

การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ (ZnCl_2) และน้ำส้มควันไม้เป็นตัวกระตุ้น

สังคม สัพโส¹, ยุทธนา ศรีอุดม², ชัยณรงค์ แสนเปา³, วิศิษฐ์ ชัดสาย⁴ และ กันตภณ เปรมประยูร⁵

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของเกษตรกรในประเทศไทยนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ด้วยใช้วิธีการกระตุ้นทางเคมีร่วมกับความร้อนซึ่งสารเคมีที่ใช้กระตุ้น คือ ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ โดยกำหนดอัตราส่วนถ่านต่อสารกระตุ้นโดยมวล 1:1 และ 1:2 ใช้อุณหภูมิในการกระตุ้น 800 และ 900 องศาเซลเซียส เวลาที่ใช้ในการกระตุ้น 120 และ 180 นาที จากการศึกษพบว่ามีการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนที่สภาวะการกระตุ้น อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 0.27 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 612 มิลลิกรัมต่อกรัม รองลงมาคือ การกระตุ้นด้วยน้ำส้มควันไม้ร่วมความร้อน ใช้สภาวะการกระตุ้นที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 120 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีค่าความหนาแน่นปรากฏเท่ากับ 0.28 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าการดูดซับไอโอดีน เท่ากับ 485 มิลลิกรัมต่อกรัมจากการศึกษาข้างต้นจะเห็นได้ว่า การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ เป็นตัวกระตุ้นได้ดีกว่าน้ำส้มควันไม้ และเศษไม้ลำไยสามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์ได้ เพราะผ่านมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ค่าการดูดซับไอโอดีนไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม และค่าความหนาแน่นปรากฏไม่น้อยกว่า 0.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร

คำสำคัญ: การผลิตถ่านกัมมันต์, การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์, เศษไม้ลำไย

¹ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก Email: sangkom.s@gmail.com

² ผู้ช่วยศาสตราจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

³ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

⁴ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา ตาก

⁵ อาจารย์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตขอนแก่น

PRODUCTION OF ACTIVATED CARBON FROM LONGAN WOOD CHIPS USING ZINC CHLORIDE (ZnCl_2) AND WOOD VINEGAR ACTIVATORS

Sangkom Subphaso¹, Yuttana Sriudom², Chainarong Saenpao³, Wisit Khudsai⁴ and Kantapon Premprayoon⁵

ABSTRACT

This research studied the production process activated carbon from longan wood chips using method of chemical activation with heat. Using zinc chloride (ZnCl_2) and wood vinegar activators. The condition ratio of charcoal to activator by weight of 1:1 and 1:2 by using the activation temperature of 800 and 900°C. The time for stimulation was 120 and 180 min. The study revealed zinc chloride activator condition was 1:1 ratio of charcoal: ZnCl_2 800°C for 120 min. The bulk density of activated carbon was 0.27 g/cm³ and the iodine number adsorption 612 mg/g followed by the wood vinegar activator condition was 1:1 ratio of charcoal: wood vinegar 800°C for 120 min. The bulk density of activated carbon was 0.28 g/cm³ and the iodine number adsorption 485 mg/g. The study revealed that using ZnCl_2 as activating agent resulted in more Iodine number than using wood vinegar. Longan wood chips can be used as raw materials for the production of activated carbon because bulk density is higher than 0.2 g/cm³ and iodine number adsorption higher than 600 mg/g the level set by Thai Industrial Standards Institute, TISI.900-2004.

Keywords: Activated carbon, zinc chloride activation, Longan wood chips

¹ Lecturer, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak Email: sangkom.s@gmail.com

² Assistant Professor, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

³ Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus

⁴ Lecturer, Faculty of Engineering, Technology Rajamangala University of Technology Lanna Tak

⁵ Lecturer, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Isan Khonkaen Campus

บทนำ

ในภาคเหนือของประเทศไทย เกษตรกรนิยมปลูกลำไยเป็นอย่างมากหลาย ในปี พ.ศ. 2563 มีพื้นที่เพาะปลูก 1,280,000 ไร่ และมีผลผลิต 800,000 ตัน (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2564) ในกระบวนการปลูกลำไยนั้นเกษตรกรจะทำการตัดแต่งลำต้น กิ่ง และใบ เพื่อให้ได้ผลผลิตของลำไยที่มากขึ้น โดยเศษวัสดุที่เหลือทั้งนั้นเกษตรกรจะทำการเผาทิ้งหรือนำมาแปรรูปเป็นถ่านไม้ลำไย แต่ยังมีส่วนน้อยที่จะนำมาแปรรูปเป็นถ่านกัมมันต์ ซึ่งถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) ผลิตจากวัตถุดิบที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก โดยมีวัสดุอยู่มากมายที่สามารถนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้ รวมทั้งวัสดุชีวมวลที่เป็นของเหลือทิ้งทางการเกษตร ได้มีการทำวิจัยมาแล้ว เช่น เปลือกถั่วอัลมอนต์ (Marcilla et al, 2000) ช้างข้าวโพด (Bagheri and Abedi, 2009) ต้นไมยราบยักษ์ (ธีรวัช สิงหศิริ, 2557) และ เมล็ดลำไย (ณัฐวิภา จงรัก, 2554) เป็นต้น ซึ่งสมบัติพิเศษของถ่านกัมมันต์ คือ มีพื้นที่ผิวสูงและมีรูพรุนมากทำให้สามารถดูดซับสารต่าง ๆ ได้ในปริมาณมาก ถ่านกัมมันต์จึงถูกนำไปใช้งานอย่างแพร่หลายและหลากหลายในกระบวนการแยกสารประกอบและการทำให้สารบริสุทธิ์ จึงนิยมใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับสารทั้งที่เป็นของเหลวและก๊าซในอุตสาหกรรมประเภทต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ฟอกสีและดูดกลิ่นในอุตสาหกรรมน้ำตาล การแยกสารประกอบ ไฮโดรคาร์บอน การทำน้ำให้บริสุทธิ์ การกำจัดกลิ่นใช้เป็นตัวกรองก๊าซพิษที่ออกมาจากการเผาไหม้ของยานยนต์ และใช้เป็นยาเพื่อดูดซับสารพิษที่เข้าสู่ร่างกายเป็นต้น ด้วยสมบัตินี้จึงนิยมนำไปใช้ในการดูดซับสารอินทรีย์ หรือ โลหะหนัก เช่น ตะกั่ว ปรอท ทองแดง และโครเมียมที่ปนเปื้อนในน้ำเสีย เป็นต้น (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

ถ่านกัมมันต์ในปัจจุบันนี้มีกระบวนการทำ 2 วิธี วิธีที่ 1 การกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) เป็นการเปลี่ยนวัตถุดิบโดยใช้สารเคมีบางชนิด เช่น ซิงค์คลอไรด์ (Zinc chloride) กรดฟอสฟอริก (Phosphoric acid) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (Potassium hydroxide) ร่วมกับการใช้ความร้อนที่อุณหภูมิประมาณ 450-900°C ในภาคอุตสาหกรรมนิยมผลิตถ่านด้วยวิธีนี้มากกว่าวิธีกระตุ้นทางกายภาพเนื่องจากใช้ความร้อนและเวลาในการผลิตน้อยกว่าแต่บางครั้งถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการผลิตวิธีนี้ อาจมีปัญหาเรื่องสารตกค้างได้ เช่น การพบสังกะสีตกค้าง ในผลิตภัณฑ์สังกะสีเป็นโลหะหนักเมื่อเข้าสู่ร่างกาย เกิดการสะสมที่บริเวณตับและไตทำให้โครโมโซม ผิดปกติ เสี่ยงต่อการเป็นมะเร็ง ส่วนวิธีที่ 2 การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical reactivation) เป็นการนำถ่านที่ผ่านการเผาไหม้ในสภาพอับอากาศ หรือจำกัดอากาศทำให้มีออกซิเจนน้อย มากระตุ้นโดยใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO) หรือไอน้ำที่มีอุณหภูมิกระตุ้น (Activation temperature) ประมาณ 600-950 องศาเซลเซียส ซึ่งจำเป็นต้องใช้พลังงานสูงมาก ทั้งยังไม่สามารถควบคุมสมบัติของถ่านกัมมันต์ให้คงที่ได้ รวมถึงพื้นที่ผิวและรูพรุนเกิดในปริมาณน้อย (ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์, 2562) และในประเทศไทยนั้นมีการผลิตถ่านกัมมันต์แบบ 2 ขั้นตอน ด้วยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ โดย ณัฐวิภา จงรัก (2554) ได้ทำการผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไยโดยใช้อัตราส่วนโดยมวลของซิงค์คลอไรด์ต่อเมล็ดลำไย 2:1 และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

180 นาที ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 826.95 มิลลิกรัม/กรัม สุภาพร รัตนพันธ์ (2557) ได้ทำการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ด้วยการใช้เทคนิคการร่อนโดยการไหลย้อนกลับ ในเปลือกมังคุด ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 820 มิลลิกรัม/กรัม และธีรวัช สิงหศิริ. (2557) ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์กระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ ซึ่งใช้อัตราส่วนโดยมวลของซิงค์คลอไรด์ต่อต้นไมยราบยักษ์ 3.11:1 และเผาที่อุณหภูมิ 800 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ได้ค่าการดูดซับไอโอดีน 966.30 มิลลิกรัม/กรัม ในปี พ.ศ. 2563 ประเทศไทยมีการนำเข้าถ่านกัมมันต์คิดเป็นมูลค่า 545,946,033 บาท และในปี พ.ศ. 2564 มีการนำเข้าเพิ่มเป็น 706,992,120 บาท ซึ่งถือว่ามีความแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกปี (กรมศุลกากร, ม.ป.ป.)

เพื่อเป็นการลดการนำเข้าของถ่านกัมมันต์ในงานวิจัยนี้จึงเล็งเห็นว่าเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากการตัดแต่งกิ่งของต้นลำไยนั้นสามารถมาทำเป็นมาเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ โดยการศึกษาวิธีการกระตุ้นทางเคมีโดยใช้ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ มาศึกษาสภาวะต่าง ๆ ที่เป็นปัจจัยสำคัญในการผลิตถ่านกัมมันต์ เช่น ปริมาณสารกระตุ้นต่อปริมาณวัตถุดิบ อุณหภูมิและเวลาในการเผา เพื่อเป็นแนวทางเป็นการแปรรูปวัสดุที่เหลือทิ้งให้เป็นวัสดุที่มีคุณภาพและมีคุณค่าสูงขึ้น แล้วยังเป็นการใช้ทรัพยากรธรรมชาติที่มีอยู่ให้เป็นประโยชน์และเป็นทางเลือกในการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษากระบวนการการผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากทางการเกษตร
2. เพื่อได้ถ่านกัมมันต์จากเศษไม้ลำไยที่เหลือทิ้งจากทางการเกษตร

ขอบเขตของการวิจัย

1. เศษกิ่งไม้ลำไย มาจากสวนลำไยในจังหวัดตาก และจังหวัดลำพูน
2. ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) Loba chemie Grade AR/ACS 98%
3. น้ำส้มควัน (Wood vinegar) จากเกษตรกรผลิตถ่าน จังหวัดตาก
4. ตัวแปรที่ศึกษา อัตราส่วนของถ่านไม้ลำไยต่อสารกระตุ้น โดยมวล (1:1 และ 1:2) อุณหภูมิ (800 และ 900 องศาเซลเซียส) เวลา (120 และ 180 นาที)

วิธีดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

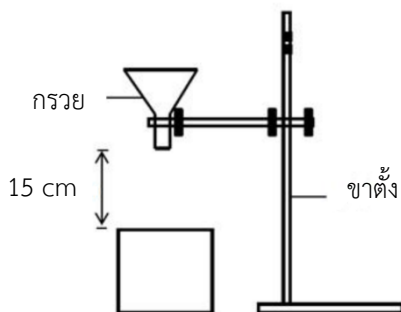
การผลิตถ่านกัมมันต์จากเศษกิ่งไม้ลำไย โดยนำเศษกิ่งไม้ลำไยมาเผาด้วยเตาเผา 200 ลิตร เพื่อให้เป็นถ่าน นำมาบดให้ละเอียด มาร้อนด้วยตะแกรงร่อน ได้ขนาดประมาณ 2 – 5 มิลลิเมตร นำมากระตุ้นด้วยการแช่ ซิงค์คลอไรด์ และน้ำส้มควันไม้ ในอัตราส่วนถ่านไม้ลำไยต่อสารกระตุ้น 1:1 และ 1:2 โดยการแช่ในหลอดทดลอง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง (ณัฐวิภา จงรัก, 2554) หลังจากนั้นนำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 12 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วนำไปเผาในเตาเผาความชื้นที่อุณหภูมิ 800 และ 900 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 120 และ 180 นาที ตามลำดับ หลังจากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส หลาย ๆ ครั้ง จนได้ค่า pH ประมาณ 7 (สุภาพร รัตนพันธ์ และคณะ, 2557) นำไปอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส 6 ชั่วโมง ปล่อยให้เย็น แล้วนำไปศึกษาสมบัติของถ่านกัมมันต์

การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของชีวมวล (Proximate analysis) ความชื้น (Moisture content) ASTM E871-82 สารระเหย (Volatile mater) ASTM E872-82 เถ้า (Ash) ASTM E1755-01) ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = $100 - \text{ร้อยละปริมาณความชื้น} - \text{ร้อยละปริมาณสารระเหย} - \text{ร้อยละปริมาณเถ้า}$

การวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณของถ่าน (Proximate analysis) ความชื้น สารระเหย เถ้า ASTM D1762-84 ปริมาณคาร์บอนคงตัว (Fixed carbon) ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว = $100 - \text{ร้อยละปริมาณความชื้น} - \text{ร้อยละปริมาณสารระเหย} - \text{ร้อยละปริมาณเถ้า}$

การวิเคราะห์ค่าความร้อน ASTM D204

การวิเคราะห์ความหนาแน่นปรากฏ (Bulk density, ρ_b) นำภาชนะที่ทราบปริมาตร (ภาชนะที่ใช้จะขึ้นอยู่กับลักษณะของวัสดุ) ไปชั่งน้ำหนักแล้วบันทึกค่า จากนั้นเตรียมอุปกรณ์ดังรูปที่ 1 โดยปรับตำแหน่งปลายกรวยให้สูงจากปากกระบอกตวงประมาณ 15 เซนติเมตร เทถ่านกัมมันต์ผ่านกรวยลงในภาชนะจนล้น จากนั้นถ่านกัมมันต์ให้เสมอภาชนะ นำไปชั่งน้ำหนักแล้วลบน้ำหนักภาชนะออก จะได้มวลของถ่านกัมมันต์ (m) ส่วน (v) คือปริมาตรที่ขึ้นอยู่กับภาชนะที่ใช้ ทำการทดลอง 5 ซ้ำ จากนั้นคำนวณค่าความหนาแน่นรวมจากสมการ $\rho_b = m/v$ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555)



ภาพที่ 1 อุปกรณ์ในการหาความหนาแน่นปรากฏ (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2555)

การวิเคราะห์หาค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine Number) AWWA B604 ส่งตรวจ กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.)

ผลการทดลองและอภิปรายผล

การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของวัตถุดิบ

การวิเคราะห์สมบัติเบื้องต้นของเศษไม้ลำไย และถ่านไม้ลำไยที่ผลิตได้ก่อนนำไปทำเป็นถ่านกัมมันต์ มีผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ดังตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเศษไม้ลำไยนั้นหลังจากเผาแล้วเป็นถ่านไม้ลำไยมีค่าร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว เท่ากับ 72.96 ซึ่งคิดเป็น 4.80 เท่า ที่ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัวเพิ่มขึ้น ซึ่งเพียงพอที่สามารถนำไปกระตุ้นต่อเป็นถ่านกัมมันต์

ตารางที่ 1 ผลการวิเคราะห์แบบประมาณ (Proximate analysis) ของเศษไม้ลำไย และถ่านไม้ลำไย

Proximate analysis					ค่าความร้อน (MJ/KG)
ชนิดของวัสดุ	ร้อยละ ความชื้น	ร้อยละสาร ระเหย	ร้อยละเถ้า	ร้อยละปริมาณ คาร์บอนคงตัว	
เศษไม้ลำไย	7.57±0.45	77.75±0.74	2.13±0.19	12.55±0.99	18.05
ถ่านไม้ลำไย	2.37±0.13	18.33±1.56	6.34±0.30	72.96±1.51	28.99

การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

ความหนาแน่นปรากฏ

หลังจากนำเศษไม้ลำไยไปเผาแล้วได้เป็นถ่านไม้ลำไย ผู้จัดทำงานวิจัยนำไปกระตุ้นตามสภาวะดังตารางที่ 2 โดยหลังจากทำการกระตุ้นจะเห็นได้ว่าค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์นั้นอยู่เกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ซึ่งไม่น้อยกว่า 0.2 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร เนื่องจากในการใช้อุณหภูมิสูงและเวลาที่ใช้การกระตุ้นมากขึ้น จะมีการปลดปล่อยสารระเหยออกมาจากโครงสร้างภายในมากขึ้น โดยโครงสร้างในส่วนนี้จะมีการพัฒนาไปเป็นโครงสร้างที่มีรูพรุนมากขึ้น จึงทำให้มีค่าความหนาแน่นปรากฏลดลง (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

ตารางที่ 2 ค่าความหนาแน่นปรากฏของถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ลำไย

สภาวะการกระตุ้น	อัตราส่วน สารกระตุ้น:ถ่าน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิในการเผา (องศาเซลเซียส)	เวลาในการเผา (นาที)	ความหนาแน่น ปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)
ไม่ได้รับการกระตุ้น	-	-	-	0.42±0.007
ความร้อน	-	800	120	0.29±0.002
			180	0.28±0.001
		900	120	0.27±0.001
			180	0.27±0.002
น้ำส้มคว้นไม้ร่วม ความร้อน	1:1	800	120	0.28±0.001
			180	0.27±0.004
		900	120	0.26±0.001
			180	0.24±0.010
	2:1	800	120	0.28±0.005
			180	0.26±0.002
		900	120	0.25±0.002
			180	0.24±0.001

สภาวะการกระตุ้น	อัตราส่วน สารกระตุ้น:ถ่าน (โดยน้ำหนัก)	อุณหภูมิในการเผา (องศาเซลเซียส)	เวลาในการเผา (นาที)	ความหนาแน่น ปรากฏ (กรัมต่อลูกบาศก์ เซนติเมตร)
ZnCl ₂ รวมความ ร้อน	1:1	800	120	0.27±0.006
			180	0.28±0.003
		900	120	0.28±0.002
			180	0.25±0.003
	2:1	800	120	0.29±0.002
			180	0.26±0.001
		900	120	0.27±0.002
			180	0.25±0.001

ค่าการดูดซับไอโอดีน

จากตารางที่ 2 นั้น ทุกสภาวะในการต้มนั้นมีค่าความหนาแน่นปรากฏ อยู่ในเกณฑ์ของมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) ทางผู้ทำงานวิจัยจึงเลือกเอาอัตราส่วนถ่าน:สารกระตุ้น 1:1 เพราะจะได้มีสารเคมีตกค้างน้อย และเลือกการเผากระตุ้นที่ใช้พลังงานน้อย 800 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 120 นาที นำไปทดสอบค่าการดูดซับไอโอดีน ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์จากถ่านไม้ลำไย

ค่าที่ทดสอบ	สภาวะการกระตุ้นของถ่านไม้ลำไย				มอก.900-2547
	ไม่ได้รับการ กระตุ้น	ความร้อน (800°C 120 min)	น้ำส้มควันไม้ รวมความร้อน (1:1) (800°C 120 min)	ZnCl ₂ รวมความร้อน (1:1) (800°C 120 min)	
ค่าการดูดซับ ไอโอดีน (mg/g)	211	426	485	612	ไม่น้อยกว่า 600 mg/g

จากตารางที่ 3 จะเห็นว่าการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อน เป็นเพียงสภาวะเดียวที่ ค่าการดูดซับไอโอดีนเป็นไปตามเกณฑ์มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547) โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนทำให้ค่าการดูดซับไอโอดีนมีค่าเพิ่มขึ้นจากถ่านไม้ลำไยที่ไม่ได้รับการตุ้น ถ่านไม้ลำไยที่กระตุ้นโดยความร้อนเพียงอย่างเดียว และถ่านไม้ลำไยที่กระตุ้นด้วยน้ำส้มคว้นไม้ร่วมความร้อน 401 186 และ 127 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ (คิดเป็นการเพิ่มร้อยละ 190.05 42.72 และ 26.19 ตามลำดับ) เนื่องจากการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์นั้นมีสมบัติในการดัดน้ำมันห่าน และสารประกอบอื่น ๆ ที่อยู่ในโครงสร้างของถ่านไม้ลำไย ในขณะที่มีการเผากระตุ้นได้ดี (Lua and Yang, 2005) และการใช้ร่วมอุณหภูมิสูงร่วมด้วยนั้นก็ยิ่งทำให้เกิดรูพรุนหรือช่องว่างขนาดเล็กเกิดการดูดซับไอโอดีนจึงเพิ่มขึ้น (ณัฐวิภา จงรัก, 2554)

สรุปผลการทดลอง

การกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อนนั้นสามารถทำให้ถ่านไม้ลำไยมีสมบัติเพียงพอที่จะผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้เนื่องจากมีค่าการดูดซับไอโอดีนมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามมาตรฐานผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรมถ่านกัมมันต์ (มอก.900-2547)

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ควรนำถ่านกัมมันต์จากไม้ลำไยที่ผ่านการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์ร่วมความร้อน ที่อุณหภูมิที่ 900 องศาเซลเซียส เวลา 120 และ 180 นาที ไปทดลองค่าการดูดซับไอโอดีน เพื่อศึกษาดูว่าได้ค่าการดูดไอโอดีนเท่าไรและนำมาคำนวณว่าจะคุ้มค่ากับการเพิ่มพลังงานและเวลาหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

กรมศุลกากร. (ม.ป.ป.). การนำเข้าถ่านกัมมันต์ คำค้น HS-Code: 380210000.

https://www.customs.go.th/statistic_report.php?

ฉวีวรรณ เพ็งพิทักษ์. (2562). ถ่านกัมมันต์. กรุงเทพฯ: กองเคมีภัณฑ์และผลิตภัณฑ์อุปโภค กรมวิทยาศาสตร์บริการ.

- ณัฐวิภา จงรัก. (2554). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเมล็ดลำไย โดยการกระตุ้นด้วยซิงค์คลอไรด์และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์. (วิทยานิพนธ์ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม (สหสาขาวิชา)) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ธีรวัช สิงหศิริ. (2557). สภาวะที่เหมาะสมของการผลิตถ่านกัมมันต์จากต้นไมยราบยักษ์โดยการกระตุ้นด้วยโซเดียมคลอไรด์และซิงค์คลอไรด์. วิศวกรรมสาร มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 41(4), 527-535.
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. (2555). สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบสมุนไพร. https://www.foodnetworksolution.com/news_and_articles/article/0233/สมบัติทางกายภาพของวัตถุดิบสมุนไพร.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. (2564). ลำไย : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผล ผลผลิต และผลผลิตต่อเนื้อที่ให้ผล ร าย ก า ค แ ล ะ ร าย จ ั ง ห ว ัด ปี 2 5 6 3 . <https://www.oae.go.th/assets/portals/1/fileups/prcaidata/files/longan%2063%20update.pdf>
- Bagheri, N. and Abedi, J. (2009). Preparation of high surface area activated carbon from corn by chemical activation using potassium hydroxide. Chemical Engineering Research and Design. 87(8), 1059-1064.
- Lua, A. C. and Yang, T. (2005). Characteristics of activated carbon prepared from pistachio-nut shell by zinc chloride activation under nitrogen and vacuum conditions. Journal of colloid and interface science. 290(2), 505–513.
- Marcilla, A., García-García, S., Asensio, M. and Conesa, J. A. (2000). Influence of thermal treatment regime on the density and reactivity of activated carbons from almond shells. Carbon. 38(3), 429–440.
- Srisatit, T and Singhasiri, T. (2006). Using activated carbon from eucalyptus (Eucalyptus camaldulensis Dehnh.) and acacia (Acacia mangium Willd.) for chromium and nickel removal from synthesis wastewater. Thai Environmental Engineering Journal 2006. 20(3), 25-37.