



รายงานการวิจัย

การดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้
จากการผลิตใบจากมวนยาสูบ

Adsorption of Activated Carbon from Nypa Palm Cigarette
Manufacturing Waste

สุนันทา ช้องสาย Sunanta Khongsai

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย
งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี พ.ศ. 2561

การดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตไบจากมวนยาสูบ

สุนันทา ช้องสาย^{1*}

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์ของต้นจากเพื่อผลิตไบจากมวนยาสูบหรือกิจกรรมอื่นๆ ทำให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งปริมาณมากและก่อให้เกิดปัญหาการจัดการซากต้นจากหรือวัสดุเหลือทิ้ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ และศึกษาความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเศษก้านจากและเศษหางจาก โดยทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที พบว่าผงถ่านตัวอย่างที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และผงถ่านจากเศษหางจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที เมื่อทำการกระตุ้นด้วยซิงค์(II) คลอไรด์ใน อัตราส่วน 1 : 1 ที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90 และ 120 นาที พบว่าถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษหางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที มีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 730.79 ± 85.81 และ 474.05 ± 2.78 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ โดยมีปริมาณความชื้น $0.27 \pm 0.01\%$ (wt) และ $0.28 \pm 0.03\%$ (wt) ตามลำดับ ปริมาณเถ้า $0.74 \pm 0.04\%$ (wt) และ $0.67 \pm 0.05\%$ (wt) ตามลำดับ และถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากและถ่านกัมมันต์จากเศษหางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที สามารถดูดซับเมทธิลินบลูได้ดีที่สุด มีประสิทธิภาพการกำจัดเมทธิลินบลูคิดเป็นร้อยละ 2.34 ± 0.04 และ 2.61 ± 0.04 ตามลำดับ โดยมีปริมาณความชื้น 0.35 ± 0.04 และ $0.25 \pm 0.09\%$ (wt) ตามลำดับ ปริมาณเถ้า 0.97 ± 0.07 และ $0.86 \pm 0.07\%$ (wt) ตามลำดับ ดังนั้นการนำเศษก้านจากไปกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที เป็นสภาวะที่มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าการดูดซับไอโอดีนมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีร้อยละความชื้นน้อยกว่า 8 ตามมาตรฐานของ มอก.900 – 2547

คำสำคัญ: ไบจากมวนยาสูบ, ถ่านกัมมันต์, การดูดซับ

¹สาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ, คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

Adsorption of Activated Carbon from Nypa Palm Cigarette Manufacturing Waste

Sunanta Khongsai^{1*}

Abstract

The use of Nypa Palm for Nypa Palm 's leaf curing process or other activities get resulting in a large amount of waste and causing problems in the management of the remains from or waste. The propose of this research to produce activated carbon and study adsorption abilities of activated carbon from stalk waste and stick waste. The carbonization process was determined by heat at temperature of 300, 400 and 500°C for 30, 60, 90, 120 and 150 minutes. The results showed that the optimum carbonization of stalk waste charcoal at 400°C for 150 minutes and stick waste charcoal at 500°C for 90 minutes were given the highest iodine adsorption capacity. The activation process was prepared by using the ratio of sample to Zinc(II) Chloride 1:1 and then heat at 500, 600 and 700 °C for 60, 90 and 120 minutes. The results showed that the optimum activation of activated carbon from stalk waste at 500°C for 90 minutes and activated carbon from stick waste at 500°C for 120 minutes were given the highest iodine adsorption capacity with iodine number of 730.79 ± 85.81 and 474.05 ± 2.78 mg/g respectively, the moisture content of 0.27 ± 0.01 and 0.28 ± 0.03 (wt) respectively and the ash content of 0.74 ± 0.04 and 0.67 ± 0.05 (wt) respectively. All of activated carbon from stalk waste and stick waste at 500°C for 60 minutes were given the highest methylene blue adsorption capacity with percentage of 2.34 ± 0.04 and 2.61 ± 0.04 respectively, the moisture content of 0.35 ± 0.04 and 0.25 ± 0.09 (wt) respectively and the ash content of 0.97 ± 0.07 and 0.86 ± 0.07 (wt) respectively. Therefore, the activated carbon obtained from stalk waste at 500 °C for 90 minutes showed good qualities for use as an activated carbon because iodine numbers are higher than 600 mg/g and the moisture content is less than 8%, values considered by the Thai Industrial Standards Institute, TISI.900 – 2004.

Keywords: Nypa Palm Cigarette, Activated carbon, Adsorption

¹ Department of Physical Science, Faculty of Science and Fisheries Technology, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Trang Campus.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย งบประมาณเงินรายได้ ประจำปี 2561 เป็นงานวิจัยพื้นฐานเพื่อให้เกิดองค์ความรู้ใหม่ในการประเมินความเป็นไปได้ที่จะพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประโยชน์ ตลอดจนผลการวิจัยสามารถใช้เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการนำวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรพัฒนาเป็นวัสดุดูดซับที่มีความปลอดภัย

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัยที่ได้ให้การสนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ขอขอบคุณสาขาวิทยาศาสตร์กายภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง ที่ให้ความสะดวกในการใช้อุปกรณ์และเครื่องมือวิเคราะห์ ตลอดจนสถานที่ในการตรวจวิเคราะห์ตัวอย่าง ขอขอบคุณชุมชนย่านชื่อ อำเภอกันตัง จังหวัดตรัง ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างทดลอง ตลอดจนครอบครัวและผองเพื่อนที่ให้ความห่วงใย เป็นกำลังใจให้เสมอมา ประโยชน์อันใดที่เกิดจากงานวิจัยนี้ย่อมเป็นผลมาจากความกรุณาของท่านและหน่วยงานดังกล่าว ผู้วิจัยจึงใคร่ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

สุนันทา ช้องสาย
กันยายน 2562



สารบัญ

เรื่อง	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย	1
1.2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย	2
1.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
1.4 วัตถุประสงค์	16
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	16
บทที่ 2 วิธีดำเนินงานวิจัย	17
2.1 วัสดุและอุปกรณ์	17
2.2 เครื่องมือ	17
2.3 สารเคมี	17
2.4 การเตรียมถ่านกัมมันต์และการวิเคราะห์	18
บทที่ 3 ผลการทดลองและการอภิปรายผล	21
บทที่ 4 สรุปผลและข้อเสนอแนะ	26
เอกสารอ้างอิง	28
ภาคผนวก ก พื้นที่ชุมชนที่มีการผลิตใบจากมวนยาสูบ	30
ภาคผนวก ข การเตรียมถ่านกัมมันต์	32
ภาคผนวก ค การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน	34
ภาคผนวก ง การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู	36

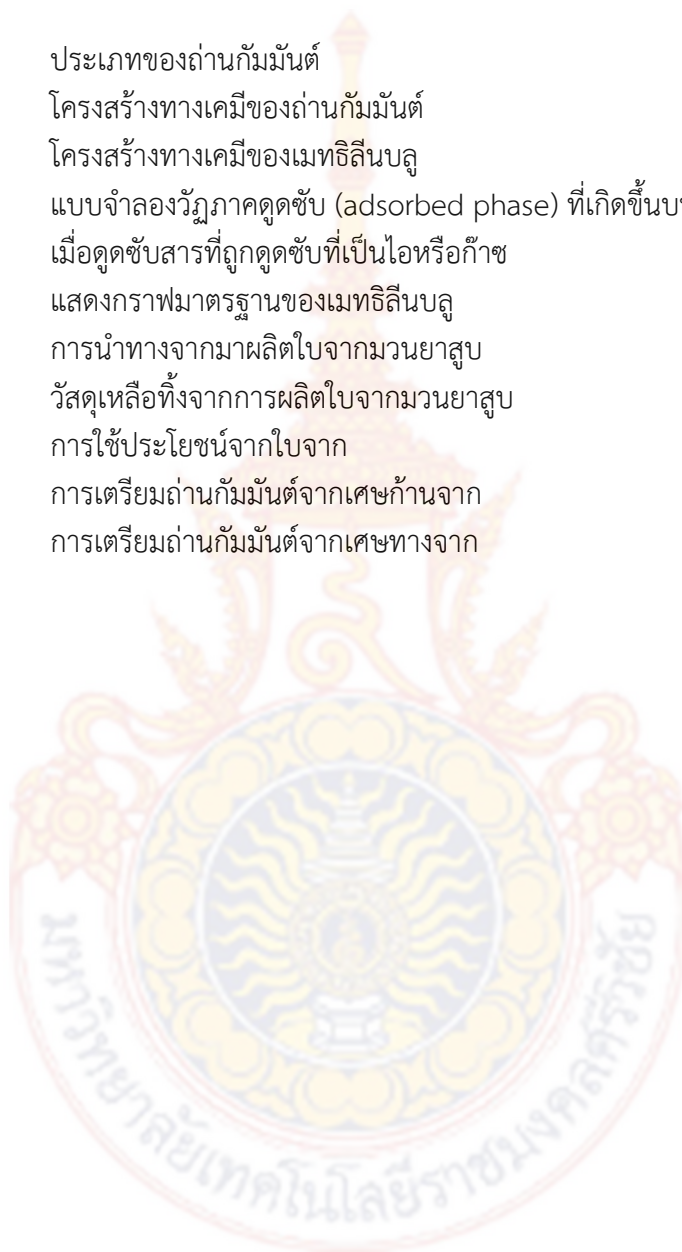
สารบัญตาราง

ตาราง		หน้า
ตารางที่ 3.1	แสดงค่าผลผลิตร้อยละและปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับของผงถ่านตัวอย่างจากกระบวนการคาร์บอนเซชัน	21
ตารางที่ 3.2	แสดงปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ (%wt)	22
ตารางที่ 3.3	แสดงปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ (%wt)	23
ตารางที่ 3.4	แสดงค่าปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับของถ่านกัมมันต์	23
ตารางที่ 3.5	แสดงค่าร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์	25



สารบัญภาพ

ภาพ		หน้า
ภาพที่ 1.1	ประเภทของถ่านกัมมันต์	3
ภาพที่ 1.2	โครงสร้างทางเคมีของถ่านกัมมันต์	5
ภาพที่ 1.3	โครงสร้างทางเคมีของเมทิลีนบลู	7
ภาพที่ 1.4	แบบจำลองวัฏภาคดูดซับ (adsorbed phase) ที่เกิดขึ้นบนผิวตัวดูดซับ เมื่อดูดซับสารที่ถูกดูดซับที่เป็นไอหรือก๊าซ	8
ภาพที่ 3.1	แสดงกราฟมาตรฐานของเมทิลีนบลู	24
ภาพผนวกที่ ก1	การนำทางจากมาผลิตไบจากมวนยาสูบ	30
ภาพผนวกที่ ก2	วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตไบจากมวนยาสูบ	30
ภาพผนวกที่ ก3	การใช้ประโยชน์จากไบจาก	31
ภาพผนวกที่ ข1	การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจาก	32
ภาพผนวกที่ ข2	การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเศษทางจาก	33



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของงานวิจัย

การดูดซับ (adsorption) เป็นกระบวนการหนึ่งที่ไม่ซับซ้อน มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดสารอินทรีย์ และสามารถปรับสภาพ (regeneration) ตัวดูดซับ (adsorbent) เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ได้ สำหรับตัวดูดซับที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย ได้แก่ ถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal หรือ activated carbon) คือ รูปแบบหนึ่งของธาตุคาร์บอน ที่นำมาผ่านการสังเคราะห์ทางเคมี ในกระบวนการผลิตโดยการกระตุ้นให้มีฤทธิ์เพิ่มขึ้น ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวสูง (ประมาณ 1,000 ตารางเมตรต่อกรัม) และสามารถสังเคราะห์ให้มีโครงสร้างรูพรุนที่มีการกระจายขนาดของรูพรุนที่เหมาะสมต่อการนำไปใช้งานด้านต่างๆ ได้อย่างกว้างขวาง ถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้ประโยชน์หลายอย่าง เช่น ใช้ฟอกหรือกรองอากาศในเครื่องปรับอากาศตามบ้านและสำนักงาน ใช้ผลิตกาแฟชนิดที่ไม่มีกาเฟอีน ใช้สกัดสีนแร่ เช่น แร่ทองคำ ใช้ในอุตสาหกรรมการผลิตน้ำดื่ม ใช้กักเก็บแก๊สธรรมชาติในอุตสาหกรรมด้านพลังงาน ใช้เป็นไส้กรองของหน้ากากนิรภัยเพื่อกรองแก๊สพิษ ใช้ในอุตสาหกรรมยา และใช้ในการดูดซับมลพิษในก๊าซและของเหลวเนื่องจากถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวสูงมีการกระจายตัวของรูพรุนสม่ำเสมอและเพียงพอต่อการดูดซับมลพิษ ลักษณะของถ่านกัมมันต์จะมีอนุภาคเล็กๆ หรือเป็นผงเม็ดเล็ก (granule) อนุภาคของผงถ่านกัมมันต์จะมีรูพรุนซึ่งมีขนาดเล็ก - ใหญ่ แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับว่าวัตถุประสงค์จะนำไปใช้กับอุตสาหกรรมประเภทใด วัสดุที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด วัสดุที่ใช้เป็นวัตถุดิบมักเป็นพวกอินทรีย์สารซึ่งประกอบด้วยคาร์บอนและไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ส่วนใหญ่มักเป็นพวกเซลลูโลสที่มาจากพืชและต้นไม้ ได้แก่ ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง ปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ตลอดเวลาทำให้ความสนใจในการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น กะลามะพร้าว แกลบ กะลามะพร้าว ชี้อ้อย ชังข้าวโพด และวัตถุดิบชีวมวลอื่นๆ กำลังเป็นที่สนใจ การเลือกวัตถุดิบสำหรับการผลิตตัวดูดซับโดยทั่วไปนั้นควรเป็นไปตามหลักเศรษฐศาสตร์ คือไม่ควรมีราคาสูง และสามารถนำกลับไปใช้ใหม่ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับชนิดของสารที่ถูกดูดซับ ระบบการดูดซับ และสภาวะของการทำงาน เป็นต้น ซึ่งกิจกรรมหนึ่งที่มีผู้วิจัยมีความสนใจคือการผลิตไบจาก ซึ่งเป็นการนำผลผลิตจากยอดจากมาแปรรูปเป็นไบจากใช้สำหรับมวนยาสูบ กรรมวิธีการบ่มไบจากเพื่อนำมาผลิตเป็นไบจากมวนยาสูบเป็นกระบวนการผลิตหนึ่งที่มีเศษวัสดุเหลือใช้ก่อให้เกิดมลภาวะให้แก่สิ่งแวดล้อม การผลิตไบจากมีกิจกรรมหลายขั้นตอน หลังเก็บเกี่ยวต้องผ่านกระบวนการบ่มเพื่อเปลี่ยนสภาพไบจากสดให้เป็นไบจากแห้งโดยใช้ถ่านหินลิกไนต์หรือกำมะถันเพื่อป้องกันและยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อรา เป็นต้น และเมื่อนำไปตัดแต่งเพื่อเตรียมใช้มวนยาสูบก็จะมีเศษของไบจากเหลือทิ้งจำนวนมากซึ่งกลายเป็นมลพิษในพื้นที่ จากการใช้ประโยชน์ของต้นจากเพื่อผลิตไบจากมวนยาสูบหรือกิจกรรมอื่นๆ ทำให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งปริมาณมาก ก่อให้เกิดปัญหาการจัดการซากต้นจากหรือวัสดุเหลือทิ้งเนื่องจากวัสดุที่เหลือจากการทำผลิตภัณฑ์ต่างๆ เป็นปัญหาที่สร้างมลภาวะให้กับชุมชน เกิดการนำวัสดุดังกล่าวเททิ้งใกล้บ้านเกิดการหมักหมม ก่อให้เกิดโรคติดต่อและน้ำเสียอีกทางหนึ่งด้วย ดังนั้นผู้วิจัยจึงเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากการผลิตไบจากเพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมด้วยวิธีทางเคมีเพื่อให้ได้โครงสร้างรูพรุนที่เหมาะสมสามารถนำไปดูดซับสารพิษ และลดปัญหาการจัดการซากเศษวัสดุที่เกิดกระบวนการผลิตไบจากมวนยาสูบ

1.2 ทฤษฎี สมมุติฐาน และกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย

ในปัจจุบันถ่านกัมมันต์สามารถนำไปผลิตสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ได้อย่างมากมาย ซึ่งในตลาดต่างประเทศทั่วโลกมีความต้องการอย่างสูง เนื่องจากนวัตกรรมในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้ที่ตลาดมีความต้องการเพิ่มขึ้น แล้วยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากด้วย (ธัญพิสิษฐ์, 2558)

ถ่านกัมมันต์ มีคุณสมบัติในการดูดซับได้ทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์เนื่องจากผิวของถ่านกัมมันต์มีรูพรุน และมีพื้นที่ผิวมาก (อยู่ในช่วง $300 - 500 \text{ m}^2/\text{s}$) จึงมีสมบัติในการดูดซับอนุภาคสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี (พีระพงษ์, 2552)

วัตถุดิบที่นำมาใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์ควรมีคุณสมบัติดังต่อไปนี้

- 1) เป็นของเหลือทิ้งหรือมีราคาถูก
- 2) มีปริมาณคาร์บอนสูง
- 3) มีปริมาณสารอินทรีย์ต่ำ
- 4) มีความสะดวกในการนำมาใช้งาน
- 5) สามารถผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ที่คุณภาพสูงได้

ชนิดของถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งได้ตามเกณฑ์ต่อไปนี้ (รุจิรา, 2556)

- 1) แบ่งตามชนิดของตัวกระตุ้น
 - การกระตุ้นทางเคมี (chemical activated carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการใช้สารเคมีทำปฏิกิริยาเคมีกับผิวคาร์บอนมักเป็นพวกที่มีรูพรุนขนาดใหญ่
 - การกระตุ้นทางฟิสิกส์ (physical activated carbon) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการใช้แก๊สเข้ามาเกี่ยวข้องคือแก๊สออกซิไดส์มักเป็นพวกที่มีรูพรุนขนาดเล็ก
- 2) แบ่งตามขนาดรูพรุนของผิวคาร์บอน
 - รูพรุนขนาดเล็ก (micropores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนไม่เกิน 15 นาโนเมตร มักใช้ในการดูดซับแก๊สหรือไอระเหย
 - รูพรุนขนาดกลาง (transitional or mesopores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีของรูพรุนประมาณ 15 - 100 นาโนเมตร มักใช้ในปฏิกิริยาที่ใช้เป็นตัวเร่งปฏิกิริยา
 - รูพรุนขนาดใหญ่ (macropores) คือ ถ่านกัมมันต์ที่มีรัศมีรูพรุนใหญ่กว่า 100 นาโนเมตร มักใช้ในการฟอกสีหรือผลิตยา
- 3) แบ่งตามความหนาแน่นของถ่านกัมมันต์
 - ความหนาแน่นต่ำ (น้อยกว่า 0.35 กรัมต่อมิลลิกรัม) ถ่านกัมมันต์ประเภทนี้มักใช้ในสถานะที่เป็นสารละลาย เช่น การฟอกสีน้ำตาลดิบ หรือการทำให้บริสุทธิ์ เป็นต้น
 - ความหนาแน่นสูง (มากกว่า 0.45 กรัมต่อมิลลิกรัม) ถ่านกัมมันต์ประเภทนี้มักใช้ดูดแก๊สพิษหรือไอระเหยให้อัตราการดูดซับที่สูง
- 4) แบ่งตามรูปร่างลักษณะ
 - ถ่านกัมมันต์แบบผง (Powder Activated Carbon, PAC) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ถูกนำมาบดจนสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 60 เมช ไม่น้อยกว่าร้อยละ 99 โดยน้ำหนักมีลักษณะเป็น

ผงโดยทั่วไปจะมีขนาด 0.15 - 0.25 มิลลิเมตร นิยมใช้ในการดูดซับสารในสถานะของเหลว เช่น การฟอกสี และดูดกลิ่นในของเหลว (ดังภาพที่ 1a)

- ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ดหรือเม็ด (Granular Activated Carbon, GAC) เป็นถ่านกัมมันต์ที่ทำจากวัตถุดิบที่เป็นเม็ดหรือเป็นถ่านกัมมันต์แบบผงแล้วมาเติมตัวประสานทำให้เป็นเม็ดสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 20 เมช ได้ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 85 และสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 40 เมช ได้ไม่เกินร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ดที่ใช้มานานจนประสิทธิภาพลดลงแล้วสามารถนำไปทำการฟื้นฟูสภาพเพื่อให้มีอำนาจการดูดซับที่ผิวมากขึ้นและนำกลับมาใช้งานใหม่ได้อีก (ดังภาพที่ 1b) ถ่านกัมมันต์แบบเกล็ดนิยมใช้ในการดูดซับก๊าซและไอระเหยโดยแบ่งเป็น 2 แบบ ได้แก่ (1) pellett activated carbon มีรูปร่างขึ้นอยู่กับการอัดผ่านเครื่องอัดใช้สำหรับทำแก๊สให้บริสุทธิ์ หรือการทำให้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วบริสุทธิ์และใช้ทำหน้าที่ปกป้องกันแก๊สและไอพิษต่างๆ (2) granular activated carbon มีรูปร่างไม่แน่นอน ใช้สำหรับทำแก๊สให้บริสุทธิ์หรือทำให้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วบริสุทธิ์

- ถ่านกัมมันต์แบบเป็นแท่ง (extruded) ใช้การดูดซับสารปนเปื้อนที่ต้องการอัตราการดูดซับสูงๆ ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ดและแบบขึ้นรูปเป็นแท่ง มีการใช้งานมากกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดผงเนื่องจากสามารถนำกลับมาใช้ใหม่ได้ (ดังภาพที่ 1c)



a) แบบผง

b) แบบเม็ด

c) แบบแท่ง

ภาพที่ 1.1 ประเภทของถ่านกัมมันต์
ที่มา : รุจิรา, 2556

การผลิตถ่านกัมมันต์มี 7 ขั้นตอน (ธัญพิสิษฐ์, 2558)

ขั้นตอนที่ 1 การหั่น – สับ – บด (crusher) เมื่อวัสดุเข้ากระบวนการก็จะมี การสับหยาบบดละเอียด เครื่องจักรก็มีหลายขนาดตั้งแต่ขนาดเล็กขนย้ายง่ายถึงขนาดใหญ่พันทันต่อวัน ขนาดของวัตถุดิบต้องได้มาตรฐาน การเลือกวัตถุดิบเพื่อผลิตผงคาร์บอนมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของคาร์บอนกัมมันต์ที่ต้องการผลิต จำหน่าย

ขั้นตอนที่ 2 การทำให้แห้ง (drier) ก่อนเผาถ่านคาร์บอน วัตถุดิบจะต้องมีความแห้งหมาดๆ ความชื้นไม่เกิน 17% หรือน้อยกว่า เนื่องจากพืชชีวมวลแต่ละชนิด มีปริมาณน้ำไม่เท่ากัน การแยกน้ำเป็นเรื่องสำคัญ เซลลูโลส เมื่อแยกน้ำออกแล้ว 6 ส่วน ก็จะเหลือคาร์บอน 6 ส่วน ด้วยเช่นกัน

ขั้นตอนที่ 3 เผาถ่าน (carbonization) เมื่อเผาถ่านในสภาพจำกัดอากาศออกซิเจนในความร้อนเกิน 400 - 450 องศาเซลเซียส สารประกอบอินทรีย์จะระเหยออกไปก็จะได้ถ่าน (charcoal) คุณภาพจะดีเพียงใดก็ขึ้นอยู่กับรูปแบบระบบการเผาถ่านนั้น

ขั้นตอนที่ 4 ผลิตกัมมันต์ (activation unit) ใช้ไอน้ำร้อน 800 - 1,000 องศาเซลเซียส โดยการเพิ่มพลังงานความร้อนที่ขึ้น (ป้องกันติดไฟ) ให้คาร์บอนปรับเปลี่ยนโครงสร้างผลึกโมเลกุลให้แข็งแกร่งทรงพลัง เชื้อเพลิงที่ใช้ คือ คาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) และ ไฮโดรเจน (H₂) รูปแบบคาร์บอนกัมมันต์ที่ใช้กัน โดยทั่วไป มี 3 แบบ คือ (1) ผงกัมมันต์ (powered AC) ใช้ในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันพืชสกัดน้ำมัน น้ำตาล ยารักษาโรค สารเคมี ยางรถยนต์ โครงสร้างอาคาร เหมืองแร่ บำบัดน้ำเสีย และการกรองน้ำ (2) เม็ดกัมมันต์ (granular AC) ใช้ในด้านการกรองอากาศเสีย อุตสาหกรรมสารเคมีและเวชภัณฑ์ยานยนต์ พลังงานความร้อน และการกลั่นแยกก๊าซธรรมชาติและ (3) แท่งกัมมันต์ (pellet AC) ใช้ในด้านการกำจัดสารเคมีที่มีพิษ ตัวเร่งปฏิกิริยาต่าง

ขั้นตอนที่ 5 บดผงกัมมันต์ (crusher) เมื่อลูกค้าต้องการใช้แบบผง ก็จะต้องมีเครื่องจักรในการบดผงกัมมันต์ให้ละเอียด ปกติผงคาร์บอนจะมีความแข็งแกร่งมาก ไม่สลายตัว อยู่ได้หลายพันปี

ขั้นตอนที่ 6 ปีบอัดเม็ด (tumbling) เมื่อลูกค้าต้องการในรูปแบบเม็ดเล็กๆ ในขนาดที่เป็นมาตรฐาน

ขั้นตอนที่ 7 บรรจุภัณฑ์ (packaging) ใช้บรรจุกระสอบเล็กและกระสอบใหญ่ ตามความต้องการ

ถ่านกัมมันต์มีโครงสร้างใกล้เคียงกับแกรไฟต์ แต่มีการจัดเรียงตัวแบบเป็นระเบียบน้อยกว่า ผลึกแกรไฟต์ ประกอบด้วยชั้นคาร์บอนอะตอมในรูปของวงเบนซินหรือกลุ่มของคาร์บอนอะตอมที่มีโครงสร้างคล้ายรูปหกเหลี่ยม นั่นคือ แต่ละอะตอมก็มีพันธะเดี่ยวอีก 3 อะตอม ในลักษณะสมมาตรกัน อิเล็กตรอนในการเกิดพันธะนี้เป็นแบบซิกมาอิเล็กตรอน อิเล็กตรอนที่เหลืออีกหนึ่งเป็นไพอิเล็กตรอนเพื่อทำให้โครงสร้างเสถียรยิ่งขึ้น

รูพรุนของถ่านกัมมันต์นั้นสามารถจำแนกตามได้ขนาดรัศมีของรูพรุน คือ

1) แมโครพอร์ (macropores) รัศมีของรูพรุนมากกว่าหรือเท่ากับ 100 - 200 นาโนเมตร ปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.2 - 0.8 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวไม่เกิน 0.5 ตารางเมตรต่อกรัม ซึ่งน้อยมากเมื่อเทียบกับรูพรุนประเภทอื่น ดังนั้นแมโครพอร์จึงไม่ค่อยมีความสำคัญในการดูดซับเป็นเพียงทางส่งผ่านอนุภาคเข้าไปในรูพรุนที่เล็กกว่า

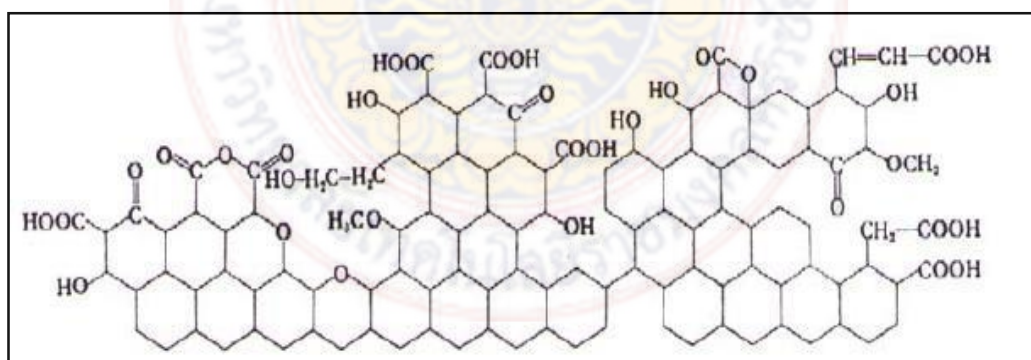
2) เมโซพอร์ (mesopores) หรือทรานซิชันนัลพอร์ (transitional pores) ขนาดรัศมีอยู่ระหว่าง 1.5 - 100 นาโนเมตร ปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.1 - 0.5 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิว 20 - 100 ตารางเมตรต่อกรัม ตัวอย่างสารดูดซับที่มีขนาดของรูพรุนเป็นเมโซพอร์ ได้แก่ ซิลิกาเจล (silica gels) อะลูมินาเจล (alumina gels) ตัวเร่งปฏิกิริยาอะมิโนซิลิเกต (aminosilicate catalyst)

3) ไมโครพอร์ (micropores) ขนาดรัศมีรูพรุนน้อยกว่า 1.5 นาโนเมตร ปริมาตร 0.2 - 0.6 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม พื้นที่ผิวจำเพาะเป็นจำนวนมากหลายร้อยตารางเมตรต่อกรัม

บางครั้งถึง 1,500 ตารางเมตรต่อกรัม ไมโครพอร์มีความสำคัญที่สุดในการดูดซับเนื่องจากมีพื้นที่การดูดซับและพลังงานดูดซับ (adsorption energy) มากที่สุดทำให้การดูดซับเพิ่มมากขึ้นที่ความดันต่ำๆ รูพรุนขนาดเล็กมีความสัมพันธ์กับค่าพื้นที่ผิวจำเพาะซึ่งเชื่อมั่นว่าปริมาณของรูพรุนแต่ละขนาดหรือที่เรียกกันว่า การกระจายตัวของรูพรุน (pore size distribution) จะขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบที่ใช้และวิธีการกระตุ้น

โครงสร้างของถ่านกัมมันต์ส่วนมากประกอบด้วยรูพรุนกระจัดกระจาย โครงสร้างที่มีทั้งแมคโครพอร์ เมโซพอร์ และไมโครพอร์เรียกว่า โครงสร้างผสม (mixed structure type) พบว่าแมคโครพอร์เป็นเพียงทางเปิดสู่ผิวภายนอกอนุภาคโดยมีเมโซพอร์เป็นกิ่งออกมาจากไมโครพอร์อีกที่หนึ่ง โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์เกรดการค้าจะมีรูพรุนขนาดกลางประมาณ 200 - 300 ตารางเมตรต่อกรัม สำหรับรูพรุนขนาดเล็กซึ่งมีผลต่อความจุในการดูดซับจะมีประมาณร้อยละ 90 - 95 ของพื้นที่ผิวทั้งหมด นอกจากนี้ยังพบว่าความจุในการดูดซับยังขึ้นกับลักษณะและธรรมชาติของผิวด้วย กล่าวคือ ถ้าบริเวณผิวของถ่านกัมมันต์เป็นเพียงระนาบพื้นฐาน (basal planes) ซึ่งไม่มีหมู่ฟังก์ชันนอลอื่นๆ การดูดซับจะเกิดจากแรงแวนเดอร์วาลส์หรืออาจเกิดจากไฟอิลิกตรอน แรงยึดเหนี่ยวทั้งสองเป็นแรงที่ค่อนข้างอ่อนแม้ว่าจะดูดซับได้แต่มีโอกาที่จะหลุดออกได้ง่าย แต่ถ้าเป็นผิวบริเวณที่มีหมู่ฟังก์ชันนอลการดูดซับจะเกิดจากแรงที่แข็งแรงกว่าโอกาสที่โมเลกุลของสารถูกดูดซับจะหลุดออกจึงมีน้อยกว่า

พื้นผิวของถ่านกัมมันต์จะมีอะตอมที่สามารถเกิดพันธะเคมีกับอะตอมอื่นๆ ได้ เช่นอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจนในกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ทั้งในกระบวนการคาร์บอนเซชันและการกระตุ้นจะทำให้ธาตุเหล่านี้เปลี่ยนแปลงไป การที่มีอะตอมของออกซิเจนและไฮโดรเจนนี้ส่งผลอย่างมากต่อคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ เนื่องจากอะตอมเหล่านี้เมื่อรวมตัวกับอะตอมของคาร์บอนโดยเกิดพันธะเคมีจะเกิดเป็นหมู่ฟังก์ชันนอล (functional groups) หมู่ฟังก์ชันนอลที่พบบนผิวถ่านกัมมันต์บ่อยๆ ได้แก่ หมู่ฟังก์ชันนอลที่เป็นกรด เช่น หมู่ carboxyl, phenolic hydroxyl, quinonoid, normal lactone, fluorescein-type lactone และ carboxylic acid anhydride เป็นต้น



ภาพที่ 1.2 โครงสร้างทางเคมีของถ่านกัมมันต์

ที่มา : รุจิรา, 2556

ในการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้งานจำเป็นต้องพิจารณาเลือกชนิดของถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการใช้งานแต่ละประเภทโดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์คุณสมบัติที่สำคัญได้แก่

1) คุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่

- ความหนาแน่น (density) เป็นการทดสอบหาน้ำหนักของถ่านกัมมันต์ต่อหน่วยปริมาตรโดยปริมาตร ในที่นี้หมายถึงปริมาตรของช่องว่างระหว่างอนุภาคปริมาตรของรูพรุนของถ่านกัมมันต์และปริมาตรของเนื้อถ่านกัมมันต์ ดังนั้นค่านี้จึงขึ้นกับขนาดและความพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยทั่วไปถ่านกัมมันต์เกรดการค้าจะมีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรอยู่ระหว่าง 0.3 - 0.5 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ในการวิเคราะห์ที่กำหนดให้ขนาดของอนุภาคคงที่พบว่าถ่านกัมมันต์ที่มีความหนาแน่นเชิงปริมาตรต่ำจะมีปริมาณรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมาก และยังพบว่าค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรยังขึ้นอยู่กับความชื้นของอนุภาคด้วย คืออนุภาคที่มีค่าความชื้นสูงจะมีค่าความหนาแน่นเชิงปริมาตรลดลง

- พื้นที่ผิวจำเพาะ (specific surface area) เป็นค่ามาตรฐานที่นิยมใช้เพื่อแสดงคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์เนื่องจากสามารถทดสอบเปรียบเทียบได้กับถ่านกัมมันต์ทุกชนิด ค่าพื้นที่ผิวที่มีในการรายงานคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ส่วนใหญ่จะใช้วิธีการของบีอีที (BET) โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนเป็นก๊าซในการดูดซับ ใช้เครื่องทดสอบพื้นที่ผิวเป็นเครื่องวิเคราะห์ โดยปกติถ่านกัมมันต์สามารถมีพื้นที่ผิวตั้งแต่ 600 - 2,500 ตารางเมตรต่อกรัม

2) คุณสมบัติทางเคมี

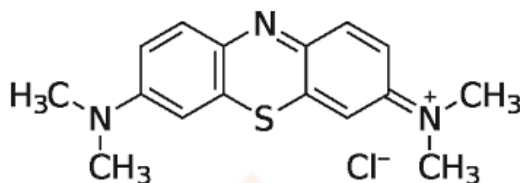
โดยการทดสอบกลุ่มฟังก์ชันบนผิวถ่านกัมมันต์ (functional group) เป็นการทดสอบหาลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์เพื่อนำมาพิจารณาถึงความเหมาะสมในการใช้งานเนื่องจากกลุ่มฟังก์ชันบนผิวถ่านกัมมันต์มีลักษณะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและสภาวะในการกระตุ้น การนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ไปใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดจึงต้องคำนึงถึงกลุ่มฟังก์ชันบนผิวถ่านกัมมันต์ที่สำคัญ

3) คุณสมบัติในการดูดซับ

หาได้จากไอโซเทอมการดูดซับของของเหลวบนถ่านกัมมันต์เมื่อนำไปดูดซับของเหลว ตัวอย่างของคุณสมบัติในการดูดซับคือ

- การดูดซับไอโอดีน เป็นวิธีที่ง่ายในการหาพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์โดยเป็นการหาจำนวนมิลลิกรัมของสารละลายไอโอดีนที่ถูกดูดซับ โดยใช้ถ่านกัมมันต์ 1 กรัม ที่จุดซึ่งความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีนที่เหลือเท่ากับ 0.02 นอร์มัล หรือความเข้มข้นที่เหลืออาจมีค่าแตกต่างจาก 0.02 นอร์มัล ได้โดยให้อยู่ในช่วง 0.007 - 0.03 นอร์มัล โมเลกุลของไอโอดีนมีขนาดเท่ากับ 0.54 นาโนเมตร

- การดูดซับเมทิลีนบลู ค่าการดูดซับเมทิลีนบลูจะสามารถบอกค่าการดูดซับของถ่านกัมมันต์ได้สำหรับโมเลกุลที่ถูกดูดซับที่มีขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุลของเมทิลีนบลูซึ่งจะมีค่าอยู่ในช่วงของรูพรุนแบบเมโซพอร์ คือจะมีขนาดใหญ่กว่า 1.5 นาโนเมตร เนื่องจากเมทิลีนบลูมีขนาดรัศมีโมเลกุลเท่ากับ 1.6 นาโนเมตร



ภาพที่ 1.3 โครงสร้างทางเคมีของเมทิลีนบลู

4) คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ ได้แก่

- ปริมาณสารระเหย (volatile matter) เป็นค่ามาตรฐานที่ใช้กำหนดค่าสารระเหยที่อยู่ในถ่านหินและโค้ก โดยนำมาประยุกต์ใช้กับถ่านกัมมันต์ โดยนำตัวอย่างมาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 0.1 นาโนเมตร จากนั้นนำไปให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 950 ± 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลาประมาณ 7 นาที ค่าของปริมาณสารระเหยจะเป็นมวลที่หายไปอันเกิดจากการให้ความร้อนที่สภาวะดังกล่าว

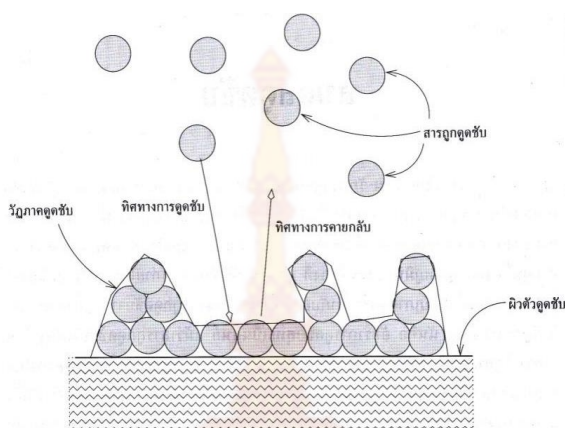
- ปริมาณความชื้น (moisture content) เป็นการหาปริมาณน้ำที่มีในถ่านกัมมันต์ โดยการอบให้แห้งในเตาอบทำการวิเคราะห์โดยบดถ่านกัมมันต์ นำไปทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนกว่าน้ำหนักจะคงที่ (ประมาณ 3 ชั่วโมง) โดยสามารถคำนวณปริมาณความชื้นได้จากน้ำหนักที่หายไป

- ปริมาณเถ้า (ash) ปริมาณเถ้าในถ่านกัมมันต์อาจมีค่าแตกต่างกันตามชนิดของวัตถุดิบ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงและเวลานาน ปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ก็จะเพิ่มขึ้นด้วยเถ้าโดยส่วนใหญ่ประกอบด้วยออกไซด์ของซิลิกอน นอกจากนี้จะเป็นสารประกอบพวกซัลเฟตคาร์บอนเนตและสารประกอบอื่นๆ ของเหล็ก อะลูมิเนียม แคลเซียม โซเดียม โพแทสเซียม แมกนีเซียม และโลหะอื่นๆ ซึ่งจะมีสารประกอบเหล่านี้อยู่ในปริมาณเท่าใดนั้นขึ้นกับชนิดของวัตถุดิบ

การดูดซับ เป็นการเคลื่อนย้ายมวลสาร (mass transfer) มาสะสม (accumulation) ที่ผิวหน้าหรือระหว่างผิวโดยให้สารละลายที่มีตัวถูกดูดซับ (adsorbate) ไหลสัมผัสกับของแข็งที่เป็นตัวดูดซับ (adsorbent) องค์ประกอบแต่ละชนิดของสารละลายจะมีความสามารถในการกระจายที่ผิว และเกิดแรงดึงดูดกับตัวดูดซับได้ต่างกันขึ้นอยู่กับลักษณะโครงสร้างพื้นที่ผิวและรูพรุนของตัวดูดซับ ประกอบกับความสามารถในการละลายของตัวถูกละลายและความชอบของตัวถูกละลายที่มีต่อตัวดูดซับ (specific affinity) แต่การดูดซับไม่รวมถึงขบวนการตกตะกอนที่พื้นผิว (surface precipitation process) หรือขบวนการโพลิเมอร์ไรเซชัน (polymerization process) ซึ่งหากไม่สามารถระบุได้ชัดเจนว่ากลไกที่ทำให้ความเข้มข้นของตัวถูกดูดซับในสารละลายเกิดจากการดูดซับหรือการตกตะกอนที่พื้นผิวหรือขบวนการโพลิเมอร์ไรเซชันหรือขบวนการอื่นๆ ที่เกิดขึ้นที่ผิวแล้วโดยทั่วไปจะใช้คำว่า sorption

กลไกของกระบวนการดูดซับผิว (adsorption mechanism) เป็นการกักพวงสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กที่อยู่ในของเหลวให้อยู่บนผิวของสารอีกชั้นหนึ่งโดยสารละลายหรือสารแขวนลอยขนาดเล็กจะถูกดูดซับ การดูดซับที่ผิวนี้นี้จะเป็นการดูดซับแบบระหว่างสถานะ (phase) ต่างๆ ทั้งสามสถานะคือ ของเหลว ก๊าซ และ ของแข็งโดยมีได้ทั้งแบบก๊าซ - ของแข็ง และของเหลว - ของแข็ง ในการดูดซับที่ผิวโมเลกุลของสารละลายหรือสารแขวนลอยสามารถกำจัดออกจากตัวทำ

ละลายและไปเกาะติดอยู่บนตัวดูดซับ โมเลกุลของสารส่วนใหญ่จะจับอยู่กับผิวภายในโพรงของตัวดูดซับและมีเพียงส่วนน้อยเท่านั้นที่ติดอยู่ที่ผิวภายนอก



ภาพที่ 1.4 แบบจำลองวัฏภาคดูดซับ (adsorbed phase) ที่เกิดขึ้นบนผิวตัวดูดซับเมื่อดูดซับสารที่ถูกดูดซับที่เป็นไอหรือก๊าซ
ที่มา : รุจิรา, 2556

การถ่ายเทโมเลกุลจากสารละลายไปหาตัวดูดซับเกิดขึ้นได้จนถึงสมดุลจึงหยุด ณ จุดสมดุล ความเข้มข้นของโมเลกุลในสารละลายเหลือน้อยเพราะโมเลกุลส่วนใหญ่เคลื่อนที่ไปเกาะจับอยู่กับตัวดูดซับโดยในการเกาะติดจะมีอยู่ 2 ชนิด คือการดูดซับทางกายภาพ และการดูดซับทางเคมี ปัจจัยสำคัญในการบอกชนิดของกระบวนการดูดซับพิจารณาจากแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของสารดูดซับ ถ้าแรงยึดเหนี่ยวเป็นแรงแวนเดอร์วาลส์เป็นการดูดซับทางกายภาพแต่ถ้าเป็นแรงยึดเหนี่ยวที่เกิดจากพันธะเคมีระหว่างโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับผิวของตัวดูดซับเป็นการดูดซับทางเคมี

ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ (ไชยยันต์ และคณะ, 2552) ได้แก่

1) พื้นที่ผิวและโครงสร้างรูพรุน วัสดุที่นำมาใช้เป็นสารดูดซับจะต้องมีพื้นที่ผิวเมื่อเทียบกับมวลที่สูง พื้นที่ผิวเป็นคุณสมบัติอย่างหนึ่งที่มีผลต่อความสามารถของโมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับ นั่นคือความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นมากขึ้นเมื่อพื้นที่ผิวของโมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับมากขึ้น นอกจากนี้ความพรุนยังมีส่วนช่วยในการดูดซับเพิ่มขึ้น โมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับด้วยพื้นที่ผิวเพิ่มขึ้นจากความพรุน หากโมเลกุลของสารที่ถูกดูดซับมีขนาดโมเลกุลที่เล็กกว่าขนาดรูพรุน

2) ขนาดของวัตถุ โมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับที่ไม่มีรูพรุน พื้นที่ผิวจะเพิ่มขึ้นเมื่อขนาดลดลง ทำให้ความสามารถในการดูดซับเพิ่มขึ้น แต่หากโมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับมีความพรุนมากๆ พื้นที่ผิวที่ใช้ในการดูดซับจะอยู่ในรูพรุน เพราะฉะนั้นความสามารถในการดูดซับจะไม่ขึ้นกับขนาดของวัตถุ

3) เคมีที่ผิวหน้า หมู่ฟังก์ชันที่ผิวโมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับจะมีผลกระทบต่อกระบวนการดูดซับ เช่น ถ้าโมเลกุลที่เป็นตัวดูดซับเป็นพวกออกไซด์และหมู่ฟังก์ชันที่เป็นกรดความสามารถในการดูดซับก็จะลดลง

4) ธรรมชาติของโมเลกุลที่เป็นสารที่ถูกดูดซับ / ความสามารถในการละลายของสารที่ถูกดูดซับ สารที่มีความสามารถในการละลายต่ำจะดูดซับได้ดีกว่าสารที่มีความสามารถในการละลายสูง เนื่องจากความแรงพันธะระหว่างตัวทำละลายและตัวถูกละลายมีค่าน้อย สารละลายแต่ละชนิดมีทั้งเป็น hydrophobic และ hydrophilic โดยส่วนที่เป็น hydrophobic จะถูกดูดซับด้วยสารดูดซับ ในขณะที่โมเลกุลของ hydrophilic จะหันไปเกาะด้านโมเลกุลน้ำแทน

5) น้ำหนักของโมเลกุลและขนาดของโมเลกุล โดยที่สารละลายที่มีจำนวนคาร์บอนเพิ่มขึ้น การดูดซับจะเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งพบได้จากการดูดซับกรดอินทรีย์โดยถ่านกัมมันต์ เช่น กรดฟอร์มิก กรดไพรูวอิก กรดบิวเทอริก นอกจากนี้ขนาดของโมเลกุลยังส่งผลกระทบต่อ การละลาย โดยสารที่มีโครงสร้างที่ยาวความสามารถในการละลายจะลดลง การดูดซับโดยสารดูดซับจึงมากกว่า

6) ความมีขั้วของตัวถูกละลายและตัวทำละลายโดยความสามารถในการดูดซับลดลง เพราะความมีขั้ว เนื่องจากสารที่มีขั้วมีความสามารถในการละลายมากกว่าสารที่ไม่มีขั้ว

7) ความสัมพันธ์ระหว่างขนาดของโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับขนาดของรูพรุน ถ้าขนาดของรูพรุนมีขนาดเล็กกว่าขนาดของสารที่ถูกดูดซับ โมเลกุลก็ไม่สามารถเข้าไปในรูพรุน การดูดซับโดยรูพรุนจึงไม่เกิดขึ้น

1.3 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Khu (2014) ได้ศึกษาถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากแกลบโดยการกระตุ้นด้วย NaOH ที่อุณหภูมิระหว่าง 650 – 800 องศาเซลเซียส พบว่าถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นที่อุณหภูมิสูงจะมีพื้นที่ผิวมาก มีรูพรุนมาก สามารถใช้เป็นตัวเก็บประจุยิ่งยวดได้

สุโรชินี (2545) ได้ศึกษาการนำกะลาปาล์มมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์(II) คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ความเข้มข้น 7.3 โมลาร์ โดยมีตัวแปรในการศึกษา คือ อัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างสารละลายซิงค์ (II) คลอไรด์ และกะลาปาล์ม อุณหภูมิและเวลาในการกระตุ้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมคือความเข้มข้นของสารละลายซิงค์ (II) คลอไรด์ต่อกะลาปาล์มเป็น 3:1 (น้ำหนัก : น้ำหนัก) ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส นาน 120 นาที เมื่อนำไปวิเคราะห์ค่าร้อยละของผลผลิต พบว่ามีค่าผลผลิตร้อยละ 49.18 ค่าพื้นที่ผิว 2,168 ตารางเมตรต่อกรัม และค่าการดูดซับไอโอดีน 1,565 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการศึกษาการกระจายของรูพรุน พบว่าขนาดของรูพรุนอยู่ในช่วง 2 – 10 นาโนเมตร และมีการกระจายตัวอย่างสม่ำเสมอ ถ่านกัมมันต์ที่ได้ถูกนำไปทดสอบการดูดซับตัวทำละลายอินทรีย์เพื่อศึกษาความชอบในการดูดซับ การศึกษาด้วยเทคนิคการวิเคราะห์การหลุดออกด้วยความร้อน พบว่าถ่านกัมมันต์มีความสามารถดูดซับตัวทำละลายที่ไม่มีขั้วได้ดีกว่าตัวทำละลายที่มีขั้ว สามารถดูดซับโพลีอินได้ดีพอๆ กับเฮกเซนและดีกว่าเมทานอล

ณรงค์ศักดิ์ และคณะ (2546) ได้ศึกษาสมบัติและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยการนำกะลามะพร้าวที่ผ่านการเผาแล้วมาทำคาร์บอนที่อุณหภูมิ 600 - 700 องศาเซลเซียส จากนั้นนำมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณความหนาแน่นเชิงปริมาณ และศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับสีของสารละลาย 3 ชนิด คือ ไอโอดีน เมทิลีนบลู และเมธิลออเรนจ์ โดยการนำถ่านแช่ในสารละลายทั้ง 3 ชนิด ในเวลาที่ต่างกัน แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงโดยใช้เทคนิคอัลตราไวโอเล็ตสเปกโตรโฟโตมิเตอร์และเปรียบเทียบการดูดซับสีถ่านธรรมชาติ

พบว่าถ่านกัมมันต์จะดูดซับสีได้ดีในชนิดผงและจะดูดซับไอโอดีนดีที่สุด รองลงมาคือเมทธิลีนบลู และ เมธิลออเรนจ์ ตามลำดับ

ทิวา (2548) ได้ศึกษาเกี่ยวกับการผลิตถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ โดยกระตุ้นด้วยสารละลาย ซิงค์ (II) คลอไรด์ ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 60 ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการแปรผันอุณหภูมิและระยะเวลาในการเผากระตุ้น ทดสอบประสิทธิภาพของ ถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตได้จากการดูดซับของแข็งแขวนลอย การฟอกสีเมทธิลีนบลู การดูดซับไอโอดีน การหาพื้นที่ผิว จำเพาะและการดูดซับปริมาณเหล็กทั้งหมด ตลอดจนการหาหมู่ฟังก์ชันที่สำคัญของถ่านกัมมันต์ที่ผลิต พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเผากระตุ้นกากกาแฟให้เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพคือที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง ซึ่งมีเปอร์เซ็นต์ผลผลิตเท่ากับ 33.69 การทดสอบ ประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์พบว่า ถ่านกัมมันต์ไม่สามารถดูดซับของแข็งแขวนลอย แต่สามารถฟอก สีเมทธิลีนบลูได้ถึงร้อยละ 98 ดูดซับไอโอดีนได้ 654.80 มิลลิกรัมต่อกรัมของถ่าน พื้นที่ผิวจำเพาะ เท่ากับ 679.31 ตารางเมตรต่อกรัมของถ่าน ดูดซับปริมาณเหล็กทั้งหมดเท่ากับ 57.12 มิลลิกรัมต่อ ลิตรของเหล็กได้ในปริมาณถ่าน 1 กรัม

ภควดี (2548) ได้ศึกษาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร ได้แก่ เปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน ชั่งข้าวโพด และแกลบ โดยการหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียม ถ่านและถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์แล้วนำไปหาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์ที่ เตรียมได้ จากการทดลองพบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผาถ่านคือ 450 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ส่วนการเตรียมถ่านกัมมันต์เตรียมโดยแช่ถ่านในสารละลายซิงค์ (II) คลอไรด์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปเผาที่ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ถ่านที่เตรียมได้มีพื้นที่ผิวในช่วง 151 - 208 ตารางเมตรต่อกรัมของถ่าน ส่วนถ่านกัมมันต์มีพื้นที่ผิวอยู่ในช่วง 166 - 222 ตารางเมตรต่อกรัม ของถ่าน ซึ่งหาได้จากการใช้สมการของ Langmuir isotherm นอกจากนี้ผลการนำถ่านและถ่านกัมมันต์ไปกำจัดตะกั่วจากน้ำทิ้ง พบว่าถ่านมีแนวโน้มในการกำจัดโลหะหนักตะกั่วได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ ยกเว้นถ่านจากแกลบโดยที่ถ่านจากเปลือกมังคุด เปลือกทุเรียน ชั่งข้าวโพด และแกลบสามารถกำจัด ตะกั่วได้ร้อยละ 54.3, 72.7, 78.5 และ 36.8 ตามลำดับ ขณะที่ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด เปลือก ทุเรียน ชั่งข้าวโพด และแกลบสามารถกำจัดตะกั่วได้ร้อยละ 33.3, 38.1, 42.8 และ 50.8 ตามลำดับ

กำชัย และสมร (2550) ได้ศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์ จากเศษไม้ไผ่ ผลการศึกษาด้าน proximate analysis พบว่าเศษไม้ไผ่ที่ใช้เป็นวัตถุดิบมีปริมาณ คาร์บอนคงที่ร้อยละ 21.42 ปริมาณความชื้นร้อยละ 2.44 ปริมาณสารระเหยร้อยละ 69.63 และ ปริมาณเถ้าร้อยละ 6.51 เมื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติด้าน ultimate analysis พบว่าเศษไม้ไผ่ที่ใช้ เป็นวัตถุดิบมีปริมาณคาร์บอนคงที่ร้อยละ 45.525 ปริมาณไฮโดรเจนร้อยละ 4.605 ปริมาณไนโตรเจน ร้อยละ 0.622 และปริมาณธาตุอื่นๆ ร้อยละ 49.298 เศษไม้ไผ่ให้ค่าความร้อน 4,072.7 แคลอรีต่อ กรัม

เกตุศิริ (2552) ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะการกระตุ้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการ เตรียมถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟซึ่งได้แก่ปัจจัยดังต่อไปนี้ ชนิดของสารกระตุ้น อัตราส่วนระหว่างสาร กระตุ้นต่อวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นจะถูกนำไปตรวจสอบ สมบัติทางกายภาพ ซึ่งสามารถทำได้โดยวิเคราะห์การดูดซับที่สภาวะแก๊สและของเหลว ในการ

ทดสอบการดูดซับที่สถานะแก๊ส ทำโดยนำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นไปวัดพื้นที่ผิว ปริมาตรรูพรุนรวม และขนาดรูพรุนเฉลี่ยด้วยวิธี Nitrogen Adsorption Isotherm ที่อุณหภูมิ 77 เคลวิน ด้วยเครื่อง Autosorp (BEL MINISORP) คำนวณโดยใช้ สมการของ BET สำหรับการทดสอบการดูดซับที่สถานะของเหลว ทำโดยนำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นไปวัดค่าการดูดซับไอโอดีนโดยแสดงเป็นค่าไอโอดีนนัมเบอร์ในหน่วยมิลลิกรัมต่อกรัม จากการทดลองพบว่าสถานะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟ ได้แก่ การใช้ $ZnCl_2$ เป็นสารกระตุ้น อัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณกากกาแฟที่ใช้ คือ 3:1 อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น คือ $500\text{ }^{\circ}C$ และ 2 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่สถานะดังกล่าวได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงที่สุดเท่ากับ 926 มิลลิกรัมต่อกรัม พื้นที่ผิว – BET เท่ากับ 1,218.18 ตารางเมตรต่อกรัม และปริมาตรรูพรุนรวมเท่ากับ 0.86 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ส่วนไอโซเทอมของการดูดซับก๊าซไนโตรเจนมีลักษณะเป็นไอโซเทอมแบบ Type I นอกจากนี้ ได้ศึกษาและเปรียบเทียบสมบัติในการดูดซับพื้นที่ผิว โครงสร้าง รูพรุน และค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมขึ้นกับถ่านกัมมันต์ในทางการค้า อย่างไรก็ตามกากกาแฟมีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์มากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีร้อยละความชื้นน้อยกว่า 8 ตามมาตรฐานของ มอก.900 –2547

ไชยยันต์ และคณะ (2552) ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้การกระตุ้นทางเคมี ถูกแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอนคือการคาร์บอนไนเซชัน และการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้สารเคมี 2 ชนิดได้แก่ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และซิงค์(II) คลอไรด์เป็นสารกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นจากโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะมีเลขไอโอดีนสูงถึง 911.97 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีผลได้ที่ร้อยละ 70.5 ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นจากซิงค์ (II) คลอไรด์ จะมีเลขไอโอดีน 730.04 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีผลได้ที่ร้อยละ 73.44

พิระพงษ์ (2552) ได้ศึกษาหาสถานะที่เหมาะสมสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์จากวิธีการผลิต 2 วิธีและวัสดุที่แตกต่างกัน 3 ชนิดคือการผลิตโดยวิธีทางกายภาพโดยใช้ไอน้ำความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 400 – 600 องศาเซลเซียส และการผลิตโดยวิธีชุบด้วยซิงค์(II) คลอไรด์ที่อุณหภูมิ 400 - 600 องศาเซลเซียส โดยใช้เวลาในการคาร์บอนไนซ์ 3 ชั่วโมง ในวัสดุ 3 ชนิด ได้แก่ กะลามะพร้าว เปลือกทุเรียน และเปลือกมังคุด สถานะที่เหมาะสมในด้านต่างๆ คือ ด้านปริมาณความชื้น ถ่านที่ผลิตจากกะลามะพร้าวผลิตโดยวิธีไอน้ำความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด มีค่าเท่ากับร้อยละ 6.48 ด้านปริมาณความหนาแน่นเชิงปริมาณ พบว่าถ่านที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนโดยวิธีไอน้ำความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีความหนาแน่นน้อยที่สุดมีค่าเท่ากับ 0.458 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ด้านปริมาณเถ้า พบว่าถ่านที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนโดยวิธีไอน้ำความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าต่ำสุด เท่ากับร้อยละ 11.61 ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ พบว่าถ่านที่ผลิตจากเปลือกทุเรียนโดยวิธีไอน้ำความร้อนสูงที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 917.44

ภควดี (2553) ศึกษาสมบัติเกี่ยวกับพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกมังคุด (1 ชั้น) และเตรียมจากถ่านเปลือกมังคุด (2 ชั้น) โดยทำการเผาเปลือกมังคุดที่อุณหภูมิ $350\text{ }^{\circ}C$ ทำการกระตุ้นเปลือกมังคุดและถ่านด้วยสารละลายซิงค์(II) คลอไรด์ แล้วนำไปเผาที่อุณหภูมิ $600\text{ }^{\circ}C$ ศึกษาคุณลักษณะพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยเครื่อง SEM ทำการหาพื้นที่ผิวด้วยการดูดซับสารละลายเมทิลี

นบลูและแก๊สไนโตรเจน พบว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มีรูพรุนขนาด 1 – 2 ไมโครเมตร ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 1 ชั้นมีพื้นที่ผิวที่ได้จากการดูดซับสารละลายเมทิลีนบลู ($S(MB) = 417$ ตารางเมตรต่อกรัม) และแก๊สไนโตรเจน ($S(N_2) = 1,867$ ตารางเมตรต่อกรัม) สูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมแบบ 2 ชั้น ($S(MB) = 239$ ตารางเมตรต่อกรัม และ $S(N_2) = 1,024$ ตารางเมตรต่อกรัม)

ปัญญา (2555) ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวาง โดยถ่านคาร์บอนโซสามารถเตรียมได้จากการเผาลูกหูกวางที่ อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้โดยการกระตุ้นถ่านคาร์บอนโซด้วยกรดซัลฟูริก ด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เมื่อวิเคราะห์พื้นที่ผิวของการดูดซับในถ่านสังเคราะห์ทั้งสองชนิดด้วยเครื่องบลูเออร์เอลเมท เทลเลอร์ (Brunauer Emmett Teller, BET) และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (SEM) พบว่าผลที่ได้สอดคล้องกันคือพื้นที่ผิวและรูพรุนของถ่านคาร์บอนโซมีขนาดเล็กกว่าถ่านกัมมันต์ และได้ศึกษาผลของปริมาณตัวดูดซับ ขนาดของตัวดูดซับ ค่าความเป็นกรดต่าง อัตราเร็วรอบ และเวลาในการปั่นกววน ที่มีผลต่อประสิทธิภาพของการดูดซับ นอกจากนี้ได้ศึกษาหลักการดูดซับด้วยไอโซเทอร์มแบบแลงเมียร์และแบบฟรุนดิชของการดูดซับของสารละลายไอโอดีนจากกลไกการดูดซับไอโอดีน พบว่าค่า R^2 ของถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวางสอดคล้องกับไอโซเทอร์มฟรุนดิชซึ่งแสดงกลไกการดูดซับไอโอดีนเป็นแบบหลายชั้น ส่วนถ่านคาร์บอนโซและถ่านกัมมันต์การค้าจะมีค่า R^2 สอดคล้องกับไอโซเทอร์มแลงเมียร์ แสดงว่ากลไกการดูดซับไอโอดีนเป็นแบบชั้นเดียว

เนตร และคณะ (2555) ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านและถ่านกัมมันต์จากลำต้นเหง้า และ เปลือกของมันสำปะหลัง โดยศึกษาผลของอุณหภูมิในการผลิตถ่าน อุณหภูมิ และอัตราส่วนของถ่านต่อกรดฟอสฟอริกในการกระตุ้นให้เกิดกัมมันต์ ผลิตภัณฑ์ที่ได้นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ได้แก่ ความชื้น การดูดซับไอโอดีน และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง FTIR SEM และ XRD พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตถ่าน คือ 700 °C ซึ่งจากข้อมูล FTIR พบว่าหมู่ฟังก์ชันต่างๆ ได้สลายไปเกือบหมด และในการกระตุ้นถ่านให้เกิดกัมมันต์ ด้วย 85% H_3PO_4 ในอัตราส่วนถ่านต่อกรดฟอสฟอริกเท่ากับ 1:1 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร ที่อุณหภูมิ 700°C และ 800°C พบว่าถ่านกัมมันต์จากเหง้ามันสำปะหลังมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 6.23 และ 1.17 เลขไอโอดีนเท่ากับ 609.6 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 602.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมันสำปะหลังมีความชื้นเท่ากับร้อยละ 5.23 และ 6.64 เลขไอโอดีนเท่ากับ 910.2 มิลลิกรัมต่อกรัม และ 904.0 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และผลการตรวจสอบถ่านกัมมันต์ด้วย FTIR พบว่ามีหมู่ฟังก์ชันเจ็อบนน้อยกว่าถ่าน ส่วนผลการตรวจสอบพื้นผิวด้วย SEM พบว่าถ่านที่ยังไม่ได้กระตุ้นจะมีขนาดอนุภาคสม่ำเสมอ เกิดรูพรุนไม่มาก แต่หลังจากผ่านกระบวนการกระตุ้นด้วยกรดจะเกิดรูพรุนขนาดไมโครเพิ่มมากขึ้น และการตรวจสอบด้วย XRD ได้แสดงว่าถ่านกัมมันต์ที่ได้เป็นคาร์บอนอสัญฐานและมีส่วนประกอบฟอสเฟตบางส่วน

รุจิรา (2556) ได้ศึกษาการผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพด โดยการกระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) สารละลายโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และสารละลายซิงค์ (II) คลอไรด์ ($ZnCl_2$) ในสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้อัตราส่วนของน้ำหนักถ่านต่อปริมาตร ของสารละลายตัวกระตุ้นเท่ากับ 1 : 3 ทำการทดลองหาสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นถ่านกัมมันต์ ได้แก่ ตัวทำละลาย อุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์จากนั้นจึงวิเคราะห์

คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ได้แก่ เปอร์เซ็นต์เถ้า และความชื้น ค่าการดูดซับไอโอดีน ค่าการดูดซับฟีนอล ค่าการดูดซับเมทธิลีนบลู และค่าการดูดซับมีเทน จากผลการทดลอง พบว่าสภาวะการกระตุ้นที่เหมาะสมของการดูดซับไอโอดีน คือ 0.5 M $ZnCl_2$ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที สำหรับสภาวะการกระตุ้นที่เหมาะสมของการดูดซับเมทธิลีนบลูคือ 50% H_3PO_4 ที่อุณหภูมิห้อง เวลา 120 นาที มีค่าการดูดซับเมทธิลีนบลูสูงสุด ในการศึกษาการดูดซับฟีนอลพบว่า การกระตุ้นด้วย 0.1 M KOH ที่อุณหภูมิห้องเวลา 120 นาที มีค่าการดูดซับสูงการวิเคราะห์การดูดซับมีเทนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นทางเคมีนั้น พบว่าเวลาที่น้อยที่สุดที่การดูดซับเข้าสู่สมดุลคือ 60 นาที และสภาวะในการดูดซับมีเทนที่ดีที่สุดคือสภาวะการกระตุ้นด้วยความเข้มข้น 0.1 M KOH อุณหภูมิห้องเวลา 120 นาที ค่าการดูดซับมีเทน เท่ากับ 0.21 มิลลิกรัมต่อกรัม

อรดี และศศิธร (2557) ได้เตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกปูเพื่อใช้กำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอ พบว่าการคาร์บอนเซชันถ่านด้วยการเผาเปลือกปูที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และกระตุ้นถ่านคาร์บอนเซชันด้วยซิงค์คลอไรด์ ในอัตราส่วนน้ำหนักแห้งของถ่านต่อซิงค์คลอไรด์ 1:2 ที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที เป็นภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์ นอกจากนี้ได้ศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการดูดซับสีเมทธิลีนบลู ได้แก่ ปริมาณถ่านกัมมันต์ เวลาเข้าสู่สมดุล ความเป็นกรดต่าง และไอโซเทอมของการดูดซับ จากผลการทดลองพบว่า ปริมาณถ่านที่เหมาะสมในการดูดซับเท่ากับ 32 กรัมต่อลิตร เวลาในการดูดซับที่เหมาะสมเท่ากับ 150 นาที ความเป็นกรดต่างเท่ากับ 5.0 และไอโซเทอมของการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากเปลือกปูสอดคล้องกับไอโซเทอมของแลงเมียร์ และเมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปประยุกต์ใช้สำหรับการกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากโรงงานฟอกย้อม พบว่าสีย้อมในน้ำทิ้งตัวอย่างมีความเข้มข้นสีลดลงร้อยละ 63.5 – 75.6 ในการบำบัดเพียงครั้งแรก

สุภาพร (2557) ได้ศึกษาการเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดไปผ่านกระบวนการคาร์บอนเซชันให้ได้ถ่าน และนำถ่านไปกระตุ้นทางเคมีด้วยซิงค์คลอไรด์ โดยใช้เทคนิคการให้ความร้อนโดยการกลั่นไพลย้อนกลับ หาภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น รวมทั้งตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีด้วยการวิเคราะห์การดูดซับไอโอดีน หาค่าความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหย และปริมาณคาร์บอนคงตัว ศึกษาหมู่ฟังก์ชันด้วยเทคนิค FT-IR จากการทดลองพบว่าอัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดคือ 1:1 (ถ่าน:ซิงค์คลอไรด์) ใช้เวลาให้ความร้อน 3 ชั่วโมง ค่าไอโอดีน นัมเบอร์เท่ากับ 820 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าความชื้น 1.07% ปริมาณเถ้า 5.68% ปริมาณสารระเหย 47.75% ปริมาณคาร์บอนคงตัว 46.57% จากสเปกตรัม IR พบว่าแถบการสั่นของหมู่ -OH, C-H, C=O ของถ่านเปลือกมังคุดเข้มกว่าสเปกตรัมของถ่านกัมมันต์ แสดงว่าในถ่านเปลือกมังคุดยังมีองค์ประกอบอินทรีย์เหลืออยู่หลายชนิด ส่วนในถ่านกัมมันต์ การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ทำให้หมู่ฟังก์ชันต่างๆ สลายไป

พิทักษ์ (2558) ได้ทำการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงด้วยวิธีการก่อกัมมันต์ทางเคมีแบบแห้งจากผงถ่านไม้ โดยได้ศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อสภาวะการก่อกัมมันต์ ได้แก่อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบต่อสารก่อกัมมันต์ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการก่อกัมมันต์ จากการทดลองพบว่า สภาวะที่เหมาะสม

สำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากผงถ่านไม้ เมื่อใช้ NaOH เป็นสารกระตุ้น มีอัตราส่วนโดยน้ำหนัก ระหว่างปริมาณผงถ่านไม้ต่อสารกระตุ้นเป็น 1 : 3 อุณหภูมิ 600 °C และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 2 ชั่วโมง ที่สภาวะดังกล่าวได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1,247 มิลลิกรัมต่อกรัม และพื้นที่ผิว BET เท่ากับ 1,214.52 ตารางเมตรต่อกรัม ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ถูกนำไปตรวจหาคุณลักษณะเฉพาะด้วยเครื่อง FT-IR, XRD และ SEM และพบว่าการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยก่อกัมมันต์ทางเคมีแบบแห้งเป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย เตรียมง่าย และได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูง

ธัญพิสิษฐ์ (2558) ศึกษาตลาดความต้องการถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ พบว่าในปัจจุบันถ่านกัมมันต์สามารถนำไปผลิตสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ได้อย่างมากมาย ซึ่งในตลาดต่างประเทศทั่วโลกมีความต้องการอย่างสูง เนื่องจากนวัตกรรมในการผลิตสิ่งของเครื่องใช้ที่ตลาดมีความต้องการ เพิ่มขึ้น แล้ว ยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัตถุดิบคือถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ให้มีมูลค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมากด้วย ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่มีสมบัติที่ดีในหลายด้าน ตลาดจึงมีความต้องการอย่างมากเพื่อนำไปแปรรูปเป็นสิ่งของเครื่องใช้ต่างๆ ได้อีกเป็นจำนวนมาก การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ ต้องทำการผลิตให้ได้คุณภาพตามที่ตลาดมีความต้องการ ถ้าสามารถผลิตได้คุณภาพสูง ก็สามารถส่งออกสร้างรายได้โดยไม่มีขีดจำกัดเท่าที่จะสามารถผลิตได้ แต่การผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ต้องมีการวางแผนการผลิตที่ดี มีการปลูกไผ่ ได้แก่ พันธุ์กิมซุง และพันธุ์ซางหม่น เป็นต้น ให้เพียงพอต่อความต้องการส่งถ่านกัมมันต์ไปขายซึ่งต้องมีการจัดการอย่างดี การปลูกไผ่นอกจากจะได้ถ่านกัมมันต์ แล้วยังได้พื้นที่ป่าไม้เพิ่มขึ้นด้วย รวมทั้งสามารถเพิ่มมูลค่าจากไม้ไผ่ด้วยวิธีการอื่นๆ เช่น ทา pellet ผลิตหน่อไม้ และเส้นใยจากไม้ไผ่ได้เนื่องจากไม้ไผ่เป็นพืชที่มีประโยชน์มากมายหลายด้าน

ดวงเดือน และนภารัตน์ (2559) ได้ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพพื้นผิวด้วยวิธีทางเคมีของถ่านจากเมล็ดลำไยเพื่อให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดความกระด้างของน้ำโดยการดูดซับแคลเซียมไอออนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักที่ทำให้เกิดน้ำกระด้าง รวมถึงศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับแคลเซียมในน้ำตัวอย่างโดยทำการเผาคาร์บอนไนซ์ถ่านเมล็ดลำไยด้วยเตาเผาถ่านชีวมวล ขนาด 200 ลิตร ที่อุณหภูมิ 350 – 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 6 ชั่วโมง แล้วนำมาปรับสภาพด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ใช้อัตราส่วน C : KMnO_4 เท่ากับ 2 : 1 ด้วย หรือปรับสภาพพื้นผิวด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 6 ชั่วโมง ใช้อัตราส่วน C : NaOH เท่ากับ 1.5 : 1 ซึ่งเป็นสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพพื้นผิวถ่านเมล็ดลำไย ประสิทธิภาพในการดูดซับ CaCO_3 ขึ้นอยู่กับปริมาณถ่าน ความเข้มข้นและปริมาตรของสารละลายตัวอย่างรวมถึงเวลาที่ใช้ในการดูดซับ โดยพบว่าถ่านที่ได้จากการปรับสภาพด้วยโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้ค่าปริมาณการดูดซับแคลเซียมที่สูงกว่าการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยมีค่า 3.69 และ 1.15 มิลลิกรัมของแคลเซียมต่อถ่าน 1 กรัม ตามลำดับ สำหรับการดูดซับสารละลายแคลเซียมความเข้มข้น 400 มิลลิกรัมต่อลิตร และใช้เวลาในการดูดซับ 2 ชั่วโมง ถ่านเมล็ดลำไยที่เตรียมได้มีประสิทธิภาพการดูดซับแคลเซียมได้ดีกว่าวัสดุกรองน้ำที่มีขายทั่วไป

ลักขณา และคณะ (2559) ได้เตรียมและศึกษาลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงส้มแล้ง เพื่อนำไปใช้ในการกำจัดสารละลายตะกั่ว โดยศึกษาผลของตัวกระตุ้น ได้แก่ กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) วิธีการให้ความร้อนด้วยเทคนิครีฟลักซ์และเครื่องไมโครเวฟ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่วและปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีต่อประสิทธิภาพการ

ดูดซับสารละลายตะกั่ว และวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ไฟตงลิ้มแล้งด้วยเทคนิคอินฟราเรด สเปกโตรสโคปี (FTIR) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไฟตงลิ้มแล้งคือ ให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที โดยได้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1,265 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำ ถ้าสังเคราะห์ พบว่าเมื่อใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.25 กรัม ในสารละลายตะกั่วเข้มข้น 10 ppm ระยะเวลาสัมผัส 8 นาที ได้ร้อยละการดูดซับสูงสุด

ฐิตินันท์ (2560) ได้ศึกษาประสิทธิภาพของการดูดซับแคดเมียมของถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์ที่กระตุ้นด้วย NaCl อิมัตว และ KOH เตรียมถ่านกัมมันต์โดยใช้อัตราส่วนของถ่าน : สารละลายอิมัตวของ NaCl เท่ากับ 2 : 1 แล้วนำไปเขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 773 °C เป็นเวลา 95 นาที และใช้อัตราส่วนของถ่าน : สารละลายอิมัตวของ KOH เท่ากับ 1 : 1 นำไปเขย่าด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที และนำไปเผาที่อุณหภูมิ 400 °C เป็นเวลา 180 นาที แล้วนำถ่านที่ได้ไปหาปริมาณถ่านกัมมันต์ pH และระยะเวลาสัมผัสที่เหมาะสมในการดูดซับแคดเมียม พบว่าปริมาณถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสมคือ 80 กรัมต่อลิตร ระยะเวลาในการสัมผัส 90 นาที และ pH ที่เหมาะสมคือ 4.5 สำหรับถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย NaCl และ pH 5 สำหรับถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วย KOH และถ่านที่ไม่กระตุ้น

ธีรดิษฐ์ (2560) ได้ทบทวน สรุปประเด็น และเผยแพร่ความรู้เกี่ยวกับการเตรียมถ่านกัมมันต์ จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมีเพื่อใช้กำจัดสารมลพิษในน้ำ ถ่านกัมมันต์ เป็นวัสดุที่มีลักษณะโครงสร้างที่มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูงประมาณ 600 – 2,400 ตารางเมตร ต่อกรัม และ 0.20 – 1.00 ลูกบาศก์เซนติเมตรต่อกรัม ตามลำดับ โดยมีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 80 – 90 ซึ่งได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร เช่น ฟางข้าว ชังข้าวโพด กะลามะพร้าว ชูยมะพร้าว เปลือกปาล์ม ไม้เนื้อแข็ง ขั้นตอนในการเตรียมถ่านกัมมันต์มี 2 ขั้นตอน คือ การคาร์บอนไนซ์ และการกระตุ้น ในขั้นตอนการกระตุ้นมี 2 วิธี ได้แก่ การกระตุ้นทางกายภาพและการกระตุ้นทางเคมี เมื่อเปรียบเทียบการกระตุ้นทางกายภาพและทางเคมี พบว่าการกระตุ้นทางเคมีมีการศึกษาและนำไปใช้งานมากกว่าการกระตุ้นทางกายภาพ เนื่องจากใช้อุณหภูมิต่ำ และระยะเวลา น้อยในการกระตุ้น แต่ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนสูง สารเคมีที่นิยมนำมาใช้ในการ กระตุ้น ได้แก่ ซิงค์(II) คลอไรด์ กรดฟอสฟอริก และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ถ่านกัมมันต์จากวัสดุ เหลือใช้ทางการเกษตรที่ผลิตได้มีการนำไปใช้เป็นตัวดูดซับในกระบวนการดูดซับ ซึ่งเป็นการกำจัดสาร มลพิษในน้ำที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย และพบว่าถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรสามารถ กำจัดสารมลพิษต่างๆ ได้แก่ โลหะหนัก สีย้อม สารกลุ่มฟีนอล สารฆ่าแมลง และศัตรูพืชในน้ำได้อย่าง มีประสิทธิภาพ

หญิง และคณะ (2561) ได้ศึกษาสมมูลการดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเกล็ดโคโตซานใน กระบวนการดูดซับแบบที่ละเท โดยใช้แบบจำลองแลงเมียร์ ฟรุนดิช และดูบินิน – ราดาร์โซวิชไอโซ เทอม ศึกษาผลความเข้มข้นเริ่มต้นในช่วง 24.4 – 110.2 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าความสามารถในการ ดูดซับมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเริ่มต้นของสีย้อมเมทิลีนบลู พลังงานที่ใช้ในการดูดซับ คำนวณได้จากค่าคงที่ดูบินิน – ราดาร์โซวิช และได้ศึกษาความสามารถในการดูดซับที่สภาวะสมดุล จากแลงเมียร์ไอโซเทอม และเส้นดำเนินการ ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้กับโรงงานอุตสาหกรรมได้

อย่างดี ที่อัตราการไหล 1 ลูกบาศก์เมตรต่อชั่วโมง สีย้อมเมทิลีนบลูที่สามารถกำจัดได้ และปริมาณเกลือไดโตนานที่ใช้มีค่าเท่ากับ 7.2 กรัมต่อชั่วโมง และ 7.2 กรัมต่อชั่วโมง ตามลำดับ

1.4 วัตถุประสงค์

1.4.1 เพื่อศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตไบจากมวนยาสูบ

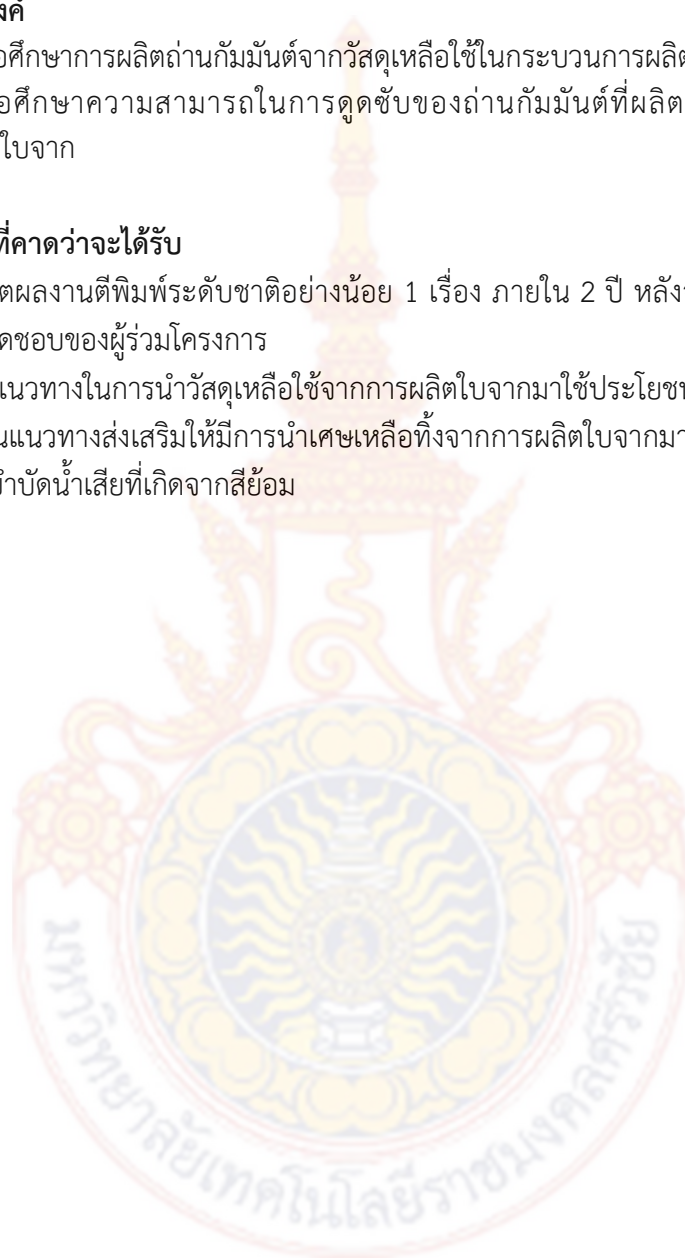
1.4.2 เพื่อศึกษาความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตไบจาก

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.5.1 ผลิตผลงานตีพิมพ์ระดับชาติอย่างน้อย 1 เรื่อง ภายใน 2 ปี หลังจากเสร็จสิ้นโครงการ ภายใต้ความรับผิดชอบของผู้ร่วมโครงการ

1.5.2 ได้แนวทางในการนำวัสดุเหลือใช้จากการผลิตไบจากมาใช้ประโยชน์

1.5.3 เป็นแนวทางส่งเสริมให้มีการนำเศษเหลือทิ้งจากการผลิตไบจากมาใช้ประโยชน์ด้านการดูดซับ เช่น การบำบัดน้ำเสียที่เกิดจากสีย้อม



บทที่ 2

วิธีดำเนินงานวิจัย

2.1 วัสดุและอุปกรณ์

- 2.1.1 ตะแกรงร่อนขนาด 150 ไมโครเมตร
- 2.1.2 โถดูดความชื้น
- 2.1.3 กระจกตวง
- 2.1.4 ถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิด
- 2.1.5 หลอดทดลอง
- 2.1.6 ปีกเกอร์
- 2.1.7 ขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร
- 2.1.8 เครื่องปั่นละเอียด
- 2.1.9 ถังน้ำ
- 2.1.10 เศษก้านจาก
- 2.1.11 เศษทางจาก

2.2 เครื่องมือ

- 2.2.1 UV – Vis Spectrophotometer
- 2.2.2 เครื่องบดถ่าน
- 2.2.3 ตู้อบ
- 2.2.4 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- 2.2.5 เต้าเผาอุณหภูมิสูง

2.3 สารเคมี

- 2.3.1 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric Acid, HCl)
- 2.3.2 ซิงค์คลอไรด์ (Zinc (II) chloride, ZnCl₂)
- 2.3.3 ไอโอดีน (Iodine , I₂)
- 2.3.4 โซเดียมไธโอซัลเฟต (Sodium thiosulphate , Na₂S₂O₃•5H₂O)
- 2.3.5 โพแทสเซียมไอโอไดด์ (Potassium iodide , KI)
- 2.3.6 โพแทสเซียมไฮโดรเจนไอโอเดต (Potassium hydrogen iodate, KH(IO₃)₂)
- 2.3.7 โซเดียมคาร์บอเนต (Sodium carbonate, Na₂CO₃)
- 2.3.8 โพแทสเซียมไอโอเดต (Potassium iodide, KIO₃)
- 2.3.9 โพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Potassium hydrogen phosphate, KH₂PO₄)
- 2.3.10 โซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟต (Sodium hydrogen phosphate, Na₂HPO₄)
- 2.3.11 แป้ง (starch)
- 2.3.12 เมทิลีนบลู (Methylene blue, C₁₆H₁₈N₃SCI)

2.3.13 น้ำกลั่น

2.4 การเตรียมถ่านกัมมันต์และการวิเคราะห์

2.4.1 การเตรียมตัวอย่าง (ตามวิธีการของ อร์ดี และศศิธร, 2557)

นำเศษก้านจากและเศษทางจากมาฝั่งลมให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีต่อไป

2.4.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์โดยวิธีการทางเคมี

2.4.2.1 การคาร์บอนเซชัน (ดัดแปลงตามวิธีการของ อร์ดี และศศิธร, 2557 และ ธีรดิษฐ์, 2560)

นำถ่านเศษก้านจากและเศษทางจากที่บดละเอียดปริมาณ 100 กรัม ใส่ครุชชีเบลพร้อมฝาปิด เเผาที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บใส่ภาชนะให้มิดชิดป้องกันความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนตามวิธีการในข้อ 2.4.4.1 เพื่อหาสถานะการคาร์บอนเซชันที่ดีที่สุด โดยเลือกถ่านที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดมาใช้ในการกระตุ้นต่อไป

2.4.2.2 การกระตุ้น (ดัดแปลงตามวิธีการของ สุวิทย์ และคณะ, 2559)

นำถ่านเศษก้านจากและเศษทางจากที่มีสถานะการคาร์บอนเซชันดีที่สุดที่สุดในข้อ 2.4.2.1 ผสมกับซิงค์(II) คลอไรด์ ในครุชชีเบลพร้อมฝาปิด อัตราส่วน 1 : 1 แล้วไปกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90 และ 120 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 3 – 4 ครั้ง จนค่า pH เท่ากับ 7 แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บใส่ภาชนะให้มิดชิดป้องกันความชื้น เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีนตามวิธีการในข้อ 2.4.4.1 เพื่อหาสถานะการกระตุ้นที่ดีที่สุด โดยเลือกถ่านที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2.4.3 การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (ASTM D3173-11) ปริมาณเถ้า (ASTM D3174-11)

2.4.3.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

2.4.3.1.1 อุ่นเตาเผาให้มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

2.4.3.1.2 นำครุชชีเบลพร้อมฝาปิดที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลา 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_1)

2.4.3.1.3 ใสตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W)

2.4.3.1.4 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2 – 3 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลา 20 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

$$M = (W_1 - W_2) / W * 100$$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

$$W_1 = \text{น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)}$$

W_2 = น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.4.3.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

2.4.3.2.1 นำครุชชีเบลครุชชีเบลพร้อมฝาปิดที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลา 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_3)

2.4.3.2.2 ใสตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W)

2.4.3.2.3 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น (Desiccators) เป็นเวลา 20 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_4)

M = $(W_3 - W_4) / W * 100$

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณเถ้า

W_3 = น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและเถ้าของตัวอย่างหลังเผา (กรัม)

W_4 = น้ำหนักถ้วยพร้อมฝา (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.4.4 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

2.4.4.1 วิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ (ตามวิธีการของ รุจิรา, 2556)

2.4.4.1.1 อบผงถ่านตัวอย่างที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วปล่อยให้เย็นในโถดูดความชื้น

2.4.4.1.2 ชั่งน้ำหนักผงถ่านตัวอย่าง 0.500 กรัม บันทึกน้ำหนักที่แน่นอนให้ละเอียดถึงทศนิยม 4 ตำแหน่ง ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร ที่มีฝาปิด

2.4.4.1.3 เติมน้ำสารละลายกรดไฮโดรคลอริก ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ปิดจุกเขย่าให้เข้ากัน เพื่อให้ผงถ่านตัวอย่างทุกส่วนชุ่มด้วยสารละลาย เปิดจุก ต้มในตู้ดูดควันให้เดือด 30 วินาที เพื่อกำจัดเถ้าและซัลเฟอร์ออกจากผิวถ่านตัวอย่าง ตั้งทิ้งไว้ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

2.4.4.1.4 ปิดเปิดสารละลายไอโอดีนที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว ปริมาตร 50 มิลลิลิตร ปิดจุกอย่างรวดเร็วแล้วเขย่าอย่างแรงๆ เป็นเวลา 30 วินาที

2.4.4.1.5 กรองแยกถ่านตัวอย่างจากสารละลายด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรก จนกระทั่งกระดาษกรองอิ่มตัวด้วยสารละลาย จากนั้นเปิดสารละลายมา 20 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่

2.4.4.1.6 ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้วจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีขาอ่อน เติมน้ำแป้งเป็นอินดิเคเตอร์ 2 - 3 หยด ไทเทรตต่อจนสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี บันทึกปริมาตรของสารละลายโซเดียมไธโอซัลเฟตที่ใช้

2.4.4.1.7 ทำการทดลองซ้ำโดยเพิ่มน้ำหนักถ่านครึ่งละ 0.500 กรัม เพื่อให้ได้ค่าความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายไอโอดีน

สูตร คำนวณความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายไอโอดีนได้จาก (C)

$$C = (N_2 - S) / 50$$

สูตร การคำนวณปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านตัวอย่างได้จาก X/M

$$X / M = A - (2.2 \times B \times S) / W$$

เมื่อ X / M คือ คำนวณปริมาตรไอโอดีนที่ถูกดูดซับต่อกรัมของถ่านตัวอย่าง (มิลลิกรัมต่อกรัม)

N_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต (นอร์มอล)

N_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)

A คือ น้ำหนักทั้งหมดของไอโอดีนในสารละลายเริ่มต้น ($N_2 \times 12693.0$) (มิลลิกรัม)

B คือ น้ำหนักของไอโอดีนที่ทำปฏิกิริยาสมดุลพอดีกับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต 1 มิลลิลิตร ($N_1 \times 126.39$) (มิลลิกรัม)

C คือ คำนวณความเข้มข้นที่สมดุลของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)

W คือ น้ำหนักของถ่านที่ใช้ (กรัม)

S คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ใช้ (มิลลิลิตร)

2.4.4.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์ (ตามวิธีการของ รุจิรา, 2556)

2.4.4.2.1 อบผงถ่านตัวอย่างที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ชั่งผงถ่านตัวอย่างหนัก 0.5000 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่

2.4.4.2.2 ปิเปตสารละลายเมทิลีนบลูความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ค่า pH 7 ปริมาตร 25 มิลลิลิตร เติมลงไป ปิดจุก เขย่าแรงๆ ประมาณ 10 วินาที

2.4.4.2.3 นำสารละลายที่ได้มาแยกออกจากผงถ่านตัวอย่างด้วยเครื่องหมุนเหวี่ยง (centrifuge) ความเร็วรอบ 2,500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 30 นาที

2.4.4.2.4 กรองสารละลายผ่านกรวยกรองโดยทิ้งสารละลายในช่วงแรกจนกระทั่งสารละลายอิ่มตัวด้วยสารละลายจึงรองรับด้วยสิ่งของขนาดเล็ก นำสิ่งกรองไปหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับโดยใช้เครื่อง UV – Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารเปรียบเทียบ

2.4.4.2.5 ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ครั้งโดยเพิ่มน้ำหนักถ่านตัวอย่างครึ่งละ 0.0250 กรัม

2.4.4.2.6 นำค่าความเข้มข้นที่วัดได้มาคำนวณหาร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูได้จาก

$$\text{ร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลู} = (C_a - C_b) \times 100 / C_a$$

เมื่อ C_a = ความเข้มข้นของสารละลายเมทิลีนบลูเริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)

C_b = ความเข้มข้นของสารละลายเมทิลีนบลูที่เหลืออยู่ (มิลลิกรัมต่อลิตร)

บทที่ 3

ผลการทดลองและการอภิปรายผล

จากการศึกษาการการดูดซับของผงถ่านที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้จากการผลิตไบจากมวนยาสูบ โดยการนำเศษก้านจากและเศษทางจากมาอบแล้วนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีแล้วทดสอบคุณสมบัติต่างๆ ให้ผลการทดลองเป็นดังนี้

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการทางเคมี

นำเศษก้านจากและเศษทางจากมาผึ่งลมให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ผลผลิตร้อยละและปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ พบว่าผงถ่านตัวอย่างที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที มีผลผลิตร้อยละ 65.96 และผงถ่านจากเศษทางจากที่ทำการคาร์บอนไนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีผลผลิตร้อยละ 69.90 ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงค่าผลผลิตร้อยละและปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับของผงถ่านตัวอย่างจากกระบวนการคาร์บอนไนเซชัน

อุณหภูมิ (นาทึ่)	เวลา (นาทึ่)	ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัม ต่อกรัม)		ผลผลิตร้อยละ (% yield)	
		เศษก้านจาก	เศษทางจาก	เศษก้านจาก	เศษทางจาก
300	30	355.43 ± 1.61	368.39 ± 2.78	34.50	12.36
	60	374.88 ± 1.61	356.34 ± 4.25	60.31	57.36
	90	334.10 ± 1.61	333.17 ± 1.61	60.46	59.39
	120	340.59 ± 4.82	381.37 ± 1.61	60.42	59.38
	150	362.83 ± 2.78	386.00 ± 4.25	59.59	62.51
400	30	362.83 ± 2.78	372.10 ± 6.99	58.20	60.84
	60	397.12 ± 1.61	336.88 ± 4.25	65.04	64.49
	90	397.12 ± 4.25	373.95 ± 5.56	65.24	64.78
	120	451.81 ± 0.00	352.64 ± 1.61	65.23	65.88
	150	489.81 ± 1.61	375.81 ± 8.49	65.96	66.24
500	30	375.81 ± 11.24	385.08 ± 4.81	66.75	66.26
	60	286.83 ± 3.21	404.54 ± 4.81	69.52	67.80
	90	294.24 ± 3.21	484.25 ± 1.61	69.43	69.90
	120	291.46 ± 3.21	395.27 ± 3.21	69.83	67.95
	150	252.53 ± 1.61	445.32 ± 5.79	70.25	69.16

นำผง่านตัวอย่างที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผง่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และผง่านจากเศษทางจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ทำการกระตุ้นโดยผสมกับซิงค์(II) คลอไรด์ ในครุชชีเบลพร้อมฝาปิด อัตราส่วน 1 : 1 แล้วไปกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90 และ 120 นาที นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ให้ผลการทดสอบดังนี้

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

นำถ่านกัมมันต์ตัวอย่างที่ได้ มาวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ปริมาณความชื้น (ASTM D3173-11) และปริมาณเถ้า (ASTM D3174-11) ให้ผลการทดลองดังนี้

2.1 ปริมาณความชื้น

นำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น พบว่าถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ได้แก่ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.2

ตารางที่ 3.2 แสดงปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ (%wt)

อุณหภูมิ	เวลา (นาที)	ปริมาณความชื้น (%wt)	
		เศษก้านจาก	เศษทางจาก
500	60	0.35 ± 0.04	0.25 ± 0.09
	90	0.27 ± 0.01	0.27 ± 0.01
	120	0.28 ± 0.03	0.25 ± 0.02
600	60	0.53 ± 0.04	0.27 ± 0.03
	90	0.49 ± 0.09	0.24 ± 0.01
	120	0.37 ± 0.05	0.21 ± 0.01
700	60	0.36 ± 0.06	0.27 ± 0.01
	90	0.30 ± 0.10	0.30 ± 0.05
	120	0.23 ± 0.08	0.31 ± 0.09

2.2 ปริมาณเถ้า

นำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ปริมาณเถ้า พบว่าถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด ได้แก่ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.3

ตารางที่ 3.3 แสดงปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ (%wt)

อุณหภูมิ	เวลา (นาท)	ปริมาณเถ้า (%wt)	
		เศษก้านจาก	เศษทางจาก
500	60	0.97 ± 0.07	0.86 ± 0.07
	90	0.74 ± 0.04	0.78 ± 0.06
	120	0.67 ± 0.05	1.01 ± 0.04
600	60	0.87 ± 0.17	0.78 ± 0.09
	90	0.92 ± 0.15	0.63 ± 0.03
	120	0.89 ± 0.20	0.74 ± 0.33
700	60	1.53 ± 0.06	0.60 ± 0.04
	90	1.41 ± 0.16	0.69 ± 0.08
	120	0.93 ± 0.22	0.58 ± 0.12

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

นำถ่านกัมมันต์ตัวอย่างที่ได้ มาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน และความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู ให้ผลการทดลองดังนี้

3.1 ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน

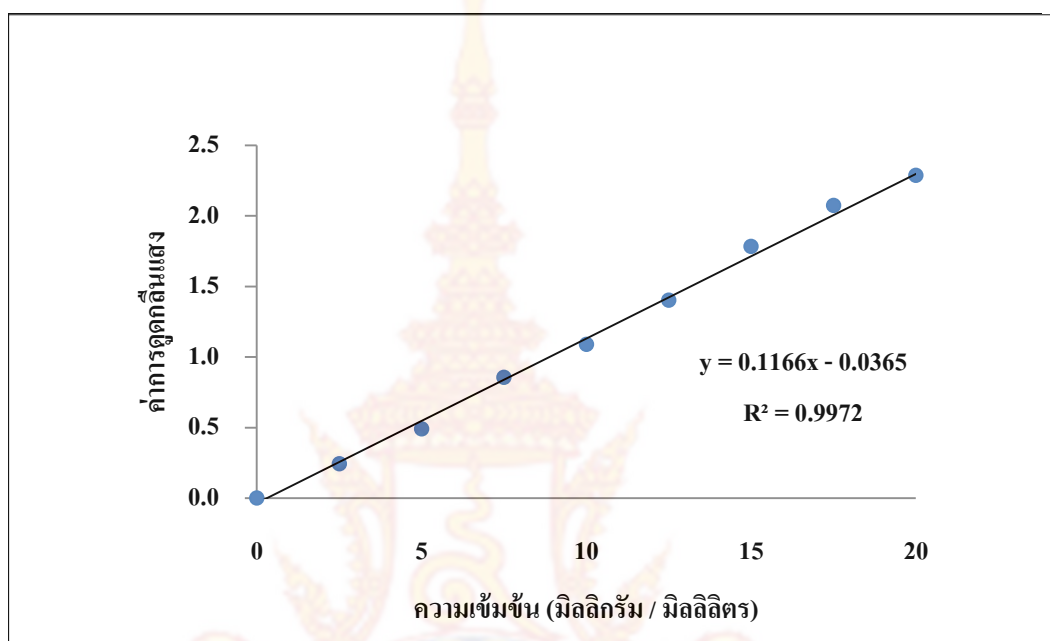
นำถ่านกัมมันต์ตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน พบว่าถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.4

ตารางที่ 3.4 แสดงค่าปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับของถ่านกัมมันต์

อุณหภูมิ	เวลา (นาท)	ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	
		เศษก้านจาก	เศษทางจาก
500	60	531.52 ± 11.24	401.76 ± 5.56
	90	730.79 ± 85.81	449.03 ± 2.78
	120	537.08 ± 27.85	474.05 ± 2.78
600	60	686.31 ± 7.00	473.13 ± 10.53
	90	417.52 ± 61.26	396.20 ± 5.56
	120	419.37 ± 26.28	441.61 ± 1.61
700	60	478.69 ± 35.75	427.71 ± 7.00
	90	316.49 ± 23.65	396.20 ± 7.36
	120	164.48 ± 7.00	200.63 ± 7.00

3.2 ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู

สร้างกราฟมาตรฐานโดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายเมทิลีนบลู ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร ให้กราฟเส้นตรงที่มีความสัมพันธ์เชิงเส้น $y = 0.1166x - 0.0365$; $R^2 = 0.9972$ ดังแสดงในภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงกราฟมาตรฐานของเมทิลีนบลู

นำถ่านกัมมันต์ตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูโดยเทียบกับกราฟมาตรฐาน พบว่าถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้ดีที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากและถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 3.5

ตารางที่ 3.5 แสดงค่าร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทธิลินบลูของถ่านกัมมันต์

อุณหภูมิ	เวลา (นาที)	ร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทธิลินบลู	
		เศษก้านจาก	เศษทางจาก
500	60	2.34 ± 0.04	2.61 ± 0.04
	90	1.22 ± 0.12	2.52 ± 0.06
	120	2.23 ± 0.28	2.35 ± 0.03
600	60	2.04 ± 0.01	2.49 ± 0.06
	90	1.68 ± 0.55	2.39 ± 0.07
	120	1.63 ± 0.39	2.24 ± 0.14
700	60	1.19 ± 0.01	2.12 ± 0.35
	90	0.98 ± 0.11	1.21 ± 0.08
	120	0.47 ± 0.04	1.12 ± 0.06



บทที่ 4

สรุปผลและข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ในกระบวนการผลิตไบจากมวนยาสูบโดยใช้วัตถุดิบเป็นเศษก้านจาก และเศษหางจาก แล้วนำมาศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ผลผลิตร้อยละ ปริมาณความชื้น และปริมาณเถ้า รวมทั้งคุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน และความสามารถในการดูดซับเมทธิลีนบลู พบว่า

1. เมื่อนำเศษก้านจากและเศษหางจากมาผึ่งลมให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 300, 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30, 60, 90, 120 และ 150 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ พบว่าผงถ่านตัวอย่างที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที มีผลผลิตร้อยละ 65.96 และผงถ่านจากเศษหางจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีผลผลิตร้อยละ 69.90 จึงเลือกผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และผงถ่านจากเศษหางจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มาทำการกระตุ้นเพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์

2. เมื่อทำการกระตุ้นโดยผสมกับซิงค์(II) คลอไรด์ ในครุซีเบลพร้อมฝาปิด อัตราส่วน 1 : 1 แล้วไปกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90 และ 120 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน พบว่าถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีปริมาณความชื้น $0.27 \pm 0.01\%$ มีปริมาณเถ้า $0.74 \pm 0.04\%$ สามารถดูดซับไอโอดีนได้ 730.79 ± 85.81 มิลลิกรัมต่อกรัม และถ่านกัมมันต์จากเศษหางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที มีปริมาณความชื้น $0.25 \pm 0.02\%$ มีปริมาณเถ้า $1.01 \pm 0.04\%$ สามารถดูดซับไอโอดีนได้ 474.05 ± 2.78 มิลลิกรัมต่อกรัม มีความสามารถในการดูดซับไอโอดีนน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเกษตรบางชนิด เช่น ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลาปาล์มที่กระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ โดยใช้ในอัตราส่วนซิงค์ (II) คลอไรด์ต่อกะลาปาล์มเป็น 3:1 ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที มีค่าการดูดซับไอโอดีน 1,565 มิลลิกรัมต่อกรัม (สุโรชินี, 2545) แต่วัสดุเกษตรชนิดเดียวกันที่มีกระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ที่แตกต่างกันก็ทำให้ประสิทธิภาพการดูดซับแตกต่างกัน ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากกาแฟที่กระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์ (II) คลอไรด์ ที่มีความเข้มข้นร้อยละ 60 ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง มีค่าการดูดซับไอโอดีน 654.80 มิลลิกรัมต่อกรัม (ทิตา, 2548) ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกากกาแฟที่กระตุ้นซิงค์ (II) คลอไรด์ โดยใช้ในอัตราส่วนซิงค์ (II) คลอไรด์ต่อกากกาแฟที่ใช้เป็น 3:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที มีค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 926 มิลลิกรัมต่อกรัม (เกตศิริ, 2552) แต่ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากในการทดลองนี้ที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีปริมาณความชื้น $0.27 \pm 0.01\%$ มีปริมาณเถ้า $0.74 \pm 0.04\%$ สามารถดูดซับไอโอดีนได้ 730.79 ± 85.81 มิลลิกรัมต่อกรัม มีประสิทธิภาพการดูดซับที่ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเหง้ามันสำปะหลังที่กระตุ้น

ด้วยกรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้น 85% โดยอัตราส่วนกรดฟอสฟอริกต่อเหง้ามันสำปะหลังที่ใช้เป็น 1:1 ที่อุณหภูมิ 700 และ 800 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 นาที ซึ่งมีค่าการดูดซับไอโอดีนเท่ากับ 609.6 และ 602.9 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (เนตร และคณะ, 2555)

3. เมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์(II) คลอไรด์ อัตราส่วน 1 : 1 ที่อุณหภูมิ 500, 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60, 90 และ 120 นาที ไปวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู พบว่าถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูได้ดีที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากและถ่านกัมมันต์จากเศษหางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที มีร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูได้เท่ากับ 2.34 ± 0.04 และ 2.61 ± 0.04 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจมีผลเนื่องจากการเลือกใช้ตัวกระตุ้นที่ไม่เหมาะสมเนื่องจากสารกระตุ้นแต่ละชนิดเหมาะกับการดูดซับสารต่างประเภทกัน เช่นเดียวกับถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดสามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดเมื่อกระตุ้นด้วยสารละลายซิงค์(II) คลอไรด์ที่มีความเข้มข้น 0.5 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที และดูดซับเมทิลีนบลูได้ดีที่สุดเมื่อกระตุ้นด้วยสารละลายกรดฟอสฟอริกที่มีความเข้มข้น 50% ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 120 นาที (รุจิรา, 2556)

4. สรุปได้ว่าปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ การเตรียมถ่านกัมมันต์ สภาพการกระตุ้นชนิดของสารกระตุ้น เช่น การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และซิงค์(II) คลอไรด์เป็นสารกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นจากโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์จะมีเลขไอโอดีนสูงถึง 911.97 มิลลิกรัมต่อกรัม ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นจากซิงค์ (II) คลอไรด์ จะมีเลขไอโอดีน 730.04 มิลลิกรัมต่อกรัม (ไชยยันต์ และคณะ, 2552) ปัจจัยอื่นๆ ที่ยังมีผลต่อการดูดซับ ได้แก่ อัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น เป็นต้น

5. อย่างไรก็ตามเศษก้านจากที่ทำกรทดลองผลิตถ่านกัมมันต์โดยกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากมีค่าไอโอดีนนับเบอ์มากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีร้อยละความชื้นน้อยกว่า 8 ตามมาตรฐานของ มอก.900 –2547 (เกตศิริ, 2552) สามารถนำไปใช้เป็นตัวดูดซับในกระบวนการดูดซับซึ่งเป็นการกำจัดสารมลพิษในน้ำที่ใช้งานอย่างแพร่หลาย และสามารถกำจัดสารมลพิษต่างๆ ได้แก่ โลหะหนัก สี ย้อม สารกลุ่มฟีนอล สารฆ่าแมลง และศัตรูพืชในน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (ธีรดิษฐ์, 2560)

เอกสารอ้างอิง

- กำชัย นุ้ยฉัตรกุล และสมร หิรัญประดิษฐ์กุล. 2550. รายงานวิจัย การศึกษาและพัฒนาคุณสมบัติการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่สังเคราะห์จากเศษไม้ไผ่. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 68 น.
- เกตศิริ เหล่าวัชรสกุล. 2552. การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี. วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย. 29(2). 116 – 131.
- ไชยยันต์ ไชยยะ, ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง และวราภรณ์ ธนะตุรังสรรค์. 2552. รายงานวิจัย อิทธิพลของสารกระตุ้นที่มีต่อหมู่น้ำที่และประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกเมล็ดยางพารา. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ. 40 น.
- ดวงเดือน เทพนวล และนภารัตน์ จิวาลักษณ์. 2559. รายงานวิจัย การบำบัดความกระด้างของน้ำบ่อโดยใช้วัสดุดูดซับจากถ่านเมล็ดลำไย. มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่. 64 น.
- ฐิตินันท์ ธรรมโสสม. 2560. การศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับแคดเมียมโดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากไมยราบยักษ์. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี. 7(2). 59 – 66.
- ทิตา บุญเถื่อน. 2548. รายงานวิจัย การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟด้วยวิธีการกระตุ้นทางเคมี. ปริญาตตรีวิทยาศาสตรบัณฑิต โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม. 67 น.
- ชัยพิสิษฐ์ พวงจิก. 2558. ถ่านกัมมันต์จากไม้ไผ่ : ตลาดยังมีความต้องการสูง?. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 23(6) ฉบับพิเศษ. 945 – 954.
- ธีรดิษฐ์ โพธิ์ตันติมงคล. 2560. ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกระตุ้นทางเคมีเพื่อการประยุกต์ใช้กำจัดสารมลพิษในน้ำ. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 8(1). 196 – 214.
- ณรงค์ศักดิ์ อินถานนท์, มารุต วิชยา และอนุสรณ์ ดิษฐสุวรรณ. 2546. รายงานวิจัย การศึกษาสมบัติและสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว. โปรแกรมวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. สถาบันราชภัฏนครสวรรค์. 74 น.
- เนตร ธรรมมี, มณฑาทิพย์ เก็กจ้วน และสัมฤทธิ์ โม้พวง. 2555. สมบัติพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากลำต้น เหง้า และเปลือกมันสำปะหลัง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร. 80 – 97.
- ปัญญา มณีจักร์. 2555. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากลูกหูกวาง. วารสารวิชาการสมาคมสถาบันอุดมศึกษาเอกชนแห่งประเทศไทย. 18(1). 119 – 128.
- พิทักษ์ อยู่มี. 2558. การเตรียมถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงจากผงถ่านไม้โดยการก่อกัมมันต์ทางเคมีแบบแห้ง. วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 43(4). 788 – 798.
- พีระพงษ์ เนียมแสวก. 2552. รายงานวิจัย เปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ได้รับจากวิธีการผลิตและวัสดุที่แตกต่างกัน. ภาควิชาวิทยาศาสตร์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์. 96 น.

- ภควดี สุขอนันต์. 2548. การศึกษาพื้นที่ผิวของถ่านและถ่านกัมมันต์ที่ได้จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร. วารสารวิทยาศาสตร์ประยุกต์. 7(2). 30 – 36.
- ภควดี สุขอนันต์. 2553. การศึกษาสมบัติและคุณลักษณะของพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดที่เตรียมแบบ 1 ชั้น และ 2 ชั้น. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 41(3/1) พิเศษ. 285 – 288.
- รุจิรา ปิ่นแก้ว. 2556. รายงานวิจัย การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์. 125 หน้า.
- ลักขณา โชติธรรม, พนิดา สุมานะตระกูล และพนิดา กังซุ่น. 2559. การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการประยุกต์ใช้ดูดซับตะกั่วของถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้ง. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 19 (2). 43 – 51.
- สุภาพร รัตนพันธ์, เพ็ญภา เพ็งแจ่ม และพนิดา กังซุ่น. 2557. การเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ฉบับพิเศษ. 17(3). 13 – 21.
- สุวิทย์ ทองทรัพย์, สุดปรารถนา ธีราติ, มินตรา บุญลัญชัยกุล, ปวีณา พลัดพราว และจุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ. 2559. การดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้มะพร้าว. วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา. 4(2). 51 – 61.
- สุโรชนี สกุลดวงดี. 2545. การเตรียมถ่านกัมมันต์และการทดสอบความชอบในการดูดซับของถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์มโดยใช้สารละลายซิงค์คลอไรด์ในการกระตุ้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี บัณฑิตวิทยาลัย มหาลัยขอนแก่น.
- หญิง อามาน, มัลลิกา โรจน์คงทรัพย์ และโกวิทย์ ปิยะมังคลา. 2561. การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยเกลือโคโคซาน : สมดุลและการประยุกต์ใช้สำหรับโรงงานอุตสาหกรรม. วารสารวิชาการพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 28(4). 825 – 835.
- อรดี ฤทธิชัย และศศิธร มั่นเจริญ. 2557. การกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมสิ่งทอด้วยถ่านกัมมันต์จากเปลือกปู. วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 19 (1) : 131 – 140.
- ASTM. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standard. 2011. Standard Test Method for Moisture in the Analysis Sample of Coal and Coke ASTM D3173 – 11.
- ASTM. Annual Book of American Society for Testing and Materials Standard. 2011. Standard Test Method for Ash in the Analysis Sample of Coal and Coke ASTM D3174 – 11.
- Khu Le Van and Thu Thuy Luong Thi. 2014. Activated carbon derived from rice husk by NaOH Activation and its application in supercapacitor. Progress in Natural Science: Materials International. 24. 191 – 198.

ภาคผนวก ก

พื้นที่ชุมชนที่มีการผลิตใบจากมวนยาสูบ



ภาพผนวกที่ ก1 การนำทางจากมาผลิตใบจากมวนยาสูบ



ภาพผนวกที่ ก2 วัสดุเหลือทิ้งจากการผลิตใบจากมวนยาสูบ



ภาพผนวกที่ ก3 การใช้ประโยชน์จากใบจาก



ภาคผนวก ข

การเตรียมถ่านกัมมันต์

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจาก



ภาพผนวกที่ ข1 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจาก

2. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเศษทางจาก



ภาพผนวกที่ ข2 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเศษทางจาก

ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน

1. การเตรียมสารละลาย

1.1 สารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยปริมาตร ปริมาณ 500 มิลลิลิตร

ปิเปตสารละลายไฮโดรคลอริกความเข้มข้นมา 67.7 มิลลิลิตร ใส่ในขวดวัดปริมาตร ขนาด 500 มิลลิลิตร ที่มีน้ำกลั่นอยู่ 200 มิลลิลิตร ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 500 มิลลิลิตร

1.2 สารละลายไอโอดีน (I_2) ความเข้มข้น 0.100 นอร์มอล ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งไอโอดีน 12.70 กรัม และโพแทสเซียมไอโอไดด์ 19.10 กรัม ผสมให้เข้ากันในสภาพที่เป็นของแข็ง เติมน้ำกลั่นเพียงเล็กน้อยแล้วคนให้เข้ากัน จากนั้นเติมน้ำกลั่นลงไป คนสารละลายตลอดเวลาเป็นอย่างน้อย 4 ชั่วโมง เพื่อให้แน่ใจว่าไอโอดีนละลายหมดปรับด้วยน้ำกลั่นให้จนครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วจึงเทสารลงในขวดสีชา

1.3 สารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O$) ความเข้มข้น 0.100 นอร์มอล ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งโซเดียมไฮโอซัลเฟตหนัก 24.82 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นที่เดือดปริมาตร 75 มิลลิลิตร คนให้สารละลาย (เติมโซเดียมคาร์บอเนต ประมาณ 0.10 กรัม เพื่อป้องกันการสลายตัวของโซเดียมไฮโอซัลเฟตเนื่องจากแบคทีเรีย) ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร แล้วจึงเทสารลงในขวดสีชา ตั้งทิ้งไว้อย่างน้อย 4 วันก่อนนำมาใช้

1.4 สารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (KIO_3) ความเข้มข้น 0.100 นอร์มอล ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร

อบโพแทสเซียมไอโอเดตประมาณ 4 กรัม ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 2 ชั่วโมง แล้วนำมาเก็บในโถดูดความชื้น แล้วชั่งโพแทสเซียมไอโอเดต 3.5667 กรัม ละลายด้วยน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร แล้วปรับด้วยน้ำกลั่นให้ปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร เก็บสารละลายในขวดสีชา

1.5 สารละลายน้ำแป้ง

ชั่งแป้ง 1 กรัม ผสมกับน้ำกลั่น 25 มิลลิลิตร คนตลอดเวลา จากนั้นเทสารลงในน้ำกลั่นที่ต้มเดือดใหม่ๆ ปริมาตร 1,000 มิลลิลิตร ต้มต่อไปอีก 4-5 นาที จนสารละลายใส ตั้งทิ้งไว้เย็นแล้วเก็บใส่ขวด (น้ำแป้งควรเตรียมใหม่ทุกครั้งที่ทำทดลอง)

2. การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลาย

2.1 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

1) ปิเปตสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต ความเข้มข้น 0.10 นอร์มอล ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ใส่ในขวดรูปชมพู่ 250 มิลลิลิตร

2) เติมโพแทสเซียมไอโอไดด์ หนัก 2.0 กรัม ลงไป เขย่าให้ละลาย

3) เติมกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นร้อยละ 37 โดยปริมาตร ปริมาณ 5 มิลลิลิตร ลงไปในขวดรูปชมพู่เขย่าให้เข้ากัน

4) เติมน้ำแ่งลงไป 2 – 3 หยด จากนั้นไทเทรตหาความเข้มข้นที่แน่นอนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำเงินเป็นไม่มีสี (ไทเทรตควรทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาความเข้มข้นเฉลี่ย) บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

5) คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของโซเดียมไฮดรอกไซด์
สูตรคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

$$N_1 = (P_1 - R) / S$$

เมื่อ N_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

P_1 คือ ปริมาตรของสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (มิลลิลิตร)

R คือ ความเข้มข้นของสารละลายโพแทสเซียมไอโอเดต (นอร์มอล)

S คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

2.2 การหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายไอโอดีน

1) ปิเปตสารละลายไอโอดีน 25 มิลลิลิตรใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร

2) ไทเทรตด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว จนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนจากสีน้ำตาลเป็นสีขาวอ่อน เติมน้ำแ่ง 2 – 3 หยด ไทเทรตต่อจนกระทั่งสารละลายเปลี่ยนเป็นไม่มีสี (การไทเทรตควรทำซ้ำ 3 ครั้ง แล้วหาความเข้มข้นเฉลี่ย) บันทึกปริมาตรสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้

3) คำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายไอโอดีน
สูตรคำนวณหาความเข้มข้นที่แน่นอนของสารละลายไอโอดีน

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

เมื่อ N_2 คือ ความเข้มข้นของสารละลายไอโอดีน (นอร์มอล)

S คือ ปริมาตรของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (มิลลิลิตร)

N_1 คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (นอร์มอล)

I คือ ปริมาตรของสารละลายไอโอดีนที่ใช้ไทเทรต (มิลลิลิตร)

ภาคผนวก ง

การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทธิลินบลู

1. การเตรียมสารละลาย

1.1 เตรียมสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร

อบโพแทสเซียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งมา 9.08 กรัม ปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร สารละลาย (A)

อบโซเดียมไฮโดรเจนฟอสเฟตที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส 2 ชั่วโมง แล้วทิ้งให้เย็นในโถดูดความชื้นชั่งมา 23.88 กรัม ละลายและปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นจนครบ 1,000 มิลลิลิตร สารละลาย (B)

จากนั้นนำสารละลาย (A) จำนวน 400 มิลลิลิตร ผสมกับสารละลาย (B) จำนวน 600 มิลลิลิตร กวนให้เข้ากันจะได้สารละลายบัฟเฟอร์ pH 7

1.2 เตรียมสารละลายเมทธิลินบลูความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7 ปริมาณ 1,000 มิลลิลิตร

ชั่งเมทธิลินบลูหนัก 0.50 กรัม ลงในขวดวัดปริมาตรแล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 ให้ปริมาตรครบ 1,000 มิลลิลิตร

1.3 เตรียมสารละลายเมทธิลินบลูความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร pH 7 ปริมาณ 500 มิลลิลิตร

ปิเปตสารเมทธิลินบลูความเข้มข้น 500 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาณ 25 มิลลิลิตร ลงในขวดวัดปริมาตรแล้วปรับปริมาตรด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ pH 7 จนครบ 500 มิลลิลิตร

2. การเตรียมกราฟมาตรฐาน

ปิเปตสารละลายเมทธิลินบลูให้มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร นำสารละลายไปวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร นำค่าการดูดกลืนแสงไปสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแกน X คือความเข้มข้นในหน่วยมิลลิกรัมต่อลิตร แกน Y คือค่าการดูดกลืนแสง จะได้ความสัมพันธ์เป็นเส้นตรง