ถ่านกัมมันต์ ดำดีมีประโยชน์

รศ.ดร. เฉลิม เรืองวิริยะชัย
ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
123 ถนนมิตรภาพ ต. ในเมือง อ. เมือง จ. ขอนแก่น 40002

จากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีและการขยายตัวอย่างรวดเร็วในด้านอุตสาหกรรม เป็นผลให้มนุษย์จำเป็นต้องผลิตสินค้าให้มากขึ้น เพื่อตอบสนองความต้องการเหล่านั้นอย่างเพียงพอ ระบบการผลิตในทางอุตสาหกรรม จึงมุ่งเน้นถึงผลผลิตที่ต้องการออกมาจำนวนมาก อันนำไปสู่การปล่อยของเสียจำนวนมากออกสู่สิ่งแวดล้อมตามมา เมื่อของเสียเหล่านั้นมีปริมาณมากเกินกว่าที่ธรรมชาติจะปรับให้สมดุล จึงก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อมขึ้น ในปัจจุบันปัญหาดังกล่าวทวีความรุนแรงมากขึ้นแต่เรายังจำเป็นต้องมีการผลิตสินค้าต่อไปอย่างไม่มีที่สิ้นสุด การเลือกใช้กระบวนการผลิตที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหามลภาวะหรือเทคโนโลยีสะอาดนั้น เป็นช่องทางที่ดีสำหรับการแก้ปัญหานี้ และหากไม่สามารถหลีกเลี่ยงการลดการผลิตสารมลพิษต่างๆ ได้ ซึ่งการแยกสารพิษออกจากตัวกลางที่ถูกปนเปื้อน ก็เป็นวิธีการป้องกันรักษาสิ่งแวดล้อมที่ดี ได้อีกทางหนึ่ง ปัจจุบันได้ พบว่า "กระบวนการดูดซับ (adsorption)" เป็นกระบวนการหนึ่งที่มีประสิทธิภาพสูง และได้รับความนิยมอย่างมากในการแยกสารก่อมลพิษออกจากตัวกลางที่เป็นของเหลวหรือก๊าซได้ ในกระบวนการที่กล่าวนั้น จึงต้องการตัวดูดซับ ที่มีคุณสมบัติในการดูดซับได้ดี และมีราคาถูก โดยตัวดูดซับที่นำมาใช้งานอย่างแพร่หลายชนิดหนึ่ง คือ ถ่านกัมมันต์ (activated carbon)

ในปัจจุบัน ถ่านกัมมันต์ที่ได้รับความนิยมคือ การนำเอาวัสดุทางธรรมชาติที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตรมาประยุกต์ใช้ให้เกิดประโยชน์ และเป็นการเพิ่มมูลค่าของวัสดุเหล่านั้น ซึ่งวัสดุดังกล่าวได้แก่ แกลบ เปลือกไม้ เปลือกหอย กะลามะพร้าว กะลาปาล์ม ชานอ้อย ขี้เลื่อย ฯลฯ

ถ่านกัมมันต์คืออะไร

วิทยาคุณและกฤษดานุรักษ์ (2547) ได้กล่าวไว้ว่า ถ่านกัมมันต์เป็นของแข็งที่ประกอบด้วยคาร์บอนเป็นหลัก มีความพรุน และพื้นที่ผิวสูง สามารถผลิตจากชีวมวล เช่น กะลามะพร้าว ไม้ไผ่ มักมีความเป็นขั้วต่ำหรือไม่มีขั้ว ในปัจจุบัน มีการนำคาร์บอนมาใช้อยู่ในรูปของตัวดูดซับ ตัวกรอง และช่วยเพิ่มความแข็งแรงของยาง และอื่นๆ

ส่วน WQA (Water Quality Association 1997) ได้กล่าวไว้ว่า ถ่านกัมมันต์เป็นสารสำหรับบำบัดน้ำ ซึ่งใช้ในรูปแบบของการอัดเป็นเม็ดหรือผง ซึ่งผลิตโดยการให้ความร้อนแก่วัสดุที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบสูงจนถึงอุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส หรือต่ำกว่าภายใต้สภาวะไร้อากาศ จากนั้นทำการกระตุ้นหรือออกซิไดส์ที่อุณหภูมิ 800 -1000 องศาเซลเซียส โดยการใช้ก๊าซช่วยกระตุ้น (oxidizing gases) เช่น ไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้เกิดรูพรุนขึ้นในวัตถุ เนื่องจากก๊าซเหล่านั้นเข้าไปทำปฏิกิริยากับโครงสร้างของคาร์บอน เกิดเป็นสารประกอบออกไซด์ของคาร์บอนหลุดออกไปจากโครงสร้าง เนื้อของคาร์บอนบางส่วนจึงหายไป กลายเป็นวัสดุที่มีรูพรุน ซึ่งมีความสามารถในการดูดซับสูง ถ่านกัมมันต์มักถูกใช้เพื่อกำจัดสารปนเปื้อนที่ละลายอยู่ในน้ำ เช่น สารประกอบอินทรีย์ เป็นต้น

Rodriguez-Reinoso and Molina - Sabio (1992) ได้กล่าวว่า ถ่านกัมมันต์เป็นสารคาร์บอนกลุ่มที่ไม่ใช่แกรไฟต์ (nongraphitic class) และไม่สามารถเปลี่ยนแปลงเป็นแกรไฟต์ได้ (non-graphitizable) ซึ่งผลิตมาจากการนำสารพวกเปลือกไม้ เปลือกผลไม้ ถ่านหิน มาผ่านการเพิ่มความเป็นคาร์บอนในโครงสร้างด้วยกระบวนการไพโรไลซิส (pyrolysis) ภายใต้สภาวะเฉื่อย เกิดเป็นผลิตภัณฑ์ที่เรียกว่า ถ่าน (char) หลังจากนำถ่านไปสลายบางส่วนออกไปในรูปของก๊าซ โดยให้ทำปฏิกิริยากับไอน้ำหรือก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์เป็นถ่านกัมมันต์ที่มีความพรุนเพิ่มขึ้น

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม (มอก. 900-2532) ได้เสนอว่า ถ่านกัมมันต์ คือ ผลิตภัณฑ์

ที่ได้จากการนำวัตถุดิบธรรมชาติที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักมาผ่านกรรมวิธีก่อกัมมันต์ จนได้ผลิตภัณฑ์สีดำ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีคุณสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิด โดยมากเป็นวัสดุอินทรีย์ซึ่งมีคาร์บอน และไฮโดรเจนเป็นองค์ประกอบ ส่วนใหญ่มักเป็นพวกเซลลูโลสที่มาจากพืช และต้นไม้ เช่น ไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้ง และวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย ซังข้าวโพด เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีพวก ถ่านหิน เช่น ลิกไนต์ แอนทราไซต์ เป็นต้น ส่วนวัตถุดิบที่มาจากสัตว์นั้นมี แต่ไม่มากนัก เช่น กระดูก หรือเขาสัตว์ เป็นต้น

การผลิตถ่านกัมมันต์

โดยทั่วไป การผลิตถ่านกัมมันต์ สามารถแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน ดังนี้

1. การคาร์บอไนเซชัน (Carbonization) เป็นขั้นตอนการเผาวัตถุดิบให้เป็นถ่าน โดยใช้วิธีเผาที่ไม่มีอากาศ เพื่อไม่ให้วัตถุดิบกลายเป็นเถ้า ซึ่งอุณหภูมิในการเผาใช้ที่ประมาณ 200 - 400 องศาเซลเซียส

2. การกระตุ้น (Activation) เป็นขั้นตอนการนำถ่านไปเพิ่มคุณภาพด้วยเทคโนโลยีทางวิทยาศาสตร์ สามารถแบ่งได้เป็น 2 วิธีคือ

2.1. การกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้สารเคมีบางชนิด เช่น แคลเซียมคลอไรด์ ซิงค์คลอไรด์ กรดฟอสฟอริก เป็นต้น ซึ่งสามารถแทรกซึมได้ทั่วถึง ทำให้ส่วนที่ไม่บริสุทธิ์ละลายหมดไปได้เร็วขึ้น จากนั้นนำไปเผาในถังที่มีออกซิเจนเป็นเวลาหลายชั่วโมง โดยใช้อุณหภูมิเผาประมาณ 600 - 700 องศาเซลเซียส แต่มีข้อเสียตรงที่ต้องล้างสารเคมีที่ใช้ในการกระตุ้น ซึ่งติดมากับถ่านกัมมันต์ออกให้หมด ไม่ให้เหลือตกค้าง

2.2. การกระตุ้นทางกายภาพ (Physical activation) เป็นการกระตุ้นด้วยการใช้ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ หรือไอน้ำ ซึ่งใช้อุณหภูมิในการเผากระตุ้นค่อนข้างสูงประมาณ 800-1000 องศาเซลเซียส เนื่องจากไอน้ำที่ใช้จะต้องเป็นไอน้ำที่ร้อนยิ่งยวด (superheated steam) เพื่อทำให้สารอินทรีย์ต่างๆ สลายไป ทำให้โครงสร้างภายในมีลักษณะรูพรุนอยู่ทั่วไป ขนาดของรูพรุนที่ได้จะมีขนาดเล็กกว่าการกระตุ้นทางเคมี ซึ่งข้อดีของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยวิธีนี้คือ สามารถนำมาใช้งานได้ทันที โดยไม่จำเป็นต้องล้างสารที่ตกค้างอยู่ภายในออกไป

นอกจากนี้ยังอาจจะใช้ทั้งสองวิธีร่วมกันได้ คือ เมื่อใช้สารเคมีกระตุ้นเสร็จแล้ว นำไปกระตุ้นต่อ โดยใช้แก๊สหรือไอน้ำที่ร้อนยิ่งยวด เพื่อเพิ่มจำนวนรูพรุนให้มากขึ้น

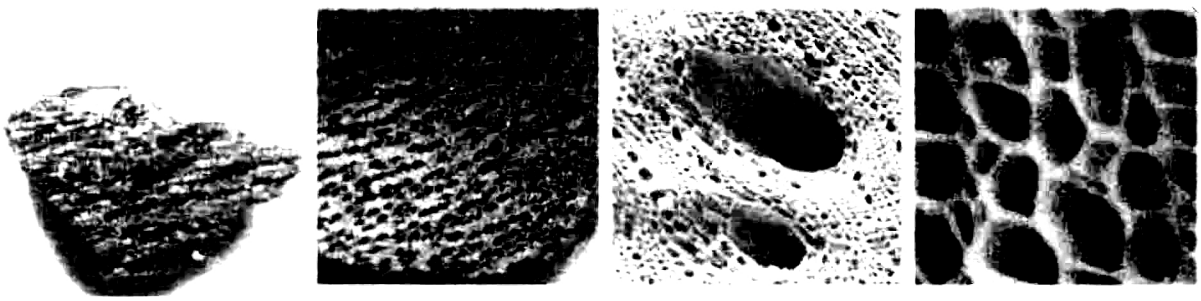
ปัจจุบัน มักนิยมใช้วิธีการกระตุ้นทางเคมีมากกว่าการกระตุ้นทางกายภาพ เนื่องจากให้ข้อดีหลายประการ โดยสามารถพิจารณาลักษณะผิวหน้าและรูพรุนที่เกิดขึ้นจากรูปที่ 1 ตัวอย่างเช่น

1. อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นต่ำและใช้เวลาน้อย

2. ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง ได้รูพรุนขนาดเล็ก และมีขนาดที่ใกล้เคียงกัน

3. ช่วยลดการเกิดทาร์ (tar) และสารอื่นๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างกระบวนการ ดังนั้นร้อยละของผลิตภัณฑ์ที่ได้จึงมีปริมาณสูง

4. องค์ประกอบเถ้าของสารตั้งต้นไม่เป็นอุปสรรคต่อการกระตุ้น



รูปที่ 1. ลักษณะของถ่านกัมมันต์ที่มีผิวหน้าและรูพรุนที่เพิ่มขึ้นจากซ้ายมือไปขวามือที่กระตุ้นด้วยวิธีทางเคมี และถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

ที่มา : http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/wtprimer/carbon/sketcarb.html

องค์ประกอบในถ่านกัมมันต์

ถ่านกัมมันต์โดยทั่วไป จะมีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักประมาณร้อยละ 87 - 90 และมีธาตุอื่นที่เป็นองค์ประกอบคือ ไฮโดรเจน ออกซิเจน ซัลเฟอร์ และไนโตรเจน โดยจะมีปริมาณมากหรือน้อยเท่าใดนั้นขึ้นอยู่กับวัสดุหรือวัตถุดิบที่นำมาผลิตถ่านกัมมันต์

อย่างไรก็ตาม ถ่านกัมมันต์สามารถแบ่งตามลักษณะทางกายภาพ (ดังแสดงในรูปที่ 2) ออกเป็น 5 ชนิด คือ

1. ถ่านกัมมันต์ชนิดผง (Powdered Activated Carbon, PAC) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.15 - 0.25 มิลลิเมตร

2. ถ่านกัมมันต์ชนิดเกล็ด (Granular Activated Carbon, GAC) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.2 - 0.8 มิลลิเมตร

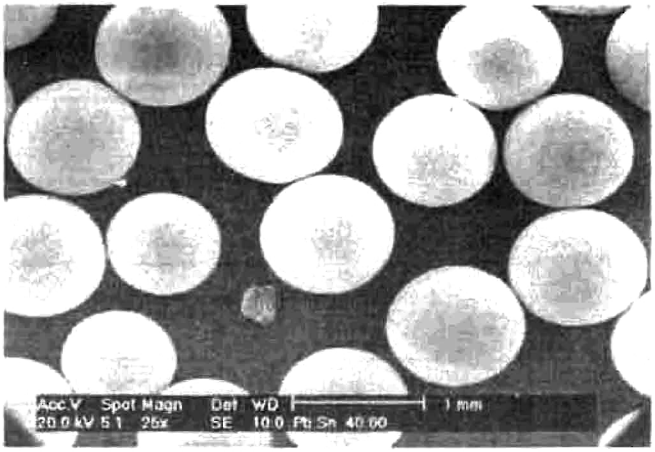
3. ถ่านกัมมันต์ชนิดเม็ด (Pelleted Activated Carbon, PAC) มีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 0.8 - 5 มิลลิเมตร

4. ถ่านคาร์บอนที่แช่สาร (impregnated carbon) เป็นความก้าวหน้าที่นำถ่านที่มีรูพรุนไปแช่ในสารละลายอนินทรีย์ต่างๆ เช่น ไอโอดีน เงิน หรือสารที่มีประจุบวกต่างๆ เช่น อะลูมิเนียม แมงกานีส สังกะสี เหล็ก เป็นต้น (รูปที่ 3) ซึ่งสามารถใช้ดูดก๊าซพิษได้ เช่น ดูดกลิ่นของก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (ก๊าซไข่เน่า) เป็นต้น

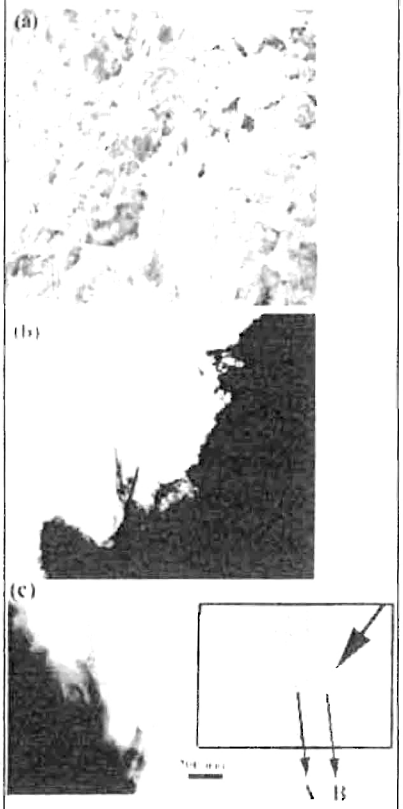
5. ถ่านคาร์บอนที่เคลือบด้วยสารพอลิเมอร์ (Polymer coated carbon) นำถ่านที่มีรูพรุนไปเคลือบกับสารพอลิเมอร์ที่เข้ากันได้ทางชีวภาพ (Biocompatible polymer) ทำให้ผิวของถ่านมีลักษณะเรียบและมีความสามารถในการซึมผ่านของสารได้ โดยไม่มีการปิดรูพรุน ลักษณะภายใน แสดงในรูปที่ 4 โดยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ทางการแพทย์ได้ เช่น ใช้ดูดซับสารพิษในเลือดของผู้ป่วย เป็นต้น

6. ถ่านกัมมันต์แบบอื่นๆ เป็นการผสมผสานของการใช้ถ่านกัมมันต์กับอุตสาหกรรมต่างๆ ให้เกิดผลิตภัณฑ์ที่มีรูปลักษณ์เฉพาะกับผ้าและเส้นใย (รูปที่ 5 และ 6)

รูปที่ 2. แสดงลักษณะของถ่านกัมมันต์ (ก) ชนิดผง (ข) ชนิดเกล็ด และ (ค) ชนิดเม็ด
ที่มา : http://www.cmcc-ac.co.jp/english/product/img/calgon_hyou

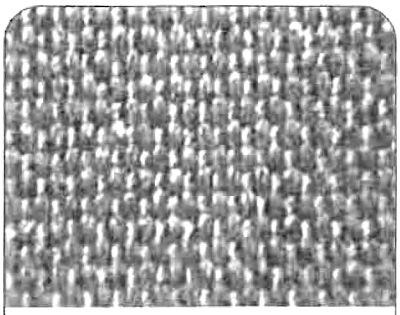


รูปที่ 3. ลักษณะของโลหะที่แช่อยู่ภายในถ่านคาร์บอน
ที่มา : http://www.rmc.ca/academic/chem/research/carbon/images/Novel_carbon.jpg



รูปที่ 4. ลักษณะภายในผงถ่านคาร์บอน ที่เคลือบด้วยสารพอลิเมอร์
ที่มา : www.rsc.org/ej/JM/2001/b102989b/b102989b-f5.gif

รูปที่ 5. ผ้าถ่านกัมมันต์ (Activated carbon cloth)
ที่มา : www.chemvironcarbon.com



รูปที่ 6. เส้นใยถ่านกัมมันต์ (Activated carbon fibre)
ที่มา : www.army-technology.com

พื้นที่ผิวและปริมาตรรูพรุนของถ่านกัมมันต์

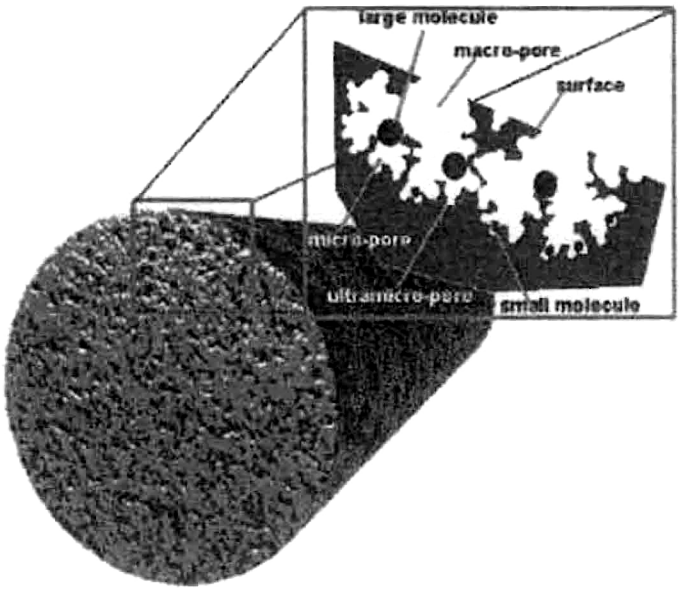
ถ่านกัมมันต์นั้นเป็นโครงสร้างของคาร์บอนที่มีความขรุขระบนพื้นผิวสูง ทำให้มีพื้นที่ผิวบริเวณที่สามารถสัมผัสกับสารอื่นๆ จากของไหลได้มากพอที่จะเกิดแรงจับทางกายภาพ หรือเกิดเป็นพันธะเคมีขึ้นได้ ภายในอนุภาคของถ่านกัมมันต์ประกอบด้วยรูพรุนขนาดเล็กจำนวนมากมาย โดยเชื่อมโยงกันเป็นโครงข่าย ส่วนรูพรุนที่เกิดในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์จะมีขนาดใหญ่เหมาะกับการดูดซับสารอินทรีย์โมเลกุลต่างๆ เนื่องจากถ่านกัมมันต์มีรูพรุนจำนวนมาก ทำให้มีพื้นที่ผิวภายในมาก ซึ่งพบว่าถ่านกัมมันต์เหมาะสำหรับการใช้ดูดซับสารอินทรีย์มากกว่าตัวดูดซับชนิดอื่นๆ ในปัจจุบัน สามารถผลิตถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิว ตั้งแต่ 500 ตารางเมตร/กรัม จนกระทั่งมากกว่า 3,000 ตารางเมตร/กรัม ซึ่งจะเห็นได้ว่า ถ่านกัมมันต์นั้น มีพื้นที่ผิวสูงมากทีเดียว (รูปที่ 7)

IUPAC (International Union of Pure and Applied Chemistry) นั้นได้แบ่งขนาดของรูพรุนบนวัสดุด้วยขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของรูพรุนไว้ดังนี้

1. รูพรุนขนาดใหญ่ (macro pores) จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางใหญ่กว่า 50 นาโนเมตร

2. รูพรุนขนาดกลาง (meso pores) จะมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 - 55 นาโนเมตร

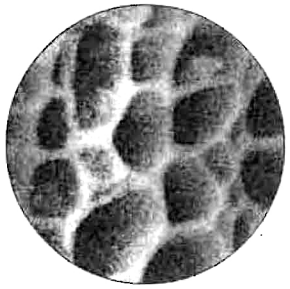
3. รูพรุนขนาดเล็ก (micro pores) จะมีเส้นผ่าศูนย์กลางน้อยกว่า 2 นาโนเมตร



รูปที่ 7. ลักษณะของรูพรุนที่เกิดขึ้นภายในของถ่านกัมมันต์
ที่มา : http://endomoribu.shinshu-u.ac.jp/research/image)

คุณสมบัติที่สำคัญของความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์

ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ ขึ้นอยู่คุณสมบัติหลายประการ ดังแสดงในตารางที่ 1.



ตารางที่ 1. คุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ใช้บอกถึงความเหมาะสมในการเลือกใช้งาน

คุณสมบัติ	ความหมาย
พื้นที่ผิว (surface area)	โดยทั่วไป ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวมากมีความสามารถในการดูดซับสูง
ความหนาแน่นปรากฏ (apparent density)	ความสามารถในการบำบัด เพื่อคืนสภาพของถ่านกัมมันต์ สามารถใช้ตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของถ่านกัมมันต์ก่อนและหลังการบำบัดเพื่อคืนสภาพ
ความหนาแน่นรวม (bulk density)	ปริมาณของถ่านกัมมันต์ที่จำเป็นต้องใช้ในการทำงานจริง เนื่องจากการใช้งานจริงปริมาณของถ่านกัมมันต์ถูกกำหนดในหน่วยของปริมาตร แต่ในการซื้อขายนั้นกำหนดปริมาณของถ่านกัมมันต์ในหน่วยของน้ำหนักแทน
ขนาดอนุภาค (uniformity coefficient)	คุณสมบัติที่เกี่ยวกับการนำถ่านกัมมันต์ไปใช้เพื่อการดูดซับในคอลัมน์ สำหรับใช้ในการกำหนดความเร็ว ความดันของระบบ
ปริมาตรรูพรุน (pore volume)	ใช้กำหนดปริมาณของสารที่สามารถดูดซับได้บนถ่านกัมมันต์
ขนาดของอนุภาค (sieve analysis)	ใช้ตรวจสอบขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ซื้อมาก่อนนำไปใช้
ปริมาณเถ้า (ash content)	ปริมาณเถ้าหรือสารอนินทรีย์ในถ่านกัมมันต์
เลขไอโอดีน (iodine number)	ความสามารถในการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดเล็กและความสามารถในการบำบัด เพื่อคืนสภาพของถ่านกัมมันต์
เลขโมลาส (molasses number)	ความสามารถในการดูดซับสารโมเลกุลใหญ่ของถ่านกัมมันต์
ขนาดรูพรุน (pore size)	ขนาดโมเลกุลของสารที่สามารถดูดซับบนถ่านกัมมันต์ได้
แทนนิน (tannin)	ความสามารถในการดูดซับสารที่มีโมเลกุลขนาดกลางและขนาดใหญ่
ความแข็ง (hardness)	ควรมีไม่เกินร้อยละ 70% AWWA B604 Ro-Tap abrasion test
การกระจายขนาดของอนุภาค (particle size distribution)	ความสามารถการกระจายตัวของถ่านกัมมันต์ที่มีอนุภาคละเอียด

วิธีการตรวจสอบถ่านกัมมันต์อย่างง่าย

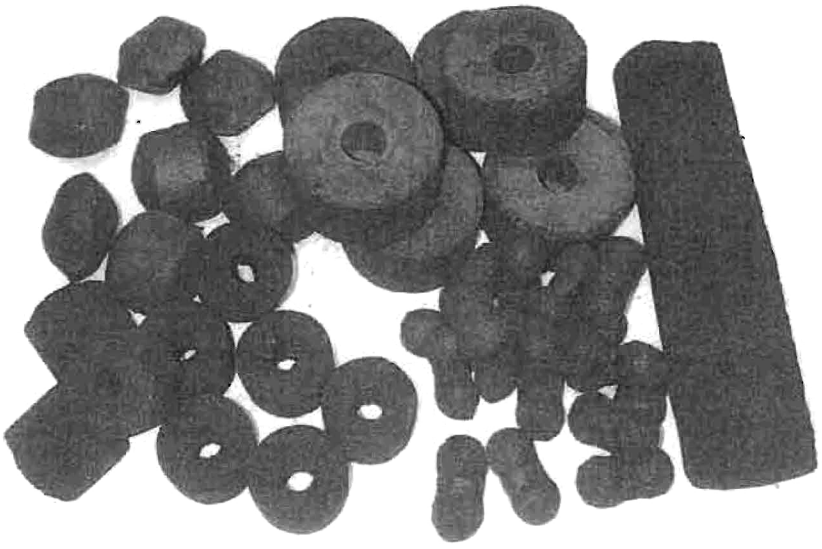
ถ่านกัมมันต์กับถ่านธรรมดาที่คาร์บอไนส์แล้ว เมื่อดูลักษณะภายนอกจะมองไม่เห็นความแตกต่างกัน ด้วยเหตุนี้ การซื้อขายที่ไม่มีการรับรองผลการตรวจคุณภาพถ่านกัมมันต์ จึงเป็นการเสี่ยงที่จะได้รับผลิตภัณฑ์ถ่านธรรมดาหรือถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพต่ำ ดังนั้นเราควรจะมีความรู้เบื้องต้นในการตรวจสอบถ่านกัมมันต์ก่อนดังนี้

1. การพิจารณาจากลักษณะผิวของถ่าน โดยนำผงถ่านใส่มือแล้ว ให้แตดส่องลงบนผงถ่าน ใช้นิ้วเขี่ยเพื่อดูว่า ผิวผงถ่านเป็นเงาสะท้อน เมื่อเจอแสงแตดหรือไม่ ถ้าผิวมันวาวมาก ให้สันนิษฐานว่าเป็นถ่านธรรมดาก่อน เนื่องจากถ่านธรรมดาหลังผ่านการคาร์บอไนเซชัน เมื่อบดหรือหักจะดำมันวาว เนื่องจากพื้นที่ผิวไม่มีความพรุนเป็นผิวเรียบ จึงสะท้อนแสงได้ดี ถ้าผิวดำด้านไม่วาว แสดงว่ามีรูพรุนที่ผิว รูพรุนนี้จะดูดแสง ทำให้ไม่มีการสะท้อนแสง จะมองเห็นเป็นผิวดำด้านๆ ให้สันนิษฐานว่า เป็นถ่านกัมมันต์

2. การพิจารณาจากการวัดค่าความหนาแน่นปรากฏ ตรวจสอบโดยนำถ่านที่ร่อนแล้ว ใส่ในกระบอกตวงที่ทราบน้ำหนักและปริมาตรที่แน่นอน เมื่อนำน้ำหนักถ่านที่มีหน่วยเป็นกรัมหารด้วยปริมาตรที่มีหน่วยเป็นลูกบาศก์เซนติเมตร ถ้าเป็นถ่านกัมมันต์จะได้ค่าความหนาแน่นปรากฏ มีค่าระหว่าง 0.2 ถึง 0.7 กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร ค่าความหนาแน่นปรากฏที่มีค่าน้อย วัตถุดิบมักจะเป็นพวกที่มาจากไม้ และค่าความหนาแน่นปรากฏที่มีค่ามาก วัตถุดิบจะเป็นพวกที่มาจากกะลาต่างๆ และถ่านหิน ถ้าค่าความหนาแน่นปรากฏสูงกว่าค่านี้ ถือว่าเป็นถ่านที่ยังไม่กระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์

3. การพิจารณาจากการที่ถ่านดูดสารละลายไอโอดีนเจือจาง ถ้าเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีคุณภาพสีจะจางและหายไปอย่างรวดเร็ว ได้สารละลายที่ใสพร้อมทั้งเห็นฟองขณะขยับสารละลาย ฟองมาจากอากาศที่อยู่ในรูพรุน ถ้าเป็นถ่านธรรมดาการดูดสีจะช้ามาก หรือไม่เกิดการเปลี่ยนแปลงสีเลย การทดสอบด้วยวิธีนี้เป็นการทดสอบที่ผู้ซื้อและผู้ขายนิยมใช้กัน

เมื่อผลการตรวจสอบด้วยทั้งสามวิธีดังกล่าวเป็นไปตามข้อสันนิษฐานว่าเป็นถ่านกัมมันต์ จึงทำการตรวจคุณสมบัติอย่างละเอียด การตรวจคุณสมบัติด้วยวิธีอย่างง่ายดังกล่าวช่วยให้ประหยัดเวลา ทั้งนี้ถ้าตรวจอย่างง่ายแล้ว ตัวอย่างไม่มีคุณสมบัติที่ดี จึงไม่ควรนำไปตรวจอย่างละเอียด ซึ่งจะทำให้เสียเวลาและเสียค่าใช้จ่ายสูง



การนำมาประยุกต์ใช้งาน

ถ่านกัมมันต์ต่างจากถ่านธรรมดาที่พบได้ทั่วไปคือ มีโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นรูพรุน มีพื้นที่ผิวสูง มีสมบัติในการดูดซับสารต่างๆ ได้เป็นอย่างดี เช่น สี กลิ่น รส ก๊าซพิษ โลหะหนัก เป็นต้น ทำให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านต่างๆ สามารถสรุปได้ จากตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2. ประโยชน์ของถ่านกัมมันต์ที่น่าสนใจในด้านต่าง ๆ

ด้าน	ประโยชน์ที่น่าสนใจ
1. อุตสาหกรรม	**1. ชนิดที่เป็นผงละเอียด** สามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับสารละลายหรือของเหลว ได้แก่ - อุตสาหกรรมการผลิตน้ำตาล ใช้ในการฟอกสีและทำให้น้ำตาลบริสุทธิ์ขึ้น - อุตสาหกรรมการผลิตน้ำมันพืชสำหรับการบริโภค ใช้ในการฟอกสี และทำให้มีรสชาติดีขึ้น - อุตสาหกรรมอาหาร ใช้ในการฟอกสีและดูดกลิ่น - อุตสาหกรรมเครื่องดื่มและแอลกอฮอล์ ใช้ในการดูดกลิ่น และทำให้รสชาติดีขึ้น - อุตสาหกรรมทำน้ำให้บริสุทธิ์ เช่น น้ำดื่ม น้ำประปา เป็นต้น **2. ชนิดที่เป็นเม็ดหรือเกล็ด** สามารถใช้ในอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทำก๊าซให้บริสุทธิ์หรือการทำให้ตัวทำละลายที่ใช้แล้วบริสุทธิ์ขึ้น เพื่อนำกลับมาใช้ใหม่ เช่น - อุตสาหกรรมเครื่องปรับอากาศ นำไปใช้ในการดูดก๊าซต่างๆ ที่เป็นอันตรายต่อร่างกาย - อุตสาหกรรมการทำหน้ากากป้องกันก๊าซพิษ ทั้งที่ใช้กันโดยทั่วไปและในด้านการทหาร นำไปใช้เพื่อการดูดซับก๊าซพิษและไอของสารพิษ - อุตสาหกรรมที่เกี่ยวกับการนำไอระเหยของตัวทำละลายที่ใช้แล้วและนำกลับ มาใช้ใหม่ เพื่อดูดซับไอระเหยเหล่านั้น - อุตสาหกรรมการผลิตบุหรี่บางยี่ห้อ นำไปใช้เพื่อกรองก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์และน้ำมันดิน (tar) โดยนำถ่านกัมมันต์มาไว้ที่ก้นกรอง
2. ครัวเรือน	- ใช้เกี่ยวข้องกับผลิตภัณฑ์ดูดซับกลิ่น เช่น กลิ่นอับในตู้เย็น ตู้เสื้อผ้ารองเท้า เป็นต้น - การกรองน้ำดื่มให้บริสุทธิ์
3. การแพทย์	- ใช้ในการรักษาผู้ป่วยที่ได้รับสารพิษหรือยาพิษเข้าสู่ร่างกายและการได้รับยาเกินขนาด - ใช้ในทางเภสัชกรรมและที่ห้องฉุกเฉินในโรงพยาบาล
4. สิ่งแวดล้อม	- ดูดซับสารประกอบอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่าย - ดูดซับก๊าซพิษต่างๆ เช่น ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ เป็นต้น ทำให้อากาศบริสุทธิ์ขึ้น

บทสรุป

จากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรในเมืองไทยที่มีอยู่มากมาย อาจเป็นเพียงแค่ขยะหรือสิ่งที่ไร้ค่า ไม่มีประโยชน์ แต่มาวันนี้ วัสดุที่ไร้ค่าข้างต้นได้กลายเป็นวัสดุที่มีคุณค่ามากมายมหาศาล เมื่อผ่านกระบวนการต่างๆ จนสามารถผลิตขึ้นมาเป็นผงถ่าน ที่มีลักษณะสีดำ...ดำดี ที่มีประโยชน์ เรียกว่า ถ่านกัมมันต์ ซึ่งมีคุณสมบัติพิเศษดังได้กล่าวมาแล้วข้างต้น

ปัจจุบันได้มีการผลิตน้ำมันไบโอดีเซลจากสบู่ดำ ซึ่งเป็นพืชพลังงานทดแทนจำนวนมากขึ้นเป็นลำดับ ทำให้เหลือเปลือกสบู่ดำ ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งมากเช่นกัน และวัสดุเหลือทิ้งจากเปลือกมังคุดเป็นอีกตัวเลือกหนึ่งที่สำคัญ น่าสนใจในการนำไปใช้ให้เป็นประโยชน์ ซึ่งทั้งเปลือกสบู่ดำและเปลือกมังคุด ถึงแม้ว่าปัจจุบันได้มีนักวิจัยศึกษาการผลิตถ่านกัมมันต์จากวัตถุดิบต่างๆ หลายชนิด แต่จากการศึกษาเบื้องต้นที่ภาควิชาเคมี คณะ

วิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ได้พบว่า ถ่านกัมมันต์ที่ได้จากเปลือกสบู่ดำและมังคุดมีปริมาณของคาร์บอนเป็นองค์ประกอบอยู่สูง จึงน่าที่จะนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้เช่นเดียวกัน ดังนั้น หน่วยงานทั้งภาครัฐและเอกชนจึงพยายามคิดค้นและพัฒนา โดยการนำวัสดุเหลือใช้เหล่านี้มาเพิ่มมูลค่า และเป็นการใช้ทรัพยากรภายในประเทศให้คุ้มค่ามากที่สุด ซึ่งส่งผลให้เกิดการสร้างงานและสร้างรายได้ให้กับเกษตรกรมากขึ้น รวมทั้งเมื่อมีการพัฒนาคุณภาพของถ่านกัมมันต์ให้สูงขึ้น จะสามารถผลิตเพื่อการส่งออกและทดแทนการนำเข้าในอนาคต

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากศูนย์นวัตกรรมทางเคมี:โครงการพัฒนาบัณฑิตศึกษา และการวิจัยทางเคมี (PERCH-CIC) สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ และทุนพัฒนาอาจารย์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน และมหาวิทยาลัยขอนแก่น วิทยาเขตขอนแก่น จ. ขอนแก่น ที่ให้ทุนการศึกษาแก่นายมานพ ศรีอุทธา นางสาววิมลรัตน์ ทองภูธร และนางสาวพูนศิริ หอมจันทร์ ในระหว่างการศึกษาต่อระดับบัณฑิตศึกษา ที่ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

บรรณานุกรม

1. วิทยาคุณ, จตุพร และกฤษตานุรักษ์, นุรักษ์. 2547. การเร่งปฏิกิริยา : พื้นฐานและการประยุกต์. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์. 264 หน้า.
2. ฉัตรแก้ว, ชำนาญและคณะ. 2549. สบู่ดำพืชพลังงาน. สำนักพิมพ์ห้างหุ้นส่วนจำกัด ฟันนี่ พับบลิชชิ่ง, กรุงเทพฯ. พิมพ์ครั้งที่ 1.
3. สรรเพชร, บุญเรือน. 2543. ถ่านกัมมันต์จากกะลาปาล์ม. วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
4. Lillo-Rodenas, M.A. *et al.* 2007. Activated carbons prepared by pyrolysis of mixtures of carbon precursor/alkaline hydroxide. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. **80** : pp. 166-174.
5. Haimour, N. and Emeish, S. 2005. Utilization of date stones for production of activated carbon using phosphoric acid. *Waste Management*. **26** : pp. 651-660.
6. Tseng, R. 2007. Physical and chemical properties and adsorption type of activated carbon prepared from plum kernels by NaOH activation. *Journal of Hazardous Materials*. **147** : pp. 1020-1027.
7. Aktas, O. and Cecen, F. 2007. Bioregeneration of activated carbon: A review. *International Journal of Biodeterioration & Biodegradation*. **59** : pp. 257-272.
8. Engber, D. 2005. Activated carbon. [online]. Available at : http://en.wikipedia.org/wiki/Activated_carbon, [accessed 1 November 2007].
9. Kvech, S. and Tull, E. 1997. Water Treatment Primer. [online]. Available at http://www.cee.vt.edu/ewr/environmental/teach/wtprimer/carbon/sketcarb.html, [accessed 11 October 2007].
10. Water Quality Association (WQA). 1997. Activated Carbon. [online]. Available at http://www.wqa.org/Grossary/activated-carbon.html, [accessed 11 October 2007].
11. Rodriguez-Reinoso F., and Molina-Sabio M. 1992. Activated carbons from lignocellulosic materials by chemical and/or physical activation : an overview. *Carbon*. **30** : pp. 1111-1118.
12. Endo Laboratory. (2005). Activated carbon fiber [online]. Available at http://www.endomoribu_shinshu-u_ac_jp research-image, [accessed 24 December 2007].
13. Chemviron Carbon. (2008). What is Activated Carbon? [online]. Available at http://www.picture\What is Activated Carbon.mht, [accessed 11 October 2007].
14. Calgon Mitsubishi Chemical Corporation. (2003-2004) What is Activated Carbon? [online]. Available at http://www.cmcc-ac.co.jp/english/product/img/calgon_hyou, [accessed 11 October 2007].