

สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมและความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ ที่ผลิตจากวัสดุเหลือใช้ในการผลิตใบจากมวนยาสูบ

The Appropriate Conditions for Preparation and Adsorption Capacity of Activated Carbon from Nypa Palm Cigarette Manufacturing Residues

สุนันทา ข้องสาย^{1*}
Sunanta Khongsai^{1*}

บทคัดย่อ

การใช้ประโยชน์ของต้นจากเพื่อผลิตใบจากมวนยาสูบหรือกิจกรรมอื่น ๆ ทำให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งและก่อให้เกิดปัญหาการจัดการซากต้นจากหรือวัสดุเหลือทิ้ง งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากและเศษทางจากและศึกษาความสามารถในการดูดซับ โดยทำการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 300-500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30-150 นาที แล้วทำการกระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 500-700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60-120 นาที พบว่าผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนไนซ์ที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และกระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ในอัตราส่วน 1:1 ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีค่าการดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดเท่ากับ 771.58 ± 2.78 มิลลิกรัมต่อกรัม มีปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าร้อยละ 0.27 ± 0.01 และ 0.74 ± 0.04 ตามลำดับ มีประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูคิดเป็นร้อยละ 59.30 ± 0.91 ดังนั้นการกระตุ้นผงถ่านจากเศษก้านจากที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที เป็นสภาวะที่สามารถเลือกนำมาผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับได้ เนื่องจากถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าการดูดซับไอโอดีนมากที่สุดซึ่งแสดงถึงสมบัติความพรุนของถ่านกัมมันต์ และมีค่าการดูดซับไอโอดีนมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 8 และมีปริมาณเถ้าน้อยกว่าร้อยละ 6 ตามมาตรฐานของ มอก.900-2547

คำสำคัญ: ใบจากมวนยาสูบ ถ่านกัมมันต์ การดูดซับ

¹ สาขาศึกษาทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการประมง มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตตรัง

* Corresponding author e-mail: Ta047@hotmail.com

Received: 17 April 2020, Revised: 5 May 2020, Accepted: 6 May 2020

Abstract

The use of Nipa Palm for producing Nipa Palm leaves for rolled tobacco or other activities resulted in a large amount of residues and caused problems in the management of the remains from Nipa Palm or residues. The objectives of this research were to produce the activated carbon from Nipa Palm's stalk and stick residues and to study the adsorption abilities of the activated carbon. The carbonization process was determined by heat at temperature of 300-500°C for 30-150 minutes and activated by using the ratio of sample to Zinc (II) Chloride 1:1 at 500-700°C for 60-120 minutes. The results showed that the stalk residues charcoal powder which carbonized at 400 °C for 150 minutes and activated by using the ratio of sample to Zinc (II) Chloride 1:1 at 500°C for 90 minutes was given the highest iodine adsorption capacity of 771.58±2.78 mg/g. Percentages of moisture content and ash content were 0.27±0.01 and 0.74±0.04 respectively. A percentage of Methylene blue adsorption capacity was 59.30±0.91. Therefore, the activated carbon obtained from stalk residues at 500°C for 90 minutes showed a good condition for producing activated carbon with adsorption capacity because of the highest iodine adsorption capacity which indicated the highest porous properties of activated carbon. The activated carbon showed the iodine adsorption capacity higher than 600 mg/g with percentage of moisture content and ash content were less than 8 and 6 respectively, according to the Thai Industrial Standards Institute, TISI.900-2004.

Keywords: Nipa palm leaves for tobacco, activated carbon, adsorption

บทนำ

ถ่านกัมมันต์ (activated charcoal หรือ activated carbon) คือ รูปแบบหนึ่งของธาตุคาร์บอนที่นำมาผ่านการสังเคราะห์ทางเคมี ในกระบวนการผลิตโดยการกระตุ้นให้มีฤทธิ์เพิ่มขึ้น ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับที่มีพื้นที่ผิวสูง สามารถเตรียมได้ด้วยกระบวนการ 2 ขั้นตอน คือ กระบวนการคาร์บอนไนซ์โดยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูง และกระบวนการกระตุ้นซึ่งทำได้ทั้งทางเคมีและทางกายภาพ ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ขึ้นอยู่กับพื้นที่ผิวและโครงสร้างรูพรุน ขนาด เคมีที่ผิวหน้า ธรรมชาติของโมเลกุลที่เป็นสารถูกดูดซับ และความสัมพันธ์ระหว่างขนาดโมเลกุลที่ถูกดูดซับกับขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ ปัจจุบันมีการพัฒนากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ ทำให้ความสนใจในการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นวัสดุดูดซับนำไปใช้ประโยชน์ในการกำจัดสารมลพิษในน้ำ กำจัดไอออนในสารละลาย กำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งเพิ่มขึ้น

คุณสมบัติในการดูดซับของถ่านกัมมันต์หาได้จากไอโซเทอมของการดูดซับของของเหลวบน ถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีการดูดซับ 2 แบบ ได้แก่ 1) การดูดซับไอโอดีน เป็นการหาพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ โดยหาจำนวนมิลลิกรัมของสารละลายไอโอดีนที่ถูกดูดซับ ซึ่งโมเลกุลของไอโอดีนมีขนาดเท่ากับ 0.54 นาโนเมตร เหมาะกับตัวดูดซับที่มีขนาดไมโครพอร์ ซึ่งมีขนาดรูพรุนน้อยกว่า 1.5 นาโนเมตร 2) การดูดซับเมทิลีนบลู เป็นการบอกค่าการดูดซับของถ่านกัมมันต์สำหรับโมเลกุลที่ถูกดูดซับ มีขนาดใกล้เคียงกับโมเลกุลของเมทิลีนบลู ซึ่งโมเลกุลของเมทิลีนบลูมีขนาดเท่ากับ 1.6 นาโนเมตร เหมาะกับตัวดูดซับที่มีขนาดเมโซพอร์ ซึ่งมีขนาดรูพรุนมากกว่า 1.5 นาโนเมตร (จันทิมา และคณะ, 2559)

วัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรถูกนำมาพัฒนาเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติการดูดซับดี เช่น ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกะลามะพร้าวสามารถดูดซับสีย้อมสีไครโซลีนได้ 158.73 มิลลิกรัมต่อกรัม (กิติโรจน์ และคณะ, 2550) ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากเปลือกเมล็ดยางพาราและกระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ สามารถดูดซับไอโอดีนได้ 730.04 มิลลิกรัมต่อกรัม (ไชยยันต์ และคณะ, 2552) ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกไข่ผสมเปลือกหอยแครงในอัตราส่วน 1:3 สามารถดูดซับไอโอดีนได้สูงสุด 510.44 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมเมทิลเรดได้ร้อยละ 64.47 (วิรัชรอง, 2558) ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากเปลือกปูโดยการคาร์บอนซ์ที่อุณหภูมิสูงและกระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ มีคุณสมบัติในการดูดซับสีเมทิลีนบลู สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการกำจัดสีย้อมในน้ำทิ้งจากโรงงาน ฟอกย้อมได้ ทำให้สีย้อมในน้ำทิ้งตัวอย่างมีความเข้มข้นลดลงร้อยละ 63.5-75.6 (อรดี และศศิธร, 2557) ซึ่งเมทิลีนบลูเป็นสีเบสิก (basic dyes) ที่ละลายน้ำได้ มีโครงสร้างที่ทำให้เกิดสี เมื่อมีการปนเปื้อน ในน้ำจะก่อให้เกิดผลกระทบต่อแหล่งน้ำจึงต้องมีการบำบัดสีก่อนลงสู่แม่น้ำ (พชรวรรณ และเฉลิม, 2559) ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากกากตันสาคุที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร มีประสิทธิภาพในการดูดซับไอออนของตะกั่วได้สูงสุดร้อยละ 98.6 (จารุวรรณ และคณะ, 2561)

กิจกรรมหนึ่งที่น่าสนใจให้มีความสนใจคือ การผลิตไบจากมวนยาสูบ ซึ่งเป็นการนำผลผลิตจาก ยอดจากมาแปรรูปเป็นไบจากใช้สำหรับมวนยาสูบ เป็นกระบวนการผลิตหนึ่งที่มีเศษวัสดุเหลือใช้ ก่อให้เกิดมลภาวะให้แก่สิ่งแวดล้อมเนื่องจากเมื่อนำไบจากแห้งไปตัดแต่งเพื่อเตรียมใช้มวนยาสูบก็จะมีเศษของไบจากเหลือทิ้งจำนวนมาก ก่อให้เกิดปัญหาการจัดการซากต้นจากหรือวัสดุเหลือทิ้ง เกิดการนำวัสดุดังกล่าวเททิ้งใกล้บ้านเรือนเกิดการหมักหมมก่อให้เกิดโรคติดต่อและน้ำเสียอีกทาง หนึ่งด้วย ดังนั้นการพัฒนาวัสดุเหลือใช้จากการผลิตไบจากเพื่อใช้ประโยชน์ในรูปแบบของถ่านกัมมันต์ ที่เตรียมด้วยวิธีทางเคมีและสามารถนำไปดูดซับสารพิษจำพวกสีย้อมที่เกิดจากกิจกรรมชุมชน เช่น กลุ่มผลิตภัณฑ์ผ้าบาติก กลุ่มผลิตภัณฑ์กระจูด เป็นการนำทรัพยากรมาใช้ให้เกิดความคุ้มค่าและลด ปัญหาการจัดการซากเศษวัสดุที่เกิดจากกระบวนการผลิตไบจากมวนยาสูบได้

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์

1.1 การเตรียมตัวอย่าง (ตามวิธีการของ อร์ดี และศศิธร, 2557)

นำเศษก้านจากและเศษทางจากมาผึ่งลมให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วนำไปบดให้ละเอียดก่อนนำไปผ่านกระบวนการกระตุ้นทางเคมีต่อไป

1.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์โดยวิธีการทางเคมี

1.2.1 การคาร์บอนไนซ์ (ดัดแปลงตามวิธีการของ อร์ดี และศศิธร, 2557 และธีรดิษฐ์, 2560)

นำถ่านเศษก้านจากและเศษทางจากที่บดละเอียดปริมาณ 100 กรัม ใส่ครุชีเบล พร้อมฝาปิด เผาที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 60 90 120 และ 150 นาที ทิ้งไว้ให้เย็น เก็บใส่ภาชนะให้มิดชิดป้องกันความชื้นเพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน ตามวิธีการในข้อ 3.1 เพื่อหาสภาวะการคาร์บอนไนซ์ที่ดีที่สุด โดยเลือกถ่านที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดมาใช้ในการกระตุ้นต่อไป

1.2.2 การกระตุ้น (ดัดแปลงตามวิธีการของ สุวิทย์ และคณะ, 2559)

นำถ่านเศษก้านจากและเศษทางจากที่มีสภาวะการคาร์บอนไนซ์ดีที่สุด ในข้อ 1.2.1 ผสมกับซิงค์ (II) คลอไรด์ ในครุชีเบลพร้อมฝาปิด 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 เพื่อนำไปวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน ตามวิธีการในข้อ 3.1 เพื่อหาสภาวะการกระตุ้นที่ดีที่สุด โดยเลือกถ่านที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดมาใช้ในการวิเคราะห์ต่อไป

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

2.1 การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น (ตามมาตรฐาน ASTM D3173-11)

2.1.1 อุ่นเตาเผาให้มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

2.1.2 นำครุชีเบลพร้อมฝาปิดที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_1)

2.1.3 ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W)

2.1.4 นำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ประมาณ 2-3 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 20 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_2)

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

เมื่อ M = ร้อยละของปริมาณความชื้น

W_1 = น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างก่อนอบ (กรัม)

W_2 = น้ำหนักถ้วยพร้อมฝาและตัวอย่างหลังอบ (กรัม)

W = น้ำหนักตัวอย่าง (กรัม)

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า (ตามมาตรฐาน ASTM D3174-11)

2.2.1 อุ่นเตาเผาให้มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส

2.2.2 นำครุชีเบลพร้อมฝาปิดที่สะอาดไปอบ 30 นาที ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส แล้วนำไปทำให้เย็นโดยใส่ในโถดูดความชื้น เป็นเวลา 15 นาที นำไปชั่งน้ำหนัก (W_3)

2.2.3 ใส่ตัวอย่างประมาณ 1 กรัม จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก (W)

2.2.4 นำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส ประมาณ 6 ชั่วโมง แล้วนำไปทำให้เย็นในโถดูดความชื้น 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)

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

3.1 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน (ตามวิธีการของ รุจิรา, 2556)

ทดสอบโดยวิธีการไตเตรทแบบไอโอดิเมทรี (Iodometry) เพื่อหาปริมาณของไอโอดีนที่ถ่านกัมมันต์ดูดซับไว้โดยใช้สารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮโอซัลเฟต ($Na_2S_2O_3$) เป็นไตเตรนต์ โดยนำผงถ่านตัวอย่าง 0.5000 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารละลาย HCl เข้มข้น 5 เปอร์เซ็นต์ให้ความร้อนเพื่อกำจัดเถ้าและซัลเฟอร์ออกจากผิวถ่านตัวอย่าง แล้วทำปฏิกิริยากับสารละลายไอโอดีนที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอน กรองสารละลาย นำเฉพาะสารละลายส่วนใสไปไทเทรตกับสารละลายโซเดียมไฮโอซัลเฟตที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้ว โดยใช้น้ำแบ่งเป็นอินดิเคเตอร์

3.2 การวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลู (ตามวิธีการของ รุจิรา, 2556)

เติมผงถ่านตัวอย่างที่อบแล้ว 0.5000 กรัม ทำปฏิกิริยากับสารละลายเมทิลีนบลูที่มีความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร pH = 7 ปิดจุก เขย่าแรง ๆ ประมาณ 10 วินาที กรองสารละลาย นำสิ่งกรองไปหาความเข้มข้นที่เหลือจากการดูดซับด้วยเครื่อง UV-Vis Spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร โดยใช้สารละลายบัฟเฟอร์เป็นสารเปรียบเทียบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ในการวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างละ 3 ซ้ำ ($n = 3$) และนำมาผลที่ได้มาหาส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เปรียบเทียบหาความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยการเปรียบเทียบพหุคูณด้วยวิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ผลการวิจัย

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการทางเคมี

นำเศษก้านจากและเศษทางจากมาผึ่งลมให้แห้ง อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 300 400 และ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 60 90 120 และ 150 นาที แล้วนำไปวิเคราะห์ผลผลิตร้อยละและปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ ค่าการดูดซับไอโอดีนเป็นค่าที่ใช้ในการประเมินค่าความพรุนของถ่านกัมมันต์ (อรดี และศศิธร, 2557) พบว่าผงถ่านตัวอย่างที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที (มีผลผลิตร้อยละ 65.96) และผงถ่านจากเศษทางจากที่ทำการคาร์บอนเซชันที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที (มีผลผลิตร้อยละ 69.90) ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าผลผลิตร้อยละและปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับของผงถ่านตัวอย่างจากกระบวนการคาร์บอน

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

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่ต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการประเมินปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ สามารถเลือกสภาวะที่ดีที่สุดเพื่อทำการคาร์บอนไนซ์ผงถ่าน โดยนำผงถ่านจากเศษก้านจากที่ทำการคาร์บอนไนซ์ชั้นที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที และผงถ่านจากเศษทางจากที่ทำการคาร์บอนไนซ์ชั้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที ทำการกระตุ้นโดยผสมกับซิงค์ (II) คลอไรด์ ในครุชเบิลพร้อมฝาปิด อัตราส่วน 1:1 แล้วไปกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 600 และ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 90 และ 120 นาที นำไปวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมี ให้ผลการทดสอบดังนี้

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพ

นำถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้นและเถ้า พบว่าถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณเถ้าต่ำที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงร้อยละปริมาณความชื้นและปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์

อุณหภูมิ	เวลา (นาที)	ปริมาณความชื้น (ร้อยละ)		ปริมาณเถ้า (ร้อยละ)	
		เศษก้านจาก	เศษทางจาก	เศษก้านจาก	เศษทางจาก
500	60	0.35±0.04 ^{a,b}	0.25±0.09 ^a	0.97±0.07 ^b	0.86±0.07 ^{b,c}
	90	0.27±0.01 ^{a,b}	0.27±0.01 ^a	0.74±0.04 ^{a,b}	0.78±0.06 ^{a,b,c}
	120	0.28±0.03 ^{a,b}	0.25±0.02 ^a	0.67±0.05 ^a	1.01±0.04 ^c
600	60	0.53±0.04 ^c	0.27±0.03 ^a	0.87±0.17 ^{a,b}	0.78±0.09 ^{a,b,c}
	90	0.49±0.09 ^c	0.24±0.01 ^a	0.92±0.15 ^{a,b}	0.63±0.03 ^{a,b}
	120	0.37±0.05 ^b	0.21±0.01 ^a	0.89±0.20 ^{a,b}	0.74±0.33 ^{a,b}
700	60	0.36±0.06 ^b	0.27±0.01 ^a	1.53±0.06 ^c	0.60±0.04 ^{a,b}
	90	0.30±0.10 ^{a,b}	0.30±0.05 ^a	1.41±0.16 ^c	0.69±0.08 ^{a,b}
	120	0.23±0.08 ^a	0.31±0.09 ^a	0.93±0.22 ^{a,b}	0.58±0.12 ^a

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

3. การวิเคราะห์สมบัติทางเคมี

นำถ่านกัมมันต์ตัวอย่างที่ได้มาวิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับไอโอดีน พบว่าถ่านกัมมันต์ที่สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุด ได้แก่ ถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที วิเคราะห์ความสามารถในการดูดซับเมทิลีนบลูโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานเมทิลีนบลู ($Y = 0.1166X - 0.0365$; $R^2 = 0.9972$) พบว่าถ่านกัมมันต์จากเศษก้านจากที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที และถ่านกัมมันต์จากเศษทางจาก

ที่กระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที สามารถดูดซับเมทิลีนบลูได้ดีที่สุด โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูร้อยละ 83.10 ± 0.88 และ 59.76 ± 0.81 ตามลำดับ ให้ผลดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แสดงค่าปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับและร้อยละประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์

อุณหภูมิ	เวลา (นาที)	ปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)		ประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลู (ร้อยละ)	
		เศษก้านจาก	เศษหางจาก	เศษก้านจาก	เศษหางจาก
500	60	528.74 ± 1.61^c	404.54 ± 2.78^f	18.21 ± 0.97^h	8.50 ± 0.30^h
	90	771.58 ± 2.78^a	450.88 ± 1.61^c	59.30 ± 0.91^c	11.04 ± 0.93^g
	120	533.25 ± 4.25^c	474.05 ± 2.78^a	18.83 ± 0.59^h	18.21 ± 0.93^d
600	60	686.31 ± 7.00^b	462.00 ± 4.25^b	28.83 ± 0.34^g	14.34 ± 0.45^f
	90	440.69 ± 8.34^e	397.12 ± 4.25^g	54.79 ± 0.15^e	15.80 ± 0.36^e
	120	410.10 ± 11.12^f	441.61 ± 1.61^d	35.72 ± 0.82^f	22.53 ± 0.50^c
700	60	487.96 ± 9.63^d	430.49 ± 4.25^e	58.06 ± 0.18^d	19.17 ± 0.57^d
	90	320.20 ± 7.00^g	398.98 ± 5.56^{fg}	64.92 ± 0.83^b	59.76 ± 0.81^a
	120	151.51 ± 14.45^h	195.07 ± 4.25^h	83.10 ± 0.88^a	56.38 ± 0.18^b

หมายเหตุ: ตัวเลขที่มีอักษรกำกับที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จะเห็นว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเศษก้านจากมีความสามารถในการดูดซับไอโอดีนได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเศษหางจาก มีความสามารถในการดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดเมื่อทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที แต่มีประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูได้ดีที่สุดเมื่อทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที

เมื่อเปรียบเทียบสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเศษก้านจากที่ทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที และเศษหางจากที่ทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับไอโอดีนได้ดีที่สุดกับวัสดุเหลือทิ้งชนิดอื่น ดังแสดงในตารางที่ 4 พบว่าเศษก้านที่ทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที สามารถนำมาผลิตถ่านกัมมันต์แทนวัสดุชนิดอื่นได้และมีคุณสมบัติอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานเทียบกับถ่านกัมมันต์ทางการค้า

ตารางที่ 4 แสดงคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้ง

วัสดุ	คุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมี			
	ปริมาณ ความชื้น (ร้อยละ)	ปริมาณ เถ้า (ร้อยละ)	ปริมาณไอโอดีน ที่ถูกดูดซับ (มิลลิกรัมต่อกรัม)	ประสิทธิภาพ การจัดสีย้อม (ร้อยละ)
เศษก้านจาก (กระตู่ที่ 500 องศาเซลเซียส 90 นาที)	0.27±0.01	0.74±0.04	771.58±2.78	59.30±0.91
เศษทางจาก (กระตู่ที่ 500 องศาเซลเซียส 120 นาที)	0.25±0.02	1.01±0.04	474.05±2.78	18.21±0.13
กะลามะพร้าว (กิติโรจน์ และคณะ, 2550)	-	-	-	158.73 (สโตนี)
เปลือกเมล็ดยางพารา (ไชยยันต์, 2550)	-	-	730.04	-
กากกาแฟ (เกตศิริ, 2552)	-	-	926.00	-
เปลือกปู (อรดี และศศิธร, 2557)	1.3	2.8	743.99	63.5-75.6 (เมทิลีนบลู)
เปลือกไข่ผสมเปลือกหอยแครง (วิรัชรอง, 2558)	-	-	510.44	64.47 (เมทิลเรด)
ผักตบชวา (จักรกฤษณ์, 2560)	-	-	-	442.20 (รีแอคทีฟแบล็ค5)
ถ่านกัมมันต์มาตรฐาน (สำนักงานมาตรฐาน ผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2547)	น้อยกว่า 8	น้อยกว่า 6	ไม่น้อยกว่า 600	-

ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเศษเหลือทิ้งในการผลิตไบจากให้มีคุณสมบัติเป็นไปตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 900-2547 ทำได้โดยนำเศษก้านจากมาผ่านกระบวนการคาร์บอนที่อุณหภูมิ 400 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 150 นาที มีผลผลิตร้อยละ 65.96 แล้วนำมาระดับด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับ 771.58±2.78 มิลลิกรัมต่อกรัม และมีประสิทธิภาพการจัดเมทิลีนบลูได้ร้อยละ 59.30±0.91

อภิปรายผลการวิจัย

การผลิตถ่านกัมมันต์โดยผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์และกระตุ้นด้วยสารเคมีมีข้อดีคือ ใช้อุณหภูมิต่ำ และใช้ระยะเวลาในการกระตุ้นน้อย สามารถลดขนาดรูพรุน เพิ่มพื้นที่ผิวจำเพาะ และเพิ่มปริมาตรรูพรุนได้ดีมาก ทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีประสิทธิภาพการดูดซับสูงขึ้น (รวินิภา, 2559) ปัจจัยที่มีผลต่อการดูดซับขึ้นอยู่กับกระบวนการเตรียมถ่านกัมมันต์ สภาพการกระตุ้น รวมถึงชนิดของสารกระตุ้น เช่น การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกเมล็ดยางพาราโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และซิงค์ (II) คลอไรด์ เป็นสารกระตุ้น ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์สามารถดูดซับไอโอดีนได้ถึง 911.97 มิลลิกรัมต่อกรัม ในขณะที่ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์สามารถดูดซับไอโอดีนได้ 730.04 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากผิวของเปลือกเมล็ดยางพารามีสภาพความเป็นกรดอ่อน ๆ ส่งผลให้เกิดปฏิกิริยาที่รุนแรงต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ซึ่งเป็นเบสแก่มากกว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นกับซิงค์ (II) คลอไรด์ที่มีสภาพเป็นกรด (ไชยยันต์ และคณะ, 2552) และมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ยังส่งผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ เช่น อัตราส่วนระหว่างสารกระตุ้นต่อวัตถุดิบ อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการกระตุ้น เป็นต้น ซึ่งจากผลการวิจัยนี้พบว่าการผลิตถ่านกัมมันต์โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ ที่อุณหภูมิช่วง 500-700 องศาเซลเซียส จะเห็นว่าการเพิ่มอุณหภูมิการกระตุ้นส่งผลต่อปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับและประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลู เนื่องจากการเพิ่มอุณหภูมิทำให้เกิดรูพรุนได้มากขึ้น เกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างได้ดีขึ้น แต่หากอุณหภูมิสูงเกินไปจะทำให้รูพรุนขยายตัวกว้างขึ้น ส่งผลได้จากค่าประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูที่มากขึ้นด้วย เพราะเมทิลีนบลูมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าไอโอดีน ซึ่งสอดคล้องกับประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านไม้ยางพารา ซึ่งมีปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับมากที่สุดเมื่อทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิสูงขึ้นจนถึง 500 องศาเซลเซียส และลดลงตามลำดับ เมื่อทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 และ 700 องศาเซลเซียส ในขณะที่ประสิทธิภาพการกำจัดเมทิลีนบลูจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ เมื่อทำการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 500 600 และ 700 องศาเซลเซียส ตามลำดับ (จันทิมา และคณะ, 2559) ดังนั้นการเตรียมถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ประโยชน์ด้านการดูดซับจึงควรคำนึงถึงขนาดของสารที่ถูกดูดซับเพื่อจะได้เตรียมในสถานะที่ทำให้ได้ตัวดูดซับที่มีประสิทธิภาพเหมาะสม

สรุปผลการวิจัย

การใช้ประโยชน์ของต้นจากเพื่อผลิตไบจากมวนยาสูบหรือกิจกรรมอื่น ๆ ทำให้มีเศษวัสดุเหลือทิ้งที่สามารถนำมาพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ทางเลือกที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมีเหมาะสม สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในรูปแบบของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมด้วยวิธีทางเคมีมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารพิษ ลดปัญหาการจัดการซากเศษวัสดุที่เกิดกระบวนการผลิตไบจากมวนยาสูบ และลดการสร้างมลภาวะให้กับชุมชนได้ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเศษก้านจากโดยกระตุ้นด้วยซิงค์ (II) คลอไรด์ที่อุณหภูมิ 500 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที มีคุณสมบัติเพียงพอที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ เนื่องจากมีค่าปริมาณไอโอดีนที่ถูกดูดซับมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม มีปริมาณความชื้นน้อยกว่าร้อยละ 8 มีปริมาณถ่านน้อยกว่าร้อยละ 6 ตามมาตรฐานของ มอก.900-2547 สามารถนำไปใช้เป็นตัวดูดซับในกระบวนการดูดซับเพื่อกำจัดสารมลพิษในน้ำเช่นเดียวกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรชนิดอื่น ไม่ว่าจะเป็นสารมลพิษในกลุ่มโลหะหนัก

สีย้อม สารฆ่าแมลงและศัตรูพืช ที่มักพบในกิจกรรมที่เกี่ยวข้องหลายอุตสาหกรรมและมีการปนเปื้อนออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ อีกทั้งสามารถพัฒนาผลิตภัณฑ์เป็นอาชีพเสริมให้กับชุมชนผลิตใบจากมวนยาสูบ ลดปัญหาการจัดการซากต้นจากหรือวัสดุเหลือทิ้ง อย่างไรก็ตามตัวดูดซับที่เตรียมในสถานะที่ต่างกันจะมีพฤติกรรมการดูดซับที่แตกต่างกันออกไป เนื่องจากมีปัจจัยหลายประการที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สมบัติของตัวดูดซับ สมบัติของสารที่ถูกดูดซับ ความเป็นกรดด่าง ความเข้มข้นของสารละลาย ระยะเวลาที่ใช้ในการดูดซับ ปริมาณของตัวดูดซับ และอุณหภูมิ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย

เอกสารอ้างอิง

- กิติโรจน์ หวันตาเหลา ขยาภาส ทับทอง และสินสุภา จุ้ยจุลเจิม. (2550). การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินและกะลามะพร้าว. *วารสารวิจัย มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 10(2), 104-112.
- เกตศิริ เหล่าวชิรสุกุล. (2552). การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์จากกากกาแฟโดยวิธีการกระตุ้นทางเคมี. *วารสารวิชาการ มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย*, 29(2), 116-131.
- จักรกฤษณ์ อัมพูช ฐิตาพร คาญ นันทกานต์ ทองเฟื่อง สุจิตรา แก้วศิริ อิทธิศักดิ์ เภาโพธิ์ ไท แสงเทียน และพุทธร แสงเทียน. (2560). การดูดซับสีย้อมรีแอ็คทีฟแบบลิก 5 บนถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากผักตบชวา. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี*, 19(1), 163-177.
- จันทิมา ชั่งสิริพร พรศิริ แก้วประดิษฐ์ และพฤกระยา พงศ์ยี่หล้า. (2559). การผลิตถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ยางพาราที่ได้จากโรงไฟฟ้าชีวมวลสำหรับงานเครื่องกรองน้ำ. *รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์*.
- จารุวรรณ คำแก้ว ประสิทธิ์ รุ่งเรือง และนรารัตน์ ทองศรีนุ่น. (2561). การเตรียมถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือทิ้งต้นสาคุเป็นตัวดูดซับสำหรับกำจัดไอออนตะกั่วจากสารละลาย. *รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา*.
- ไชยยันต์ ไชยยะ ปทุมทิพย์ ตันทับทิมทอง และวราภรณ์ ธนะคุณรังสรรค์. (2552). อิทธิพลของสารกระตุ้นที่มีต่อหมู่ทำหน้าที่และประสิทธิภาพในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกเมล็ดยางพารา. *รายงานวิจัย. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลกรุงเทพ*.
- ธีรดิษฐ์ โพธิ์ตันติมงคล. (2560). ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกระตุ้นทางเคมีเพื่อการประยุกต์ใช้กำจัดสารมลพิษในน้ำ. *วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้*, 8(1), 196-214.
- พชรวรรณ อังศิริสวัสดิ์ และเฉลิม เรืองวิริยะชัย. (2559). การดูดซับสีย้อมเมทิลีนบลูโดยใช้เปลือกหน่อไม้แห้ง. ใน *The national and international graduate research conference 2016* (หน้า 343-350). ขอนแก่น: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- รวินิภา ศรีมูล. (2559). การบำบัดสีย้อมในน้ำเสียด้วยกระบวนการดูดซับ. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 44(3), 419-434.
- รุจิรา ปิ่นแก้ว. (2556). การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากขี้ข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน. *รายงานวิจัย*. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- วิรัชรอง แสงอรุณเลิศ. (2558). การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกไข่และเปลือกหอยแครงโดยวิธีกระตุ้นทางเคมี. *วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์*, 7(7), 97-110.
- สุวิทย์ ทองทรัพย์ สุดปรารถนา ธีราติ มินตรา บุญลัญชัยกุล ปวีณา พลัดพราก และจุไรวัลย์ รัตนะพิสิฐ. (2559). การดูดซับเมทิลีนบลูของถ่านกัมมันต์จากขี้เลื่อยไม้มะพร้าว. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม: มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 4(2), 51-61.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2547). *มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม มอก. 900-2547 ถ่านกัมมันต์*. กระทรวงอุตสาหกรรม, กรุงเทพฯ.
- 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.