การดูดซับสีย้อมผ้าด้วยถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินและกะลามะพร้าว

Adsorption of Direct-dye by Activated Carbon Prepared from Coal and Coconut Shell

กิติโรจน์ หวันตาหลา[1] ชยาภาส ทับทอง[2] สินศุภา จุ้ยจุลเจิม[2]

Kitirote Hwantahla[1] Chayaphas Tapthong[2] Sinsupha Chuichulcherm[2]

บทคัดย่อ

การศึกษาการดูดซับสีย้อม โดยใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินที่นำเข้ามาจากประเทศอเมริกา และจากกะลามะพร้าวที่ผลิตได้ในประเทศไทย โดยศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการดูดซับ ได้แก่เวลาเข้าสู่สมดุล ปริมาณถ่านกัมมันต์ ปริมาณสีย้อมเริ่มต้น ความเป็นกรด-ด่างของสารละลายสีย้อมเริ่มต้น การปรับสภาพด้วยเกลือแกง ขนาดของถ่านกัมมันต์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินมีอัตราเร็วของการดูดซับสูงกว่า และเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ความสามารถในการดูดซับยิ่งมีค่าสูงขึ้น ส่วนการเพิ่มปริมาณความเข้มข้นของสีย้อมพบว่าเมื่อความเข้มข้นของสีย้อมเพิ่มขึ้นความสามารถในการดูดซับจะเพิ่มขึ้นจนมีค่าคงที่ค่าหนึ่ง แม้เพิ่มความเข้มข้นของสีย้อมความสามารถในการดูดซับไม่เพิ่มขึ้นตาม นอกจากนี้ยังพบว่าความสามารถในการดูดซับดีที่สารละลายสีมีค่าเป็นกรดอ่อน ขนาดของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดที่อยู่ในช่วง 125 – 150 ไมโครเมตร เหมาะสมกับการดูดซับสีย้อม แบบจำลองของการดูดซับโดยทฤษฎีของแลงเมียร์สามารถอธิบายผลการทดลองได้ดี ซึ่งคำนวณค่าการดูดซับสูงสุดของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินและกะลามะพร้าวได้เท่ากับ 222.22 และ 158.73 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ เมื่อใช้เกลือแกงในการปรับสภาพถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวจะทำให้ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงกับความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินในสภาวะที่ดูดซับที่เหมาะสม ดังนั้นสามารถที่จะใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว ในการดูดซับสีย้อมทดแทนถ่านกัมมันต์จากถ่านหินได้ ถึงแม้ว่าอัตราการดูดซับจะช้ากว่าเล็กน้อย

คำสำคัญ : การดูดซับสี สีไดเร็ก ถ่านกัมมันต์

Keywords : Direct-dye adsorption, Direct-dye, Activated carbon

---

[1] นักวิทยาศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[2] ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

[1] Scientist, Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakarinwirot University

[2] Assist.Prof., Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Srinakarinwirot University

ABSTRACT

This work studied the adsorption capability of direct-dye on activated carbons which were prepared from coal produced in USA and from coconut shell produced in Thailand. The extent of adsorption was studies as a function of equilibrium time, amount of activated carbon, initial concentration of direct-dye, pH value of solution, activating agent and adsorbent size. These factors were varied to understand the adsorption capability between activated carbons from the two sources. It was found that activated carbon from coal had higher adsorption rate than activated carbon from coconut shell. The ability of adsorption was varied by an increasing amount of activated carbon. Likewise, it was also varied by the concentration of direct-dye. However, the ability of adsorption was constant at the certain concentration of direct-dye. The study showed that high ability of adsorption could be reached at mild acid conditions. Both activated carbons had shown similar results in optimum adsorbent size which was recommended between 125-150 micrometers to deliver the optimized adsorption capability. The adsorption process conformed to the Langmuir Isotherm. The maximum adsorption,, by the calculation, was 222.22 and 158.73 mg g^{-1} of activated carbon from coal and coconut shell respectively. However, from the experiment, when activated agent, NaCl, was used to simulate activated carbon from coconut shell, the maximum adsorption from both sources was comparable under appropriate conditions. Therefore, activated carbon from coal could be substituted by activated carbon from coconut shell. Even though adsorption rate of activated carbon from coconut shell was slightly lower than activated carbon from coal.

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) เป็นแหล่งที่มีน้ำเสียที่มีสีย้อมเป็นส่วนประกอบส่วนใหญ่ ซึ่งไม่สามารถทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะได้โดยตรงจะต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อน และการใช้ถ่านกัมมันต์เป็นตัวดูดซับสีย้อม [1,2] เป็นทางเลือกหนึ่งในการบำบัดสีย้อม การวิจัยครั้งนี้จะเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสีย้อมของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน นำเข้ามาจากต่างประเทศ (เพนซิวาเนีย, สหรัฐอเมริกา) กับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ภายในประเทศทำมาจากกะลามะพร้าว โดยศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการดูดซับสีย้อมด้วยถ่านกัมมันต์ดังต่อไปนี้ ผลของเวลาที่เข้าสู่สมดุล ผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดซับสีย้อม [3] ผลของปริมาณสีย้อม ผลของความเป็นกรด-ด่าง (pH) ของสีย้อม [4] ผลของการกระตุ้นด้วยเกลือแกง [1] ผลของขนาดของถ่านกัมมันต์ สุดท้ายศึกษาแบบจำลองของการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่ ผลจากการวิจัยอาจจะเป็นทางเลือกหนึ่งต่อการลดค่าใช้จ่ายของวัตถุดิบในการลดต้นทุนในการบำบัดสีย้อมจากน้ำทิ้ง

วิธีการวิจัย

สารเคมี

สีย้อมผ้าชนิดไดเร็กท์ สีเหลือง บริษัท พรเทพพนมพัฒนา, ประเทศไทย ถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ทำมาจากกะลามะพร้าว บริษัท แปซิฟิกคอนเทนเนอร์แบล็ก, ประเทศไทย ถ่านกัมมันต์ชนิดผงที่ทำจาก ถ่านหิน Calgan Carbon Corporation Pittsburgh, Pennsylvania 15230, USA. เกลือสมุทร บริษัท รุ่งอรัญเกลือป่น, ประเทศไทย

การวิเคราะห์

วัดปริมาณสีย้อม สีเหลือง โดยใช้เครื่องมือ UV – Visible Spectrophotometer รุ่น UV- 1601 Shimazu ประเทศ ญี่ปุ่น การทดลองทั้งหมดทำในแบบกะ

ผลการวิจัย

เวลาเข้าสู่สมดุล

การศึกษาหาเวลาเข้าสู่สมดุลของการดูดซับสีเหลือง ของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด โดยใช้ผงถ่านหนัก 0.5 กรัม ขนาด 150 – 180 ไมโครเมตร ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างตามเวลาที่ได้กำหนด และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร ผลที่ได้แสดงดังรูปที่ 1 ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินจะเข้าสู่สภาวะสมดุลที่เวลา 120 นาที ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวจะเข้าสู่สภาวะสมดุลที่เวลา 240 นาที ผลที่ได้พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินสามารถดูดซับสีย้อม ได้เร็วกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว แต่ในสภาวะสมดุล ความสามารถในการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดใกล้เคียงกัน

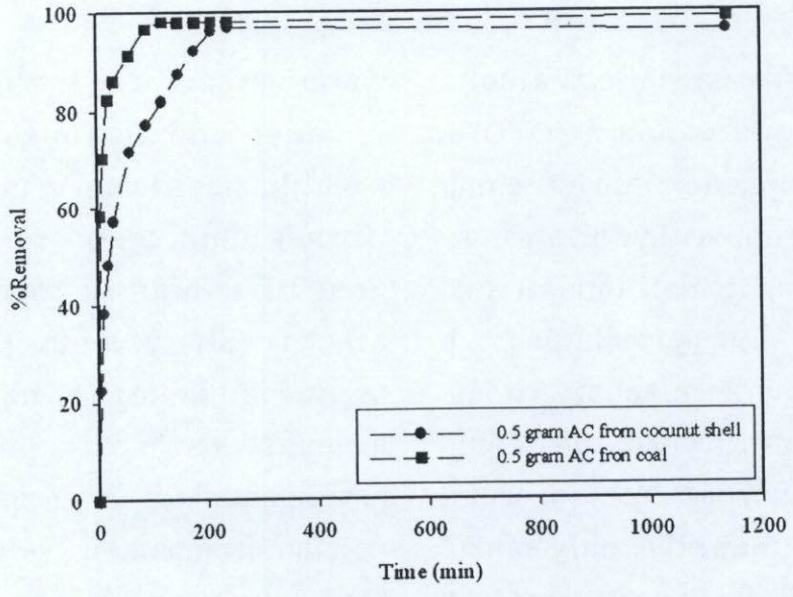
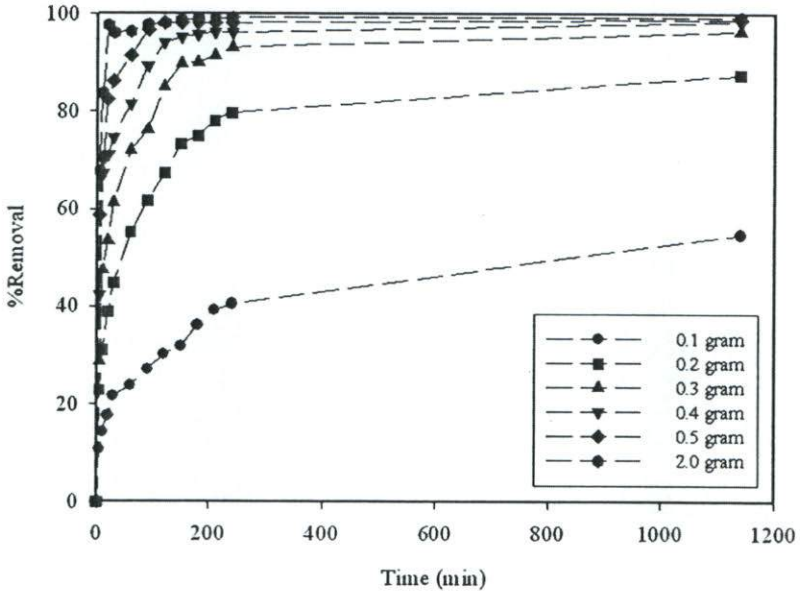


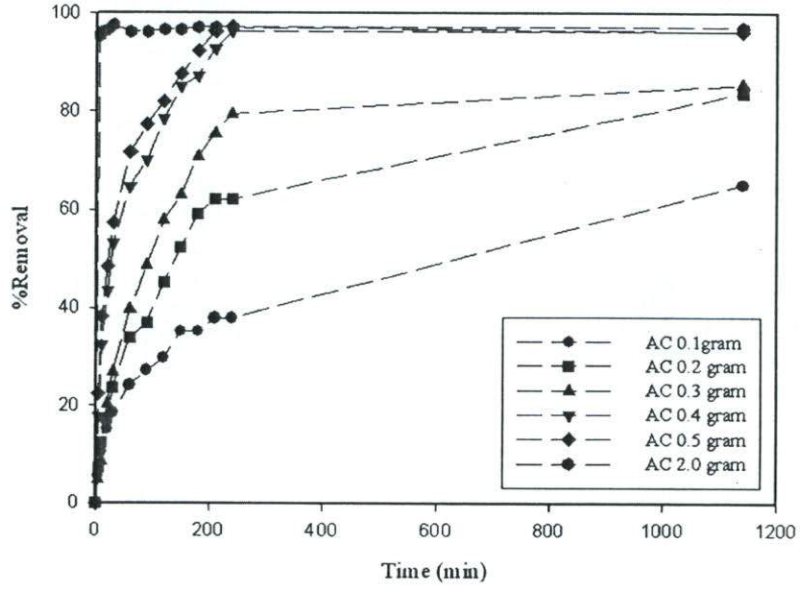
Figure 1 เวลาเข้าสู่สมดุลในการดูดซับสีย้อม สีเหลือง

ปริมาณถ่านกัมมันต์

การศึกษาผลของปริมาณถ่านกัมมันต์ต่อการดูดซับสีย้อม โดยการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของถ่านกัมมันต์เป็น 0.1 – 2.0 กรัม ขนาด 150 – 180 ไมโครเมตร ความเข้มข้นเริ่มต้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างตามเวลาที่ได้กำหนด และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร พบว่าเมื่อเพิ่มปริมาณถ่านกัมมันต์ ความสามารถในการดูดซับสีย้อมเพิ่มขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของ Kannan and Sundaram [3] ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินสามารถดูดซับสีย้อมได้เร็วกว่า แต่ ณ สภาวะสมดุลความสามารถในการดูดซับสีย้อมได้ใกล้เคียงกัน และที่ใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ปริมาณน้อย ๆ พบว่าอัตราเร็วในการดูดซับจะใกล้เคียงกันของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด (Figure 2)



(ก)



(ข)

Figure 2 ผลการกำจัดสีเมื่อใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ผลิตจาก ถ่านหิน (ก) กะลามะพร้าว (ข) ในการดูดซับสีย้อมสีเหลืองที่ปริมาณต่าง ๆกัน

ปริมาณสีย้อม

การศึกษาผลของปริมาณสีย้อมเริ่มต้น โดยใช้ถ่านกัมมันต์หนัก 0.3 กรัม ขนาด 150-180 ไมโครเมตรโดยเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้นประมาณ 250-400 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างที่สภาวะสมดุล และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ 3 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม ความสามารถในการดูดซับของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดยิ่งเพิ่มขึ้น แต่เมื่อความเข้มข้นเพิ่มสูงกว่า 392.26 มิลลิกรัม/ลิตร ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินจะมีความสามารถในการดูดซับคงที่ แม้มีการเพิ่มความเข้มข้นของสีย้อม แต่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวดูดซับสีได้น้อยกว่าเล็กน้อยจนเมื่อความเข้มข้นของสีย้อม 446.02 มิลลิกรัม/ลิตร ความสามารถในการดูดซับสีของถ่านกัมมันต์ทั้งสองมีปริมาณที่ใกล้เคียงกัน

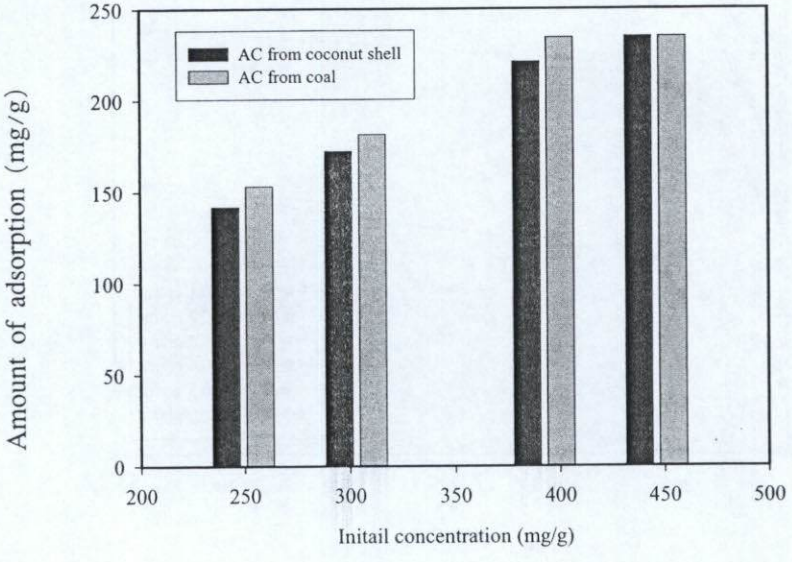


Figure 3 ผลของปริมาณสีเริ่มต้นต่อการดูดซับสีย้อม สีเหลือง

ความเป็นกรด-ด่างของสารละลาย

การศึกษาผลของ pH ของสารละลายเริ่มต้น โดยใช้ถ่านกัมมันต์หนัก 0.3 กรัม ขนาด 150 - 180 ไมโครเมตร โดยเปลี่ยนแปลง pH เริ่มต้นของสารละลายตั้งแต่ 3.0 5.0 7.0 และ 9.0 ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างที่สภาวะสมดุล และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงดังรูปที่ 4 พบว่าความเป็น กรด-ด่าง ของสารละลายสีมีผลต่อการดูดซับของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด ซึ่งมีผลไปในทิศทางเดียวกันคือ สามารถดูดซับสีได้สูงสุดที่ pH 5.0 และดูดซับได้ที่สภาวะของสารละลายที่เป็นกรดได้ดีกว่าสภาวะของสารละลายที่เป็นกลางหรือเป็นด่าง ซึ่งเป็นไปตามงานวิจัยของ Mohan and Karthikeyan [4] ความเป็น กรด - ด่าง ของสารละลายที่สภาวะสมดุลจะมีค่าเข้าสู่สภาวะที่เป็นกรดอ่อน คือที่ pH 5.0 - 6.0 เมื่อ สารละลายเริ่มต้นมี pH 5.0 และ 7.0 ส่วนสารละลายเริ่มต้นที่มี pH 3.0 และ 9.0 จะให้สภาวะสมดุล pH ที่ 4.0 - 5.0 และ 7.0 ตามลำดับ ซึ่งผลการทดลองนี้เป็นไปในทางเดียวกันในถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด

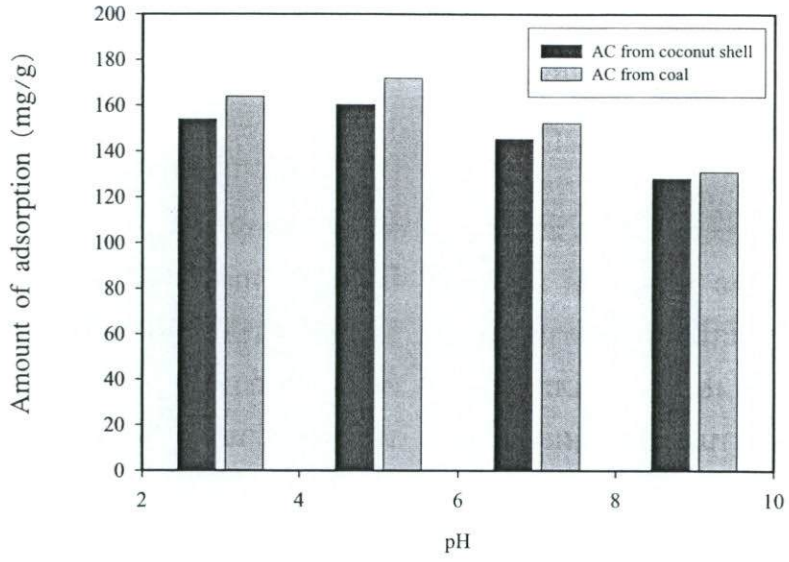


Figure 4 ผลของ pH ต่อการดูดซับสีย้อม สีเหลือง

การกระตุ้นด้วยเกลือแกง

การศึกษาผลของการปรับสภาพด้วยเกลือแกง โดยเปลี่ยนแปลงน้ำหนักของเกลือแกงเป็น 0 5 10 และ 15 กรัม ใช้ถ่านกัมมันต์หนัก 0.3 กรัม ขนาด 150 – 180 ไมโครเมตร ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างที่สภาวะสมดุล และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงได้ในรูปที่ 5 เมื่อเปรียบเทียบการดูดซับที่ปรับสภาพถ่านกัมมันต์ด้วยเกลือแกงกับไม่ปรับสภาพ พบว่าความสามารถในการดูดซับสีสูงขึ้น เมื่อปริมาณเกลือแกงสูงขึ้น เมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด แต่จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวเมื่อทำการปรับสภาพด้วยเกลือแกงแล้ว ความสามารถในการดูดซับจะสูงขึ้นจนใกล้เคียงกับถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน ความสามารถในการดูดซับสูงขึ้นเมื่อปรับสภาพด้วยเกลือแกง อาจเนื่องจากทำให้ความสามารถแตกตัวของประจุของสีส่งผลให้สารละลายสีมีขั้วแรงขึ้นจึงทำให้ถ่านกัมมันต์ดูดซับได้ดีขึ้น อย่างไรก็ตามปริมาณของเกลือแกงที่เพิ่มขึ้นจะไม่เพิ่มความสามารถในการดูดซับได้อีก

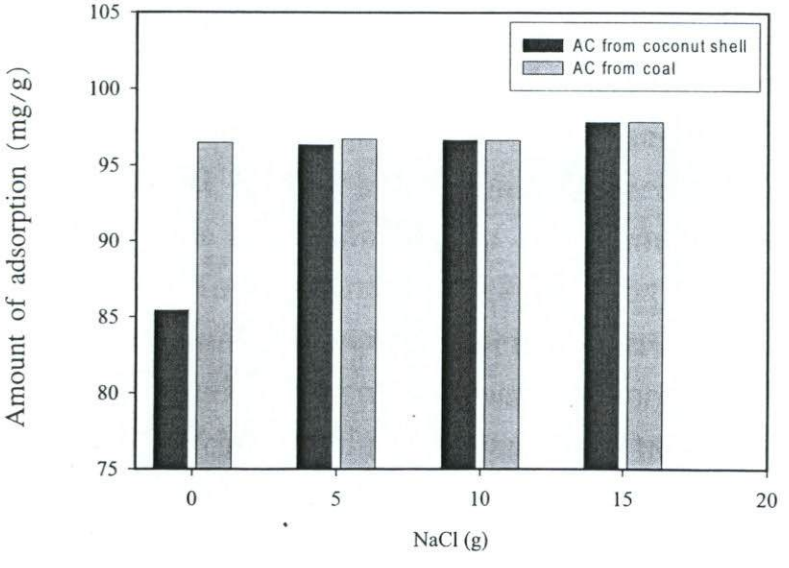


Figure 5 ผลของปริมาณเกลือต่อการดูดซับสีย้อม สีเหลือง

ขนาดของถ่านกัมมันต์

การศึกษาผลของขนาดของถ่านกัมมันต์ โดยเปลี่ยนแปลงขนาด 75-250 ไมโครเมตร ใช้ถ่านกัมมันต์หนัก 0.3 กรัม ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 250 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างที่สภาวะสมดุล และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงได้ในรูปที่ 6 ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินมีความสามารถในการดูดซับที่ใกล้เคียงกันที่มีขนาดตั้งแต่ 75-150 ไมโครเมตร แต่เมื่อขนาดของถ่านกัมมันต์ใหญ่ขึ้นความสามารถในการดูดซับลดลง ส่วนถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวขนาดที่สามารถดูดซับได้สูงสุดคือขนาด 125 - 150 ไมโครเมตร ส่วนขนาดของถ่านกัมมันต์ที่ใหญ่ขึ้นความสามารถในการดูดซับลดลง เป็นเพราะเมื่อถ่านกัมมันต์มีขนาดเล็กจะมีพื้นที่ผิวมากกว่าถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดใหญ่และขนาดรูพรุนของถ่านกัมมันต์มีผลต่อการดูดซับด้วย ทำให้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว ขนาดของถ่านกัมมันต์ที่มีขนาดเล็กที่สุดความสามารถในการดูดซับต่ำกว่าขนาด 125-150 ไมโครเมตร

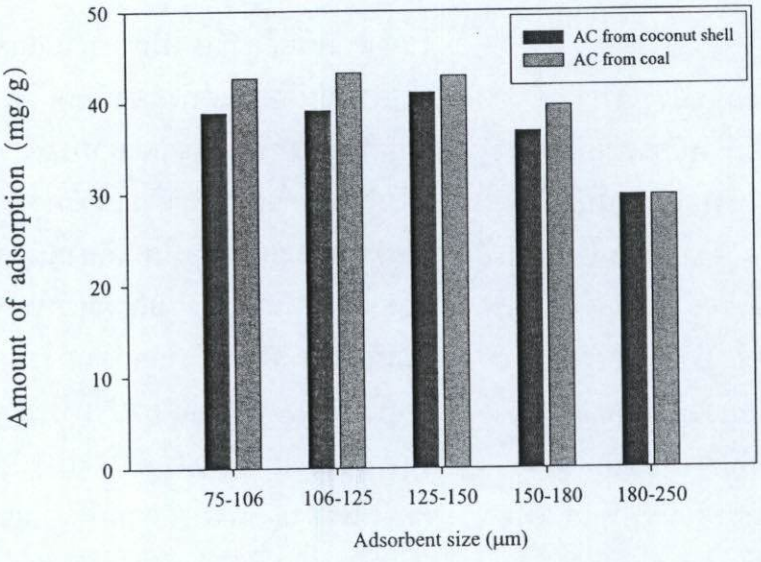


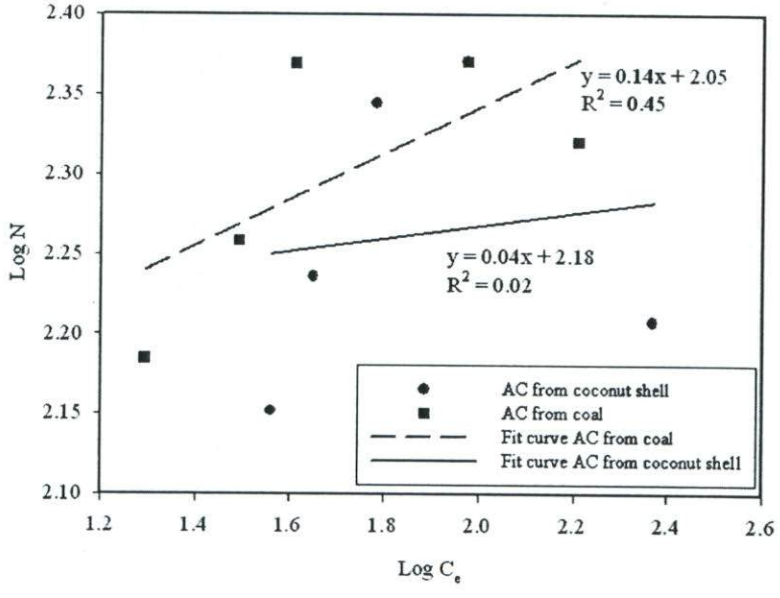
Figure 6 ผลของขนาดของถ่านกัมมันต์ ต่อการดูดซับสีย้อม สีเหลือง

แบบจำลองการดูดซับ

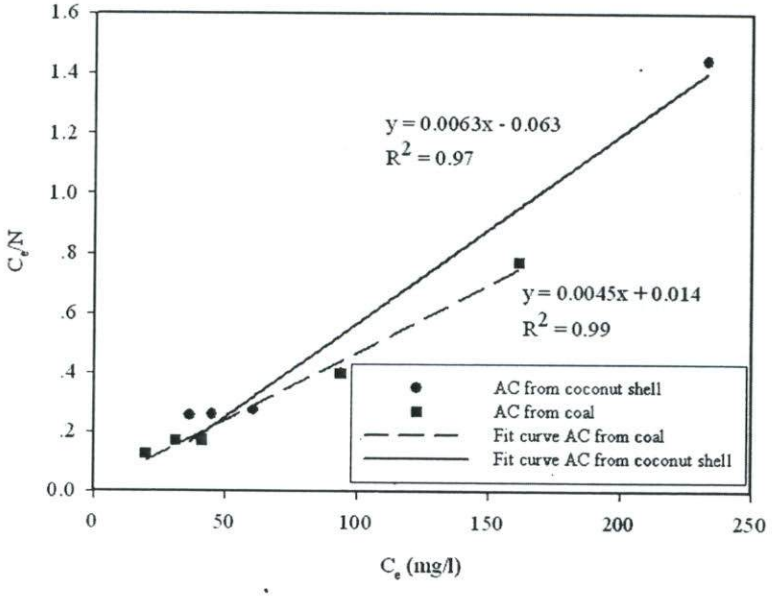
การศึกษาแบบจำลองของการดูดซับของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด ขนาดของถ่านกัมมันต์ 150 - 180 ไมโครเมตร ใช้ถ่านกัมมันต์หนัก 0.3 กรัม ความเข้มข้นสีย้อมเริ่มต้น 250 - 475 มิลลิกรัม/ลิตร ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่า 200 รอบ/นาที เก็บตัวอย่างที่สภาวะสมดุล และนำไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 463 นาโนเมตร ได้ผลดังแสดงตามตารางที่ 1 การดูดซับสีย้อมของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด สามารถอธิบายได้ตามทฤษฎีของแลงเมียร์ [5] ซึ่งเป็นการดูดซับสีแบบชั้นเดียว (mono layer) แสดงในรูปที่ 7 ซึ่งถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหินมีค่าความสามารถดูดซับสีย้อมสูงสุด สูงกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว คือ 222.22 มิลลิกรัม/กรัม และ 158.73 มิลลิกรัม/กรัม ตามลำดับ แต่เนื่องจากการศึกษาแบบจำลองของการดูดซับไม่ได้ทำที่สภาวะที่ดีที่สุดของถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิด เช่น การปรับสภาพด้วยเกลือแกง หรือการเลือกใช้ขนาดที่ดูดซับได้ดีที่สุด ทำให้ผลการดูดซับของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าวมีความสามารถดูดซับสูงสุดได้น้อยกว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน

Table 1 แบบจำลองของการดูดซับที่อุณหภูมิคงที่

ชนิดถ่านกัมมันต์	Freundlich Isotherm			Langmuir Isotherm		
	K (mg/g)	n	R^2	Vm (mg/g)	K (L/mol)	R^2
ถ่านหิน	113.21	6.93	0.452	222.22	0.000061	0.987
กะลามะพร้าว	153.22	24.88	0.019	158.73	0.000396	0.972



(ก)



(ข)

Figure 7 แบบจำลองของการดูดซับสีที่อุณหภูมิคงที่ ตามทฤษฎี ฟรอยลิชท์ (ก) แลงเมียร์ (ข)

สรุป

การศึกษาเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับสีย้อม ของถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากถ่านหิน และกะลามะพร้าว พบว่าถ่านกัมมันต์ทั้งสองชนิดมีประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมสีเหลืองใกล้เคียงกัน แต่ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากกะลามะพร้าว เป็นการเพิ่มมูลค่าแก่วัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ซึ่งสามารถหาได้ง่ายในประเทศไทย และมีราคาถูกกว่าถ่านกัมมันต์ชนิดที่ทำจากถ่านหินซึ่งนำเข้ามาจากต่างประเทศ แต่ต้องเลือกสภาวะที่เหมาะสมเพื่อพัฒนาไปใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมประเภทสิ่งทอในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

[1] Kadirvalu, K., Palanival, M., Kalpana, R., Rajeswari, S., 2000. "Activated carbon from an agricultural by-product, for treatment od dyeing industry wastewater". Journal of Bioresource Technology, Vol. 74, pp. 263 - 265

[2] Fernando, M., and Pereira, R., 2003. "Adsorption od dyes on activated carbon: influence of surface chemical groups", Journal of Carbon, Vol. 41, pp. 811 - 821

[3] Kannan, N., Sundaram, M. M., 2001. "Kinetics and mechanism of removal of methytlene blue by adsorption on various carbons a comparative study". Journal of Dyes and Pigments, Vol. 51, pp. 25 - 40

[4] Mohan, S. V., Rao, N. C., Karthikeyan, J., 2002. "Adsorption removal of direct azo dye from aqueous phase onto coal based sorbents: a kinetic and mechanistic study", Journal of Hazardous Materials, Vol. B90, pp. 189 - 204

[5] Allen, S. J., Gan, Q., Matthews, R., and Johnson, P.A.,2003, "Comparison of optimized isotherm models for basic dye adsorption by kudzu", Journal of Dyes and Pigments, Vol. 57, pp. 211-222