

การผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว เพื่อใช้บำบัดโลหะหนักและสีย้อม

สมใจ ขจรชีพพันธุ์งาม¹⁾ นันทวุฒิ พลไชย²⁾ พีระ ชนะชัย²⁾

และมงคล บุญแต่ง²⁾

¹⁾ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

²⁾ นักศึกษาปริญญาตรี ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าวให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวมากที่สุด และศึกษาคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ในการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมและสีย้อมจากน้ำเสีย ตัวแปรสำหรับการผลิตถ่านกัมมันต์ที่ทำการศึกษาคือ เวลา และอุณหภูมิในการเผา โดยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ในแต่ละสภาวะจะถูกนำไปวิเคราะห์หาเลขไอโอดีน เพื่อใช้เป็นตัวชี้บอกถึงปริมาณพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์ ถ่านกัมมันต์ที่ได้จะถูกนำไปใช้ในสารละลายโครเมียมและสีย้อมผ้าและทำการวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมและสีย้อม โดยใช้เครื่อง AAS และ UV/VIS spectrophotometer ตามลำดับ ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่า สภาวะที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ผลิตผลถ่านกัมมันต์มากที่สุดคือ การเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่อุณหภูมิ $850^{\circ}C$ เป็นเวลา 1 หรือ 2 ชม. จะได้ผลผลิตในปริมาณเท่ากันคือ 35.12% ส่วนสภาวะที่ทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวดูดซับมากที่สุด (เลขไอโอดีนมากที่สุด 754) คือ การเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่ $850^{\circ}C$ ใช้เวลากระตุ้น 2 ชม. นอกจากนี้ยังพบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่ $650^{\circ}C$ ใช้เวลาเผากระตุ้น 1 ชม. จะสามารถดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมได้มากที่สุด คือ 2.734 ppm/g และถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่ $650^{\circ}C$ ใช้เวลาเผากระตุ้น 2 ชม. จะสามารถดูดซับสีย้อมได้ในปริมาณสูงที่สุดคือ 0.21 ppm/g

Production of Activated Carbon from Coconut Shell for Heavy Metal and Dye Removal

Somjai Kajorncheappunngam¹⁾ Nunthawut Polchai²⁾ Peera Chanachai²⁾
and Mongkol Boontang²⁾

¹⁾ Lecturer, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

²⁾ Undergraduate Student, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University

Abstract

This research work is a study of producing activated carbon from coconut shell. The objective of this study is to find the optimum condition for producing activated carbon from coconut shell in order to obtain activated carbons with high surface area. This project also emphasized on the determination of the amount of chromium ion adsorption and dye adsorption on the activated carbon that was produced in this project. The variables that are interested in producing activated carbon in this study are duration time and activation temperature. The results show that the optimum condition for producing highest surface area (the highest iodine number, 754) and the highest percent yield (35.12%) are at the activation temperature of 850°C for either 1 or 2 hrs. with CO₂ as an activated gas. The result is indicated that the activated carbon producing by activation at 650°C for 1 hr. with CO₂ can adsorb chromium ion as much as 2.734 ppm/g while the activated carbon producing from the same condition but at longer time of activation (2 hrs.) would adsorb the maximum amount of dye of 0.21 ppm/g.

บทนำ

ถ่านกัมมันต์ (activated carbon) เป็นวัสดุจำพวกคาร์บอนหรือวัสดุที่มีธาตุคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลัก ผลิตโดยนำวัตถุดิบไปผ่านกระบวนการ 2 ขั้นตอนคือ ขั้นตอนแรกเป็นการเผาเพื่อเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นถ่านหรือคาร์บอน (carbonization) ขั้นตอนที่สองคือ กระบวนการกระตุ้น (activation) เพื่อทำให้เกิดโครงสร้างรูพรุนหรือโพรงบนผิวของคาร์บอน ซึ่งทั้งสองกระบวนการดังกล่าวนี้จะทำให้ได้ผลผลิตที่มีปริมาณคาร์บอนสูง และมีโครงสร้างภายในเป็นรูพรุนทำให้คาร์บอนมีพื้นที่ผิวสูง เรียกผลผลิตคาร์บอนที่มีรูพรุนนี้ว่า ถ่านกัมมันต์ ซึ่งการเปลี่ยนแปลงลักษณะโครงสร้างภายในของถ่านกัมมันต์ขึ้นอยู่กับชนิดของวัตถุดิบ เทคนิค และสภาวะที่ทำการเผาวัตถุดิบ ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จะเป็นที่รู้จักกันมานานในแง่ของการใช้เป็นสารดูดซับ (adsorbent) ที่มีความสามารถในการ

ดูดซับสูง ทั้งนี้เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีคุณสมบัติที่พิเศษคือ มีพื้นที่ผิวสูงและมีรูพรุนมาก นอกจากนี้ตามผิวของรูพรุนเหล่านี้ยังมีอิเล็กตรอนอิสระที่พร้อมจะแลกเปลี่ยนประจุ และยึดเหนี่ยวโมเลกุลของสารต่างๆ ได้อย่างดี (กรมส่งเสริมการเกษตร, 2541) ดังนั้น จึงนิยมใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับสารที่อยู่ในสถานะก๊าซ หรือของเหลวในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างแพร่หลาย โดยแบ่งการใช้งานตามลักษณะรูปร่างของถ่านกัมมันต์ (สรุปช่วงธุรกิจ, 2533) คือ ถ่านกัมมันต์ชนิดที่เป็นผงละเอียดจะนำมาใช้งานที่เกี่ยวข้องกับสารละลายหรือของเหลวเช่น ใช้ในการฟอกสีน้ำตาลดิบ ใช้ในอุตสาหกรรมน้ำมันพืชเพื่อฟอกสีและทำให้มีรสดีขึ้น ใช้ดูดกลิ่นและสีของผลิตภัณฑ์อาหาร ใช้ในการดูดกลิ่นที่ไม่ต้องการในอุตสาหกรรมแอลกอฮอล์และเครื่องดื่ม และใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมทำน้ำดื่มให้บริสุทธิ์ เป็นต้น ส่วนถ่านกัมมันต์ที่เป็นเม็ดหรือเกล็ดจะนิยมนำมาใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำก๊าซให้บริสุทธิ์เช่น อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศใช้ถ่านกัมมันต์ในการดูดก๊าซต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย และอุตสาหกรรมทำหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ ทั้งที่ใช้ในกิจการทหารและที่ใช้ในงานทั่วไป เป็นต้น

วัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ควรจะมีปริมาณคาร์บอนสูงและขี้เถ้า (ash) ต่ำ วัตถุดิบหลักที่มีกำเนิดมาจากพืชที่นิยมใช้ผลิตถ่านกัมมันต์ได้แก่ ถ่านหิน ไม้ พืท (ดำรง, 2533) หรือวัตถุดิบที่มาจากสัตว์เช่น กระดุกสัตว์ และเลือด เป็นต้น นอกจากนี้ในระยะหลังได้มีนักวิจัยหันมาสนใจศึกษาการนำวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเช่น ชานอ้อย กะลามะพร้าว ชังข้าวโพด เปลือกปาล์ม มาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตถ่านกัมมันต์เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีองค์ประกอบคาร์บอนค่อนข้างสูง

มะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของประเทศไทย ผลของมะพร้าวถูกนำมาใช้บริโภคโดยตรงหรือใช้เป็นส่วนประกอบของอาหาร ทั้งในรูปของเนื้อมะพร้าวและน้ำกะทิ และใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมผลิตน้ำมันมะพร้าว จากสำนักงานสถิติแห่งชาติได้เคยสำรวจพบว่า ประชากรไทยบริโภคเนื้อมะพร้าวประมาณปีละ 990 ล้านผลหรือประมาณ 65% ของผลผลิตทั้งหมด ส่วนที่เหลือประมาณ 35% ของผลผลิตทั้งหมดหรือ 489 ล้านผลใช้ในรูปของอุตสาหกรรมหรือส่งออกต่อไป (วิโรจน์, 2518)

กะลามะพร้าวเป็นองค์ประกอบอีกส่วนหนึ่งของมะพร้าว ซึ่งจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งหลังการบริโภคมะพร้าว โดยทั่วไปแล้วจะนำกะลามะพร้าวมาใช้ประโยชน์หรือกำจัดทิ้งโดยการเผาเพื่อทำเป็นเชื้อเพลิง เนื่องจากกะลามะพร้าวมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นคาร์บอน (ประกอบด้วย fixed carbon ประมาณ 62.95% by mass) (Satya sai, P.M. and Ahamed, Jaleel, 1997) กะลามะพร้าวจึงถือว่าเป็นวัสดุเหลือทิ้งที่เหมาะสมที่จะนำมาใช้

เป็นวัตถุดิบในการทำถ่านกัมมันต์ ดังนั้น วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้จึงมุ่งสนใจที่จะนำกะลามะพร้าวมาเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ โดยจะทำการผลิตถ่านกัมมันต์โดยทำการเผากะลามะพร้าวที่สภาวะต่างๆ กัน เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมที่จะให้ได้ผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวสูงๆ ช่วงเวลาในการเผาที่สนใจคือช่วง 1-2 ชม. อุณหภูมิที่ทำการเผาอยู่ในช่วง $650-850^{\circ}\text{C}$ และก๊าซที่ใช้ในการกระตุ้นในขณะที่เผาคือ ก๊าซ CO_2 ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้แต่ละสภาวะ จะถูกนำไปทดสอบหาความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะหนักเช่น โครเมียมไอออนและการดูดซับปริมาณของสีย้อม ซึ่งทั้งไอออนของโลหะหนักและสีย้อมเป็นองค์ประกอบที่มีอยู่ในน้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรม ซึ่งควรจะต้องทำการบำบัดก่อนที่จะปล่อยลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดังนั้น หากถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากกะลามะพร้าวนี้สามารถกำจัดไอออนของโลหะหนักและสีได้ ก็จะเป็นประโยชน์ต่องานบำบัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมได้เป็นอย่างมาก อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มมูลค่าเพิ่มให้แก่กะลามะพร้าวซึ่งจัดเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรที่จำเป็นต้องกำจัดทิ้ง

วิธีทดลอง

- 1) นำกะลามะพร้าวมาล้างให้สะอาด แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ $103^{\circ}\text{C}-105^{\circ}\text{C}$ เป็นเวลา 3 ชม. เพื่อไล่ความชื้นออก
- 2) นำกะลามะพร้าวที่ผ่านการล้างแล้วตามข้อ 1) มาบดให้ได้ขนาดประมาณ $0.5\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ โดยใช้เครื่อง Hammer mill
- 3) นำกะลามะพร้าวที่บดไปชั่งน้ำหนักแล้วนำไปแช่ในกรด H_3PO_4 เป็นเวลา 1 ชม. ในอัตราส่วน H_3PO_4 ต่อกะลามะพร้าวเท่ากับ 0.75
- 4) นำกะลามะพร้าวจากข้อ 3) ใส่ลงในเครื่องปฏิกรณ์ แล้วทำการเผาที่สภาวะต่างๆ ดังนี้
 - ป้อนก๊าซ N_2 เข้าสู่เครื่องปฏิกรณ์ด้วยอัตราการไหลคงที่และเพิ่มอุณหภูมิของเครื่องปฏิกรณ์จากอุณหภูมิห้องจนถึง 400°C แล้วคงอุณหภูมิไว้ที่ 400°C เป็นเวลา 1 ชม.
 - จากนั้นทำการป้อนก๊าซ CO_2 (หยุดป้อนก๊าซ N_2) ด้วยอัตราการไหลคงที่ เพิ่มอุณหภูมิจนถึงอุณหภูมิที่ต้องการ (650°C 750°C และ 850°C ตามลำดับ) โดยแต่ละอุณหภูมิที่ต้องการนั้นจะคงอุณหภูมินั้นไว้เป็นเวลา 1 และ 2 ชม. ตามลำดับ ต่อจากนั้นทิ้งไว้ให้เย็นลงจนถึงอุณหภูมิห้องแล้วทำการชั่งน้ำหนักถ่านกัมมันต์ที่ได้เพื่อนำไปคำนวณหาปริมาณผลิตภัณฑ์ที่ผลิตได้ (%yield)

- 5) นำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ที่แต่ละสภาวะไปบดแล้วนำไปวิเคราะห์หาค่า iodine number
- 6) ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ที่แต่ละสภาวะประมาณ 0.5 กรัมแล้วนำไปแช่ในน้ำเสียที่มีไอออนของโลหะหนักโครเมียมละลายอยู่เป็นเวลา 2 วัน จากนั้นทำการวิเคราะห์หาปริมาณของไอออนโครเมียม ที่ถูกดูดซับไว้โดยถ่านกัมมันต์โดยใช้เครื่องมือ atomic absorption spectrophotometer (AAS)
- 7) ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ในแต่ละสภาวะประมาณ 10 กรัมไปแช่ในน้ำสีย้อมผ้าสีแดงที่มีปริมาตร 50 ml และความเข้มข้น 1 g/l เป็นเวลา 5 วัน หลังจากนั้นนำน้ำสีแดงไปวิเคราะห์หาปริมาณของสีที่ถูกดูดซับ โดยเครื่อง UV/Visible spectro photometer

ผลการทดลองและอภิปรายผลการทดลอง

เมื่อนำผลผลิตถ่านกัมมันต์ ที่ได้จากการเผากะลามะพร้าวที่สภาวะการเผาต่างๆ ไปทำการวิเคราะห์หาเปอร์เซ็นต์ของผลผลิต (%yield) และค่าเลขไอโอดีน (iodine number) แล้วจะได้ผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1

แสดงเปอร์เซ็นต์ของผลผลิตถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้และค่าเลขไอโอดีน

Sample	เวลาที่ใช้กระตุ้น (ชม.)	อุณหภูมิที่ใช้กระตุ้น (°C)	% ผลผลิตที่ได้	เลขไอโอดีน
S1	1	650	27.98	520
S2	2	650	29.17	553
S3	1	750	32.26	451
S4	2	750	32.62	633
S5	1	850	35.12	743
S6	2	850	35.12	754

จากผลในตารางแสดงให้เห็นว่า อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นต่างกันจะมีผลกระทบต่อปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ดังนี้คือ เมื่ออุณหภูมิในการกระตุ้นเพิ่มขึ้นจะได้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์เพิ่มขึ้น โดยผลการทดลองพบว่าสภาวะที่ทำให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์มากที่สุด คือการเผากะตุนด้วยก๊าซ CO_2 ที่อุณหภูมิ $850^{\circ}C$ เป็นเวลา 1-2 ชม. ส่วนการเผากะตุนที่อุณหภูมิเดียวกันระยะเวลาที่ใช้กระตุ้นต่างกัน จะมีผลทำให้ปริมาณของผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ไม่ต่างกันมากนัก

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ค่าเลขไอโอดีนที่แสดงไว้ในตารางที่ 1 ซึ่งให้เห็นว่า ทั้งอุณหภูมิและระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นมีผลกระทบต่อค่าเลขไอโอดีน (ค่าเลขไอโอดีนเป็นค่าที่สัมพันธ์กับพื้นที่ผิวในการดูดซับของวัสดุโดยเลขไอโอดีนสูง หมายถึง วัสดุมีพื้นที่ผิวในการดูดซับสูง) คือ เลขไอโอดีนจะมีค่าเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิ และระยะเวลาที่ใช้ในการกระตุ้นที่เพิ่มขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากที่สภาวะอุณหภูมิการเผาที่สูงขึ้นและระยะเวลาในการเผาที่ยาวนานขึ้น จะทำให้ก๊าซ CO_2 มีโอกาสทำปฏิกิริยากับพื้นผิวของคาร์บอนของกะลามะพร้าวได้มากขึ้น ทำให้เกิดโครงสร้างของรูพรุนหรือโพรงในตัวคาร์บอนหรือถ่านกัมมันต์ได้มากขึ้น ซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวของถ่านกัมมันต์จึงส่งผลให้ค่าเลขไอโอดีนสูงขึ้นตามไปด้วย จากค่าเลขไอโอดีนในตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่าสภาวะการเผาที่ทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวการดูดซับมากที่สุดคือการเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่อุณหภูมิ $850^{\circ}C$ เป็นเวลา 2 ชม.

ตารางที่ 2 แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ที่สภาวะต่างๆ กัน

ตารางที่ 2
แสดงผลการวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ที่สภาวะต่าง ๆ กันใช้เวลาในการดูดซับ 2 วัน

Sample	เลขไอโอดีน	น้ำหนักถ่านกัมมันต์ (g)	ปริมาณโครเมียม			
			เริ่มต้น (ppm)	ที่เหลือ (ppm)	ที่ถูกดูดซับ (ppm)	ที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ (ppm/g)
S1	520	0.5011	1.40	0.03	1.37	2.7340
S2	553	0.5021	1.40	0.12	1.28	2.5793
S3	451	0.5009	1.40	0.08	1.32	2.6353
S4	633	0.5028	1.40	0.13	1.27	2.5259
S5	743	0.5032	1.40	0.12	1.28	2.5437
S6	754	0.5008	1.40	0.11	1.29	2.5759

จากตารางที่ 2 จะเห็นว่า ที่ปริมาณการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมของถ่านกัมมันต์ไม่ได้เพิ่มขึ้นตามพื้นที่ผิวของการดูดซับ (หรือค่าของไอโอดีน) กล่าวคือ เมื่อพิจารณาถ่านกัมมันต์ที่ได้จากสภาวะการเผาที่อุณหภูมิต่างกันแต่ใช้เวลาในการเผา 1 ชม. เท่ากัน จะพบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิต่ำและที่มีค่าเลขไอโอดีนต่ำกว่า (หรือพื้นที่ผิวดำ) จะสามารถดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมได้ในปริมาณที่

มากกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีค่าเลขไอโอดีนสูงกว่า (เปรียบเทียบค่าปริมาณโครเมียมที่ถูกดูดซับของถ่านกัมมันต์ S1 S3 และ S5) เพื่อพิจารณาถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผาเป็นเวลาเท่ากันคือ 2 ชม. แต่ที่อุณหภูมิต่างๆ กัน (เปรียบเทียบค่าปริมาณโครเมียมที่ถูกดูดซับของถ่านกัมมันต์ S2 S4 และ S6) พบว่าถ่านกัมมันต์ตัวอย่าง S2 S4 และ S6 จะมีความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมได้ใกล้เคียงกันคือประมาณ 2.5 ppm/g ดังนั้น จะเห็นได้ว่าความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมไม่ได้ขึ้นอยู่กับปริมาณพื้นที่ผิวดูดซับ (หรือค่าของเลขไอโอดีน) เพราะถ่านกัมมันต์ที่มีเลขไอโอดีนสูงสุดไม่ได้มีผลการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมสูงสุด ดังนั้น อาจจะเป็นไปได้ว่า ความสามารถในการดูดซับไอออนของโลหะโครเมียมขึ้นอยู่กับขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์มากกว่าพื้นที่ผิวในการดูดซับนั่นคือ ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าเลขไอโอดีนสูงๆ (พื้นที่ผิวในการดูดซับสูงๆ) อาจจะมีรูพรุนขนาดเล็กกว่าขนาดของไอออนของโครเมียมจึงทำให้ไอออนของโครเมียมไม่สามารถถูกดูดซับเข้าไปในรูพรุนของถ่านกัมมันต์ได้ จึงทำให้ได้ผลของปริมาณการดูดซับไอออนของโลหะโครเมียมน้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวน้อยกว่า (เลขไอโอดีนต่ำกว่า) แต่มีขนาดรูพรุนใหญ่กว่าขนาดไอออนของโครเมียมจึงสามารถดูดซับไอออนของโครเมียมได้มากกว่า

ผลการทดลองการวิเคราะห์หาปริมาณการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์สภาวะ S1 ถึง S6 ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3
แสดงความเข้มข้นของน้ำสีที่ถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์

Sample	เลขไอโอดีน	ความเข้มข้นของน้ำสี			
		ก่อนดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (ppm)	ภายหลังถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (ppm)	ที่ถูกดูดซับด้วยถ่านกัมมันต์ (ppm)	ที่ถูกดูดซับต่อน้ำหนักถ่านกัมมันต์ (ppm)/g
S1	520	1.000	0.826	0.174	0.0174
S2	553	1.000	0.790	0.210	0.0210
S3	451	1.000	0.918	0.082	0.0082
S4	633	1.000	0.933	0.067	0.0067
S5	743	1.000	0.959	0.041	0.0041
S6	754	1.000	0.977	0.023	0.0023

จากตารางที่ 3 แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์สภาวะ S1 และ S2 จะสามารถดูดซับสีได้ค่อนข้างสูง โดยเฉพาะถ่านกัมมันต์สภาวะ S2 ในขณะที่ถ่านกัมมันต์สภาวะ S3 ถึง S6 สามารถดูดซับสีได้ในปริมาณค่อนข้างน้อยทั้งนี้แสดงให้เห็นว่าถ่านกัมมันต์ที่ทำการเผากระตุ้นที่อุณหภูมิสูงกว่า 650°C (ตัวอย่าง S4 ถึง S6) จะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวการดูดซับสูงกว่า (เลขไอโอดีนสูงกว่า) แต่จะให้ขนาดรูพรุนที่เล็กกว่า และมีขนาดเล็กกว่าขนาดโมเลกุลของสี จึงทำให้โมเลกุลของสีไม่สามารถดูดซับบนผิวของถ่านกัมมันต์ได้ ดังนั้นจึงทำให้ความสามารถในการดูดซับปริมาณสีของถ่านกัมมันต์ S3-S6 น้อยกว่าถ่านกัมมันต์ S1 และ S2 ซึ่งมีพื้นที่ผิวการดูดซับน้อยกว่าแต่รูพรุนขนาดใหญ่กว่า

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

จากผลการทดลองศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว โดยการเผากระตุ้นที่สภาวะต่างๆ และเมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าเลขไอโอดีน ปริมาณการดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียม และการดูดซับสี สามารถสรุปผลการทดลองได้ดังนี้

- 1) สภาวะที่เหมาะสมที่จะผลิตถ่านกัมมันต์ เพื่อให้ได้ปริมาณผลิตภัณฑ์ถ่านกัมมันต์มากที่สุด (35.12%) คือ การเผากระตุ้นด้วยไอน้ำ ที่อุณหภูมิ 850°C เป็นเวลา 1-2 ชม.
- 2) สภาวะที่เหมาะสมที่จะผลิตถ่านกัมมันต์เพื่อให้มีพื้นที่ผิวในการดูดซับสูงที่สุด (ค่าเลขไอโอดีนสูงสุด 754) คือทำการเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่อุณหภูมิ 850°C เป็นเวลา 2 ชม.
- 3) สภาวะที่เหมาะสมที่จะผลิตถ่านกัมมันต์ เพื่อใช้ดูดซับไอออนของโลหะหนักโครเมียมให้ได้สูงสุด (2.734 ppm/g) นั้นต้องทำการเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่อุณหภูมิ 650°C เวลาในการกระตุ้น 1 ชม.
- 4) สภาวะที่เหมาะสมที่จะผลิตถ่านกัมมันต์เพื่อใช้ในการดูดซับสีให้ได้สูงสุด (0.21 ppm/g) นั้น ต้องทำการเผากระตุ้นด้วยก๊าซ CO_2 ที่อุณหภูมิ 650°C เวลาในการกระตุ้น 2 ชม.

ข้อเสนอแนะ

- 1) ควรมีการเพิ่มสภาวะในการทดลองให้มากกว่านี้เช่น เพิ่มช่วงอุณหภูมิ เพิ่มช่วงเวลาในการเผากระตุ้น
- 2) ควรมีการศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้วิธีกระตุ้นทางเคมี

- 3) ในการหาพื้นที่ผิวในการดูดซับ ควรจะใช้เครื่องมือในการวิเคราะห์หาพื้นที่ผิวโดยตรงเช่น เครื่อง surface area analyzer ประกอบผลการวิเคราะห์ร่วมกับเลขไอโอดีน เพื่อให้ได้ค่าพื้นที่ผิวที่ถูกต้องยิ่งขึ้น
- 4) ควรใช้อีออนของโลหะหนักหลายๆ ชนิดในการทดสอบคุณสมบัติในการดูดซับไอออนของโลหะหนักของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้
- 5) ควรศึกษาวิเคราะห์หาขนาดของรูพรุนของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ โดยอาจจะใช้ scanning electron microscope (SEM) เป็นเครื่องมือวิเคราะห์

เอกสารอ้างอิง

- กรมส่งเสริมการเกษตร. 2541. “การปลูกมะพร้าว.” สารพันความรู้สู่
วิกฤต เศรษฐกิจไทย คำแนะนำที่ 8. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา
<http://www.kku.ac.th/agri/coconut1/index.html> (4 กุมภาพันธ์ 2545).
 “การเกษตรและอุตสาหกรรม.” 2533. **สรุปข้างธุรกิจ.** 23-27: 35-44.
 ดำรง ขุนมงคล. 2533. “การผลิตถ่านกัมมันต์โดยใช้ NaCl เป็นตัวกระตุ้น.”
วิศวกรรมสาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี. 43,6: 96-99.
 วิโรจน์ วิภาตแพทย์. 2518. “อุตสาหกรรมการผลิตถ่านที่มีปฏิกิริยา (active
 carbon).” **อุตสาหกรรมสาร.** 18, 3: 1-13.
 Satya sai, P.M. and Ahamed, Jaleel, 1997, “Production of activated
 carbon from coconut shell char in Fluidized Bed Reactor.”
Ind.Eng.chem.Res. 36, 9: 3625-3630.