0.9270	0.9270

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก.3 การหาปริมาณโครเมียมด้วยวิธีอะตอมมิกแอบซอร์บชัน สเปคโตรโฟโตเมทรี

อุปกรณ์

1. เครื่อง Atomic absorption spectrophotometer
2. Hollow cathode lamp ของ โครเมียม
3. ถังบรรจุก๊าซอะเซทีลีนพร้อมเครื่องวัดความดัน

สารเคมี

1. สารละลายมาตรฐานโครเมียม
2. กรดไนตริกเข้มข้น

วิธีการทดลอง

- เตรียมสารละลายตัวอย่าง และสารละลายมาตรฐานโลหะโครเมียม
- ใส่หลอด Hollow cathode lamp ชนิดโลหะโครเมียม และเลือกความยาวคลื่นที่เหมาะสม คือ 357.9 nm
- จัดความกว้างของ slite ให้เหมาะสม
- เปิดเครื่องให้กระแสกับ Hollow cathode lamp และอุ่นเครื่องจนแหล่งพลังงานเสถียร ประมาณ 10- 20 นาที อ่นค่ากระแสหลังอุ่นเครื่อง
- ปรับความยาวคลื่นให้เหมาะสมกับโลหะที่ต้องการวิเคราะห์ รอจนเครื่องปรับได้พลังงานที่เหมาะสม
- ใส่ burner head และปรับตำแหน่งความสูงของเตาให้เหมาะสม
- เปิดถังอากาศ และปรับอัตราการไหล
- เปิดถังแก๊สอะเซทิลีนปรับอัตราการไหลให้เป็นค่าเฉพาะ
- จุด flame
- ดูด water – saturated MIBK ใส่เปลวไฟ และค่อยๆลดอัตราการไหลของเชื้อเพลิงจนเปลวไฟมีลักษณะคล้ายกับ ก่อนพ่นสารละลาย
- ทำ standardization โดยเตรียมสารละลายมาตรฐานเลือกเอาช่วงของความเข้มข้น 3 จุด ให้ครอบคลุมความเข้มข้นของสารตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ ใช้ metal – free water เป็นblank สำหรับวิเคราะห์โลหะที่ extraction ควรปรับ pH ให้เหมาะสม ในช่วง pH 3-9
- เติม 1 mL APCD และเขย่า 10 mL MIBK และเขย่า
- ดูดสารละลายแบลงค์ รอจนค่าการดูดกลืนเป็นศูนย์
- วัดการดูดกลืนแสงของสารละลายมาตรฐาน เครื่องจะเขียนกราฟให้จนเสร็จ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- เตรียมสารละลายตัวอย่างเช่นเดียวกับสารมาตรฐาน ดูดสารละลายตัวอย่างเข้าสู่เปลวไฟ เครื่องจะบันทึกค่าการดูดกลืนแสงและความเข้มข้นให้
- ทำจนครบทุกตัวอย่าง
- ล้างเตาด้วยการดูด water – saturated MIBK ใส่เปลวไฟ

ตารางที่ 11 Atomic Absorption Concentration Ranges with Direct Aspiration Atomic Absorption

Element	Wave length (nm)	Instrument Detection Limit (mg/L)	Sensitivity (mg/L)	Optimum Concentration Range (mg/L)	Flame Gases*
Cd	228.8	0.002	0.025	0.05 - 2	A -Ac
Cr	**357.9**	**0.02**	**0.1**	**0.2 - 10**	**A -Ac**
Cu	324.7	0.01	0.1	0.2 - 10	A -Ac
Pb	283.3	0.05	0.5	1 - 20	A -Ac
Zn	213.9	0.005	0.02	0.05 - 2	A -Ac

* A -Ac = air acetylene ;

the more sensitivive 217.0 nm wavelength is recommended for instruments with background correction

capabilities.

จาก Standard methods (APHA, 1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 12 ค่า พีเอชที่เหมาะสมสำหรับธาตุที่

extractions

Element	pH Range for Optimum Extraction
Cd	1 - 6
Cr	**3 - 9**
Cu	0.1 -8
Pb	0.1 -6
Zn	2 - 6

จาก standard methods (APHA ,1992)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข
ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ข.1 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากชานอ้อย

1. ผลของอุณหภูมิ

หาปริมาณความชื้นในชานอ้อยตัวอย่าง (Moisture) :

ข้อมูลที่ได้ก่อนการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)	น้ำหนักกระจกนาฬิกา (กรัม)	น้ำหนักกระจกนาฬิกาและชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
300	73.3610	74.3684	1.0074
350	74.9741	76.0910	1.1169
400	74.5178	75.5323	1.0145
450	72.6513	73.6669	1.0156

นำตัวอย่างชานอ้อยไปอบหาปริมาณความชื้น

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)	น้ำหนักกระจกนาฬิกา (กรัม)	น้ำหนักกระจกนาฬิกาและชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
300	73.3610	74.3664	1.0054
350	74.9741	76.0905	1.1114
400	74.5178	75.5307	1.0129
450	72.6513	73.6654	1.0141

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$M = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W}$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักกระจกนาฬิกา รวมทั้งน้ำหนักชานอ้อยตัวอย่างก่อนการอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักกระจกนาฬิกา รวมทั้งน้ำหนักชานอ้อยตัวอย่างที่อบแล้ว (กรัม)

W = น้ำหนักชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การคำนวณ :

ที่ 300 ^{0}C $\quad M = \dfrac{(74.3684 - 74.3644) \times 100}{1.0004}$

$= 0.20\ \%$

ที่ 350 ^{0}C $\quad M = \dfrac{(76.0910 - 76.0905) \times 100}{1.1169}$

$= 0.04\ \%$

ที่ 400 ^{0}C $\quad M = \dfrac{(75.5323 - 73.5307) \times 100}{1.0145}$

$= 0.16\ \%$

ที่ 450 ^{0}C $\quad M = \dfrac{(73.6669 - 73.6654) \times 100}{1.0156}$

$= 0.15\ \%$

หาปริมาณเถ้าในชานอ้อยตัวอย่าง (Ash) :

ข้อมูลที่ได้ก่อนการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)	น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักครูซิเบิล และชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
300	44.6373	45.6468	1.0054
350	45.1240	46.1294	1.0095
400	44.3014	45.3120	1.0160
450	43.7295	44.7376	1.0081

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำตัวอย่างซานอ้อยไปเผาหาปริมาณเถ้า

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)	น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักครูซิเบิล และซานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักซานอ้อย (กรัม)
300	44.6373	44.9624	0.2536
350	45.1240	45.3776	0.3251
400	44.3014	44.7822	0.4808
450	43.7295	44.2076	0.4781

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$A = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{W}$$

เมื่อ A = ร้อยละของเถ้า

W_3 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝาปิด และเถ้า (กรัม)

W_4 = น้ำหนัก crucible พร้อมฝาปิด (กรัม)

W = น้ำหนักของซานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณ :

ที่ 300 ^{0}C $A = \frac{(44.9624 - 44.6373) \times 100}{1.0095}$

$= 32.20\ \%$

ที่ 350 ^{0}C $A = \frac{(45.3776 - 45.1240) \times 100}{1.0054}$

$= 25.22\ \%$

ที่ 400 ^{0}C $A = \frac{(44.7822 - 44.3014) \times 100}{1.0106}$

$= 47.58\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 450 ^{0}C $\quad A = \dfrac{(44.2076 - 43.7295) \times 100}{1.0081}$

$= 47.42\ \%$

หาปริมาณสารระเหยในชานอ้อยตัวอย่าง (Volatile matter) :

ข้อมูลที่ได้ก่อนการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล และชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
300	30.3793	31.3713	0.9920
350	30.4496	31.4510	1.0014
400	30.5216	31.5480	1.0264
450	30.4596	31.4660	1.0064

นำตัวอย่างชานอ้อยไปเผาหาปริมาณสารระเหย

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

อุณหภูมิ (^{0}C)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล และชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
300	30.3793	30.4960	0.1167
350	30.4496	30.5171	0.0675
400	30.5216	30.7942	0.2726
450	30.4596	30.4736	0.0140

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$V = \left[\frac{(W_5 - W_6) \times 100}{W} \right] - M$$

เมื่อ V = ร้อยละของสารระเหย

M = ร้อยละของความชื้น

W_5 = น้ำหนัก crucible พร้อมปิดฝา รวมกับน้ำหนักของชานอ้อยก่อนเผา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

(กรัม)

W_6 = น้ำหนัก crucible พร้อมปิดฝา รวมกับน้ำหนักของชานอ้อยหลังเผา (กรัม)

W = น้ำหนักของชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณ :

ที่ 300 ^{0}C $V = \frac{(31.7313 - 30.7960) \times 100}{0.9920} - 0.04$

$= 57.79\ \%$

ที่ 350 ^{0}C $V = \frac{(31.4510 - 30.8171) \times 100}{1.0014} - 0.20$

$= 63.26\ \%$

ที่ 400 ^{0}C $V = \frac{(31.5480 - 31.1942) \times 100}{1.0264} - 0.16$

$= 34.31\ \%$

ที่ 450 ^{0}C $V = \frac{(31.4660 - 31.0001) \times 100}{1.0064} - 0.15$

$= 46.15\ \%$

หาคาร์บอนคงตัวในชานอ้อยตัวอย่าง :

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละของความชื้น - ร้อยละของเถ้า - ร้อยละของสารระเหย

การคำนวณ :

ที่ 300 ^{0}C ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.20 - 32.20 - 57.79

= 9.81 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 350 ^{0}C ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.04 - 25.22 - 63.26

= 11.48 %

ที่ 400 ^{0}C ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.16 - 47.58 - 34.31

= 17.95 %

ที่ 450 ^{0}C ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.15 - 47.42 - 46.15

= 6.28

2. ผลของเวลา

หาปริมาณความชื้น (moisture) :

ข้อมูลที่ได้ก่อนการทดลอง

เวลา (นาที)	น้ำหนักกระจกนาฬิกา (กรัม)	น้ำหนักกระจกนาฬิกาและชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
30	73.2710	74.2884	1.0174
45	72.6313	73.6569	1.0256
60	74.6623	75.6670	1.0055
90	74.9810	75.9841	1.0031

นำตัวอย่างชานอ้อยไปอบหาปริมาณความชื้น

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

เวลา (นาที)	น้ำหนักกระจกนาฬิกา (กรัม)	น้ำหนักกระจกนาฬิกาและชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
30	73.2710	74.2879	1.0169
45	72.6313	73.6554	1.0241
60	74.6623	75.6662	1.0039
90	74.9810	75.9821	1.0011

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$M = \frac{(W_1 - W_2) \times 100}{W}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักกระจกนาฬิกา รวมทั้งน้ำหนักชานอ้อยตัวอย่างก่อนการอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักกระจกนาฬิกา รวมทั้งน้ำหนักชานอ้อยตัวอย่างที่อบแล้ว (กรัม)

W = น้ำหนักชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณ :

ที่ 30 นาที $M = \frac{(74.2884 - 74.2879) \times 100}{1.0174}$

$= 0.05\ \%$

ที่ 45 นาที $M = \frac{(73.6569 - 73.6554) \times 100}{1.0256}$

$= 0.15\ \%$

ที่ 60 นาที $M = \frac{(75.6678 - 75.6662) \times 100}{1.0055}$

$= 0.16\ \%$

ที่ 90 นาที $M = \frac{(75.9841 - 75.9821) \times 100}{1.0031}$

$= 0.20\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาปริมาณเถ้าในชานอ้อยตัวอย่าง (Ash) :

ข้อมูลที่ได้ก่อนการทดลอง

เวลา (นาที)	น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักครูซิเบิล และชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
30	44.8832	45.8879	1.0047
45	44.1335	45.1364	1.0029
60	42.7886	43.7898	1.0012
90	38.9744	39.9813	1.0069

นำตัวอย่างชานอ้อยไปเผาหาปริมาณเถ้า

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

เวลา (นาที)	น้ำหนักครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักครูซิเบิล และชานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักชานอ้อย (กรัม)
30	44.8832	45.3152	0.4320
45	44.1335	44.6430	0.5095
60	42.7886	43.2358	0.4472
90	38.9744	39.4891	0.5147

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$A = \frac{(W_3 - W_4) \times 100}{W}$$

เมื่อ A = ร้อยละของเถ้า

W_3 = น้ำหนักของ crucible พร้อมฝาปิด และเถ้า (กรัม)

W_4 = น้ำหนัก crucible พร้อมฝาปิด (กรัม)

W = น้ำหนักของชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณ :

ที่ 30 นาที $A = \frac{(45.3152 - 44.8832) \times 100}{1.0047}$

$= 43.00\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ที่ 45 นาที $A = \frac{(44.6430 - 44.1335) \times 100}{1.0029}$

$= 50.80\ \%$

ที่ 60 นาที $A = \frac{(43.2358 - 42.7886) \times 100}{1.0069}$

$= 51.38\ \%$

ที่ 90 นาที $A = \frac{(39.4891 - 38.9744) \times 100}{1.0012}$

$= 44.67\ \%$

หาปริมาณสารระเหยในซานอ้อยตัวอย่าง (Volatile matter)

ข้อมูลที่ได้ก่อนการทดลอง

เวลา (นาที)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล และซานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักซานอ้อย (กรัม)
30	40.3800	41.3016	0.9216
45	43.3807	44.3739	0.9932
60	45.2380	46.1988	0.9089
90	42.6125	43.5214	0.9608

นำตัวอย่างซานอ้อยไปเผาหาปริมาณสารระเหย

ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

เวลา (นาที)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล (กรัม)	น้ำหนักนิกเกิลครูซิเบิล และซานอ้อย (กรัม)	น้ำหนักซานอ้อย (กรัม)
30	40.3800	41.1152	0.7352
45	43.3807	44.2510	0.8703
60	45.2380	45.9934	0.7554
90	42.6125	43.3527	0.7402

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$V = \left[\frac{(W_5 - W_6) \times 100}{W} \right] - M$$

เมื่อ V = ร้อยละของสารระเหย

M = ร้อยละของความชื้น

W_5 = น้ำหนัก crucible พร้อมปิดฝา รวมกับน้ำหนักของชานอ้อยก่อนเผา (กรัม)

W_6 = น้ำหนัก crucible พร้อมปิดฝา รวมกับน้ำหนักของชานอ้อยหลังเผา (กรัม)

W = น้ำหนักของชานอ้อยตัวอย่าง (กรัม)

การคำนวณ :

ที่ 30 นาที $V = \frac{(41.3016 - 41.1152) \times 100}{0.9216} - 0.05$

$= 20.18\ \%$

ที่ 45 นาที $V = \frac{(44.3739 - 44.2510) \times 100}{0.9932} - 0.15$

$= 12.22\ \%$

ที่ 60 นาที $V = \frac{(46.9988 - 46.9934) \times 100}{0.9608} - 0.16$

$= 21.22\ \%$

ที่ 90 นาที $V = \frac{(43.5214 - 43.3527) \times 100}{0.9089} - 0.20$

$= 18.36\ \%$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หาคาร์บอนคงตัวในชานอ้อยตัวอย่าง :

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - ร้อยละของความชื้น - ร้อยละของเถ้า - ร้อยละของสารระเหย

การคำนวณ :

ที่ 30 นาที ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.05 - 43.00 - 20.18

= 36.77 %

ที่ 45 นาที ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.15 - 50.80 - 12.22

= 36.83 %

ที่ 60 นาที ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.16 - 44.67 - 21.22

= 33.95 %

ที่ 90 นาที ร้อยละของคาร์บอนคงตัว = 100 - 0.20 - 51.38 - 18.36

= 30.06 %

ข.2 การนำถ่านที่ได้จากชานอ้อยมากระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์

1. การทำกราฟมาตรฐานสารละลายไอโอดีน

กำหนดให้ :

ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมไธโอซัลเฟต เท่ากับ 0.1037 นอร์มอล

ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน เท่ากับ 0.0958 นอร์มอล

<u>สูตรที่ใช้ในการคำนวณ</u>

$$N_2 = (S \times N_1) / I$$

เมื่อ N_2 = ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)

S = ปริมาตรของสารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟตที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

N_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานโซเดียมซัลเฟต (นอร์มอล)

I = ปริมาตรของสารละลายไอโอดีน (มิลลิลิตร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอโอดีนปริมาตร 2 มล.

ครั้งที่	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ เริ่มต้น (มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่จุดยุติ(มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ (มล)
1	23.00	23.35	0.35
2	23.35	23.65	0.30
		เฉลี่ย	0.325

$$[I_2] = (0.325 \times 0.1037) / 20$$

$$= 0.0017 \text{ นอร์มอล}$$

ไอโอดีนปริมาตร 4 มล.

.

ครั้งที่	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ เริ่มต้น (มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่จุดยุติ(มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ (มล)
1	24.00	24.65	0.65
2	24.65	25.40	0.75
		เฉลี่ย	0.70

$$[I_2] = (0.70 \times 0.1037) / 20$$

$$= 0.0036 \text{ นอร์มอล}$$

ไอโอดีนปริมาตร 6 มล.

.

ครั้งที่	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ เริ่มต้น (มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่จุดยุติ(มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ (มล)
1	25.40	26.45	1.05
2	26.45	27.50	1.05
		เฉลี่ย	1.05

$$[I_2] = (1.05 \times 0.1037) / 20$$

$$= 0.0054 \text{ นอร์มอล}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไอโอดีนปริมาตร 8 มล.

ครั้งที่	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ เริ่มต้น (มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่จุดยุติ(มล)	ปริมาตร $Na_2S_2O_3$ ที่ใช้ (มล)
1	27.50	28.90	1.40
2	28.90	30.30	1.40
		เฉลี่ย	1.40

$$[I_2] = (1.40 \times 0.1037) / 20$$

$$= 0.0072 \text{ นอร์มอล}$$

ค่า Absorbance ของกราฟมาตรฐานสารละลายไอโอดีน

ความเข้มข้นของ I_2 (นอร์มอล)	ค่า Absorbance
0.0017	0.025
0.0036	0.045
0.0054	0.069
0.0072	0.091

หมายเหตุ : กราฟมาตรฐานสารละลายไอโอดีนจะแสดงไว้ในหน้าถัดไป

ค่าการดูดซับไอโอดีน (ไอโอดีนนัมเบอร์) คำนวณได้จากสูตร

$$\text{ค่าการดูดซับไอโอดีน} = [(H_1 - H_2) / m] \times [12693 D_1]$$

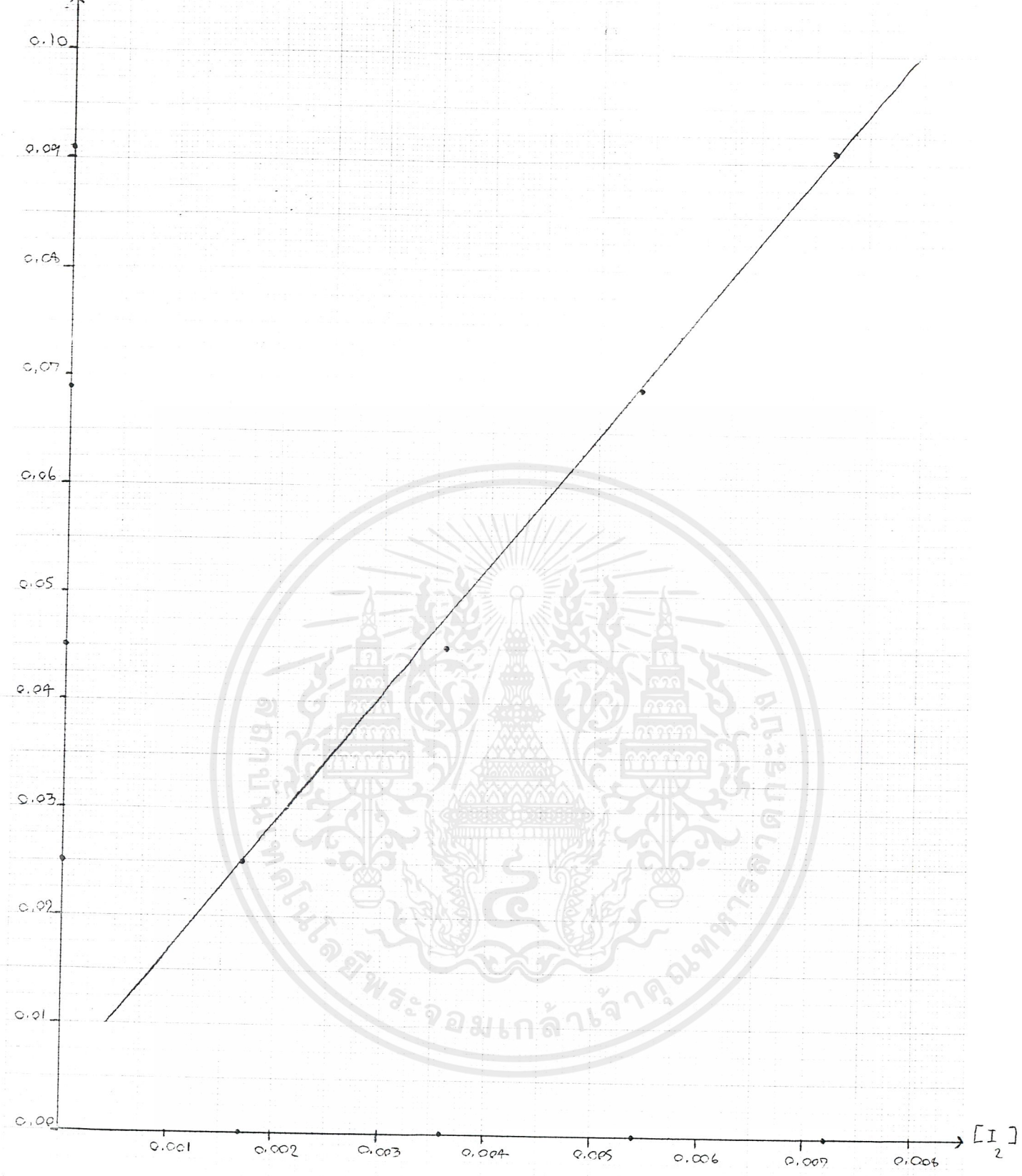
เมื่อ H_1 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนก่อนการดูดซับ (นอร์มอล)

H_2 = ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอโอดีนหลังการดูดซับ (นอร์มอล)

M = น้ำหนักของตัวอย่างคาร์บอนกัมมันต์ (กรัม)

D_1 = ค่าแก้ไขการดูดซับไอโอดีน (Correction factor) หาได้จากตารางที่ ข.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



กราฟมาตรฐานสารละลายไอโอดีน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ผลของปริมาณซิงค์คลอไรด์

ค่า Absorbance ที่ปริมาณซิงค์คลอไรด์ต่างๆ

ปริมาณ $ZnCl_2$ (กรัม)	ค่า Absorbance	ความเข้มข้นของ I_2 (นอร์มอล)
ที่ 10 กรัม	0.074	0.0058
ที่ 20 กรัม	0.063	0.0048
ที่ 30 กรัม	0.060	0.0046
ที่ 40 กรัม	ไม่ได้ผล*	ไม่ได้ผล*
ที่ 50 กรัม	ไม่ได้ผล*	ไม่ได้ผล*

* ไม่สามารถทำการระเหยน้ำออกจากตัวอย่างชานอ้อยได้ ในขณะนำไปอบที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การคำนวณ : ค่าการดูดซับไอโอดีน

เลือกใช้ค่าแก้ไขการดูดซับไอโอดีน (Correction factor) เท่ากับ 1.1625

ที่ 10 กรัม

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0058)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 885.34 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ 20 กรัม

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0048)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 895.17 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ 30 กรัม

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0046)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 897.14 มิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. ผลของอุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้น

ค่า Absorbance ที่อุณหภูมิต่างๆ

อุณหภูมิ (^{0}C)	ค่า Absorbance	ความเข้มข้นของ I_2 (นอร์มอล)
500	0.053	0.0040
600	0.032	0.0036
700	0.048	0.0025

การคำนวณ : ค่าการดูดซับไอโอดีน

เลือกใช้ค่าแก้ไขการดูดซับไอโอดีน (Correction factor) เท่ากับ 1.1625

ที่ 500 ^{0}C

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0040)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 903.04 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ 600 ^{0}C

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0036)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 917.80 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ 700 ^{0}C

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0025)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 906.98 มิลลิกรัม/ลิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.ผลของเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น

ค่า Absorbance ที่เวลาต่างๆ

เวลา (ชั่วโมง)	ค่า Absorbance	ความเข้มข้นของ I_2 (นอร์มอล)
1	0.034	0.0024
1.5	0.016	0.0009
3	0.026	0.0018

การคำนวณ : ค่าการดูดซับไอโอดีน

เลือกใช้ค่าแก้ไขการดูดซับไอโอดีน (Correction factor) เท่ากับ 1.1625

ที่ 1 ชั่วโมง

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0024)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 918.78 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ 1.5 ชั่วโมง

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0009)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 933.54 มิลลิกรัม/ลิตร

ที่ 3 ชั่วโมง

ค่าการดูดซับไอโอดีน = [(0.0958 - 0.0018)/1.5] x [12693 x 1.1625]

= 924.69 มิลลิกรัม/ลิตร

หมายเหตุ : ค่าพื้นที่ผิวจำเพาะเฉลี่ยของถ่านกัมมันต์ที่ได้จากชานอ้อย ซึ่งวิเคราะห์โดยวิธี BET เท่ากับ 884.91 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งจะแสดงไว้ในหน้าถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ate: 03/15/2002

Quantachrome Corporation
Quantachrome Autosorb Automated Gas Sorption System Report
Autosorb for Windows® Version 1.19

ample ID	May ERC				
escription	BET 7 Points				
omments					
ample Weight	0.0123 g				
dsorbate	NITROGEN	Outgas Temp	150.0 °C	Operator	Oat
ross-Sec Area	16.2 Å²/molecule	Outgas Time	5.0 hrs	Analysis Time	77.7 min
onIdeality	6.580E-05	P/Po Toler	3	End of Run	03/15/2002 17:01
olecular Wt	28.0134 g/mol	Equil Time	3	File Name	450315_4.RAW
tation #	1	Bath Temp.	77.00		

A —●— BF ——

BET Plot

1/[W((Po/P)-1)]

1.2785
1.1439
1.0093
0.8747
0.7400
0.6054
0.4708
0.3362
0.2016
0.0670
-0.0676

0.0000 0.0326 0.0653 0.0979 0.1305 0.1632 0.1958 0.2284 0.2611 0.2937 0.3263

Relative Pressure, P/Po

Area 884.91 (m²/g)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

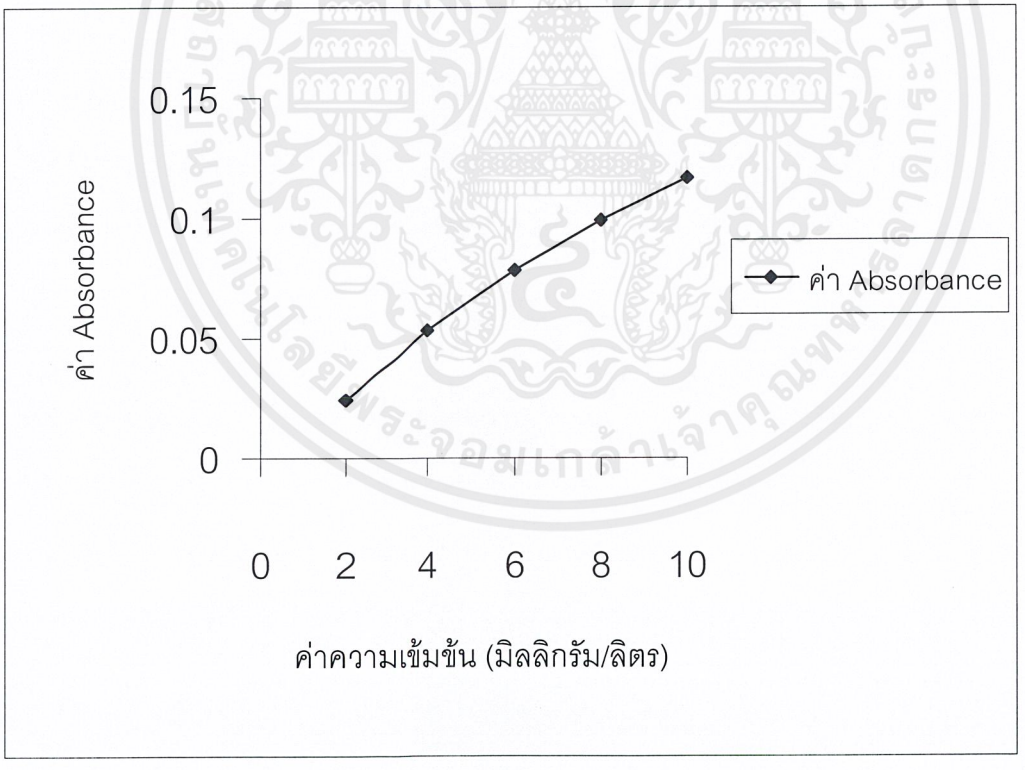
ข.3 การดูดซับโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์

1. การทำกราฟมาตรฐานสารละลายโครเมียมประจุ+6

ค่า Absorbance ของกราฟมาตรฐานสารละลายโครเมียมประจุ+6

ความเข้มข้นของโครเมียม (มก./ล.)	ค่า Absorbance
2	0.024
4	0.053
6	0.078
8	0.099
10	0.117

กราฟมาตรฐานสารละลายโครเมียมประจุ+6



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.ผลของพีเอช

ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่าง 10 เท่า วิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่เหลืออยู่ด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์บชัน สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ค่าพีเอช	ค่า Absorbance	ความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (มก./ล.)
< 2	0.016	1.149
3	0.040	2.864
5	0.031	2.247
7	0.023	1.677
9	0.048	3.423
11	0.027	1.930

3. ผลของความเข้มข้นเริ่มต้น

ทำการเจือจางสารละลายตัวอย่าง 10 เท่า วิเคราะห์หาปริมาณโครเมียมที่เหลืออยู่ด้วยเครื่องอะตอมมิคแอบซอร์บชัน สเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ความเข้มข้นเริ่มต้นของโครเมียม (มก./ล.)	ค่า Absorbance	ความเข้มข้นของโครเมียมที่เหลืออยู่ (มก./ล.)
25	0.013	0.966
40	0.016	1.149
60	0.025	1.808
75	0.041	2.916

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้