



ถังกรองอย่างง่ายสำหรับบำบัดสีย้อมเบสิคในน้ำเสีย จากการย้อมไหมสังเคราะห์ของกลุ่มทอผ้าไหมบ้านป่าแดง Simple Filter Tank for Treatment of Basic Dyes in Synthetic Silk Dyeing Wastewater of Baan Pa Deang Textile Group

Chadaporn Akkarathawat* Nipon Tungkananuruk and Kanita Tungkananuruk

ชฎาพร อัครฐาวัฒน์* นิพนธ์ ตังคณานุรักษ์ และ คณิตา ตังคณานุรักษ์

ภาควิทยาสตฺรสิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

*E-mail : chadaporn.akk@gmail.com

บทคัดย่อ

การปล่อยน้ำเสียที่ปนเปื้อนสีย้อมเบสิคที่ตกค้างในปริมาณมาก เป็นปัญหาสิ่งแวดล้อมทางน้ำในหลายชุมชนที่ทำการย้อมผ้าไหมสังเคราะห์ งานวิจัยนี้เกี่ยวข้องกับการใช้ถ้ำลอยถ่านหินเป็นตัวดูดซับในถังกรองประดิษฐ์ที่มีต้นทุนต่ำสำหรับการกำจัดสีย้อมเบสิค 10 ชนิด (สีแสด สีเขียว สีเหลือง สีน้ำตาล สีแดง สีเปลือกมังคุด สีชมพู สีม่วง สีน้ำเงิน และสีเทา) โดยสารดูดซับประกอบด้วย ถ้ำลอย (ซึ่งเป็นผลพลอยได้จากการเผาไหม้ถ่านหิน) ผสมกับชีวมวล ในอัตราส่วนต่างๆ กัน ได้แก่ 100:0, 90:10 และ 70:30 ตามลำดับ ใช้ชื่อแทนว่า ถ้ำลอย A, B และ C ตามลำดับ ในขั้นแรกทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมโดยใช้แบบแบตช์ พบว่า สีย้อมเบสิคทั้ง 10 ชนิด สามารถถูกกำจัดได้มากกว่าร้อยละ 95 ด้วยกระบวนการดูดซับของถ้ำลอยแต่ละชนิด A, B และ C ความจุของการดูดซับของถ้ำลอยแต่ละชนิด A, B และ C สำหรับสีย้อมแต่ละชนิด มีค่าอยู่ในช่วง 0.13-0.14 มก./ก. จากนั้นทำการศึกษาการทดลองแบบไหลต่อเนื่องในคอลัมน์แก้วขนาด (เส้นผ่านศูนย์กลางวงใน 6 ซม. x ความสูง 40 ซม.) บรรจุชั้นกรอง 4 ชั้น ประกอบด้วยชั้นหิน ทรายหยาบ ทรายละเอียด และถ้ำลอยชนิด B หรือ C ผสมกับดิน (1:20 โดยน้ำหนัก) จากบนลงล่าง สีย้อมเบสิคทั้ง 10 ชนิดถูกกำจัดมากกว่าร้อยละ 95 หลังจากนั้นเตรียมถังกรองพลาสติก ที่มีถ้ำลอย B หรือ C (ประมาณ 19 ล.) ประสิทธิภาพการกำจัดของถังกรองทั้งสองเหมือนกัน กล่าวคือประสิทธิภาพโดยเฉลี่ยการกำจัดสีย้อมเบสิคทั้ง 10 ชนิด และน้ำเสียจากการย้อมไหมสังเคราะห์ของกลุ่มทอผ้าไหมบ้านป่าแดงมากกว่าร้อยละ 95 นอกจากนั้นมีจุดเริ่มหมดสภาพเท่ากับ 64 ล. และ 48 ล. ตามลำดับ และจุดหมดสภาพเท่ากับ 128 ล. และ 112 ล. ตามลำดับ ถังกรองที่พัฒนาขึ้นมามีศักยภาพสูง และต้นทุนต่ำ ทำให้เหมาะสมในการกำจัดสีย้อมเบสิคทั้ง 10 ชนิด ในน้ำเสียจากการย้อมไหมสังเคราะห์ของกลุ่มทอผ้าไหมบ้านป่าแดง

คำสำคัญ : สีเบสิค; น้ำเสียสังเคราะห์; คอลัมน์; ถังกรอง; ถ้ำลอย

Abstract

Discharge of wastewater contaminated with some amount of residual basic dyes was the aquatic environmental problem in many communities making synthetic silk dyeing. This research deals with the utilization of coal fly ash mixed with biomass as adsorbent packed in low-cost filter tank for removal of 10 basic dyes (orange, green, yellow, brown, red, mangosteen peel, pink, violet, blue and gray). Adsorbent was consisted of fly ash, which is by-products from the combustion of coal, mixed with biomass at various ratio including 100:0, 90:10 and 70:30 namely Fly ash A, B and C respectively. Batch adsorption experiments were performed to find the optimal conditions. More than 95% of 10 basic dyes removal by adsorption process with each type of Fly ash A, B, C was achieved. The adsorption capacity of each Fly ash A, B and C for each dye was in range of 0.13-0.14 mg/g. Then the continuous flow experiments were made in the glass column (6cm.i.d x 40cm.h.) packing with 4 filter layers consisted of stone, coarse sand, fine sand and Fly ash B or C with soil (1:20 by wt.) from top to bottom. Ten basic dyes were removed more than 95%. After that, the plastic filter tank packed with Fly ash B or C were made for the capacity of about 19.0 L. The removal efficiency of such both filter tanks was similar. The average removal efficiency of 10 basic synthetic dyes wastewater and synthetic silk dyeing wastewater of Baan Pa Deang Textile Group were more than 95%. In addition, the breakthrough points were 64 L. and 48 L. respectively; and the exhaustion points were 128 L. and 112 L. respectively. The developed filter tank was high efficiency, easily use and low-cost; that was suitable for synthetic silk dyeing group of removal contained 10 basic dyes from Baan Pa Deang Textile Group wastewater.

Keywords : Basic Dyes; Synthetic Wastewater; Column; Filter Tank; Fly Ash

บทนำ

วัฒนธรรมท้องถิ่น ประเพณี และภูมิปัญญาชาวบ้าน หมู่บ้านป่าแดง อำเภอดงหลวง จังหวัดพิจิตร ที่มีมาอย่างยาวนาน และเป็นสถานที่ที่มีชื่อเสียงในเรื่องของการทอผ้า ประชาชนในพื้นที่นี้ นอกจากการประกอบอาชีพเกษตรกรรมเป็นอาชีพหลักแล้ว การทอผ้านั้น ยังถือเป็นอีกหนึ่งอาชีพที่สร้างรายได้เป็นอย่างดีให้กับหมู่บ้าน จึงก่อให้เกิดอุตสาหกรรมทอผ้าระดับครัวเรือนขึ้น

ในกระบวนการทอผ้านั้น ก่อให้เกิดมลพิษจากกระบวนการผลิตในเกือบทุกขั้นตอน โดยเฉพาะมลพิษทางน้ำ ซึ่งขั้นตอนการผลิตนั้นจะเกิดน้ำเสียขึ้นในปริมาณมาก ไม่ว่าจะเป็นการผลิตเส้นใย การปั่น การทอ การถักผ้า และการฟอกย้อม [1] โดยวัตถุดิบที่ใช้ เช่น สีย้อมผ้า สารเคมี เป็นต้น บางชนิดละลายน้ำได้ บางชนิดละลายน้ำไม่ได้ [2] เมื่อมีการระบายน้ำทิ้งออกสู่แหล่งน้ำธรรมชาติ จะทำให้น้ำมีสภาพที่แปรเปลี่ยนไป เช่น อุณหภูมิสูงขึ้น มีกลิ่น มีสี ตลอดจนส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตที่อยู่ในน้ำ เนื่องจากแหล่งน้ำมีปริมาณสารอินทรีย์สูง ออกซิเจนต่ำ ไม่เหมาะสมต่อการใช้ประโยชน์ และการอยู่อาศัยของ

สิ่งมีชีวิต มลสารที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำเสียของกิจกรรมการฟอกย้อมนั้นมาจากกระบวนการย้อมสี โดยส่วนมากแล้ว มลสาร และสีบางประเภทสามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการกายภาพและทางเคมีต่างๆ ไป แต่มีสีบางประเภทที่ไม่สามารถกำจัดได้ด้วยวิธีการดังกล่าว ซึ่งสีที่ใช้ในการฟอกย้อมมีหลายชนิด เช่น สีรีแอคทีฟ สีเอซิด สีเบสิก สีไดเร็ก สีแว็ต และสีย้อมฟอสเฟอรัส เป็นต้น [3] จึงควรมีวิธีการกำจัดสีย้อมที่เหมาะสมกับกิจกรรม และลักษณะของน้ำเสียที่เกิดขึ้น ด้วยการใช้เถ้าลอยซึ่งเป็นวัตถุดิบที่หาได้ง่าย ซึ่งเป็นเศษวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตกระดาษ และผลพลอยได้จากการเผาไหม้อย่างสมบูรณ์ของถ่านหินลิกไนต์ [4]

ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้ จึงเป็นการศึกษาวิธีการกำจัดน้ำเสียที่เกิดจากกระบวนการย้อมสีไหมสังเคราะห์ ด้วยวิธีที่ง่าย สะดวก ประหยัดค่าใช้จ่าย ต้นทุนต่ำ และมีความเหมาะสมกับสภาพพื้นที่ของชุมชน ที่มีน้ำเสียอันเกิดจากกิจกรรมการฟอกย้อมสี ชุมชนจึงมีความจำเป็นที่จะต้องป้องกันปัญหามลพิษ โดยใช้เทคโนโลยีในการบำบัดน้ำเสียที่ดี และมีประสิทธิภาพ เพื่อให้น้ำทิ้งมีคุณภาพน้ำผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กฎหมายกำหนด [5]

อุปกรณ์และวิธีการ

การเตรียมถ้ำลอย

ถ้ำลอยที่ใช้ในการศึกษามี 3 ชนิด คือ ถ้ำลอยชนิด A (ถ่านหิน 100%) ถ้ำลอยชนิด B (ถ่านหิน 90% ผสมกับขี้เถ้า 10%) และถ้ำลอยชนิด C (ถ่านหิน 70% ผสมกับขี้เถ้า 30%) ซึ่งเป็นวัสดุเหลือใช้จากกระบวนการผลิตกระดาษ ของโรงงานผลิตเยื่อและกระดาษ เอสซีจี เปเปอร์ จังหวัดราชบุรี โดยการเตรียมถ้ำลอยนั้น จะนำถ้ำลอยนำมาล้างด้วยกรดไฮโดรคลอริก จากนั้นล้างด้วยน้ำสะอาด เพื่อปรับ pH ให้เป็นกลาง นำไปตากให้แห้ง และอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง

การเตรียมสารละลายสีย้อมผสม

สารละลายสีย้อมผสมที่มีความเข้มข้นของสีย้อมแต่ละชนิด 50 mg/l ซึ่งสีย้อม 10 ชนิด ชนิดละ 0.05 g. ละลายด้วยน้ำกลั่นและปรับปริมาตรเป็น 1 L. ในขวดวัดปริมาตร สารละลายนี้ใช้เป็นน้ำเสียสังเคราะห์ตลอดการทดลอง

ศึกษาความยาวคลื่นที่สีแต่ละชนิดดูดกลืนได้ดีที่สุด (λ_{max})

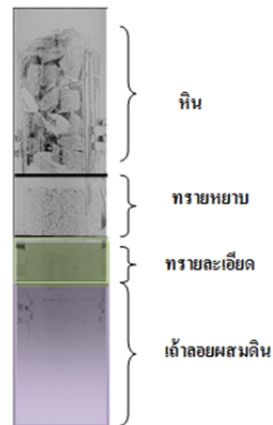
หา λ_{max} จากสารละลายสีย้อมแต่ละชนิดที่มีความเข้มข้น 50 mg/l ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์

ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับสีย้อมผสมของถ้ำลอยชนิด A B และ C โดยวิธีการทดลองแบบแบตช์

ปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ระยะเวลาสัมผัสตั้งแต่จุดเริ่มสัมผัส 30 นาที 1, 2 และ 3 ชม. ปริมาณถ้ำลอยชนิด A B และ C ของแต่ละสารดูดซับ 2-18 g. และอัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ้ำลอยต่อดิน 1:10 ถึง 1:50 ในการศึกษาทุกปัจจัยใช้น้ำเสียสังเคราะห์ 50 ml. วิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดูดซับโดยใช้ค่าดูดกลืนแสงที่วัดได้ที่ λ_{max} ของแต่ละสีย้อม และศึกษาไอโซเทอร์มการดูดซับของถ้ำลอยทั้ง 3 ชนิด โดยใช้สภาวะที่เหมาะสมที่ศึกษาได้

ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมในน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยสารดูดซับถ้ำลอยโดยการทดลองแบบไหลผ่านชั้นกรองในคอลัมน์

การทดลองในชั้นคอลัมน์เป็นการทดลองขนาดเล็ก โดยคอลัมน์แก้วมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 6 cm. สูง 40 cm. บรรจุชั้นกรองจากบนลงล่างคือ ชั้นหินทราย หยาบ ทรายละเอียด สารดูดซับถ้ำลอยผสมดินตามอัตราส่วนที่ศึกษาได้จากข้อ 4 ดังรูปที่ 1 เติมน้ำเสียสังเคราะห์ 300 ml. ผ่านชั้นกรอง วิเคราะห์หาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อม โดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ λ_{max} และที่ 320 nm. ทำการทดลองซ้ำจนประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงหรือคงที่ นำผลการทดลองไปเขียนกราฟเบรคทูล์



รูปที่ 1 ลักษณะคอลัมน์และส่วนประกอบของชั้นกรอง

ศึกษาประสิทธิภาพการใช้งังกรองประดิษฐ์บำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ โดยใช้ตัวดูดซับถ้ำลอยผสมดิน

ใช้งังที่ผลิตจากการใช้งานขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 30 cm. สูง 36 cm. มีความจุ 18.925 L. นำมาเจาะต่อท่อ PVC และวาล์วปิด-เปิด ตัวถังทำจากถังพลาสติกแข็ง รูปทรงกระบอก แนวตั้ง พื้นผิวเรียบ เป็นการกรองแบบใช้แรงโน้มถ่วง (Gravity Filter) ทำให้การดูดซับทั่วถึงและสม่ำเสมอทั่วบริเวณผิวหน้าสารดูดซับ ภายในจะมีพื้นที่แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนบนเป็นส่วนที่รับน้ำ และส่วนล่างซึ่งแยกออกจากกัน โดยติดตั้งที่กรองบริเวณส่วนล่างสุดของถัง เพื่อทำการป้องกันเศษของถ้ำลอยปนออกมากับน้ำก่อนปล่อยน้ำออก ภายในตัวถังบรรจุชั้นกรองที่ขยายสเกลจากการศึกษาแบบคอลัมน์ ได้แก่ ชั้นหินทรายหยาบ ทรายละเอียด และสารดูดซับถ้ำลอยผสมดินตามอัตราส่วนที่ศึกษาได้ ดังรูปที่ 2 ดังนั้นถึงกรองลักษณะนี้จึงเหมาะกับการย้อมผ้าระดับครัวเรือน ซึ่งมีปริมาณน้ำเสียที่เกิดจากการย้อมผ้าไม่มากนัก และน้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับระดับอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ จากนั้นเติมน้ำเสียสังเคราะห์ผสม ลงในชั้นถึงกรองประดิษฐ์ จากนั้นปล่อยน้ำเสียผ่านชั้นกรองจนหมด ตรวจวิเคราะห์หาประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมที่ λ_{max} ของแต่ละสีย้อม และที่ λ_{320} nm. ทำการทดลองซ้ำจนประสิทธิภาพในการบำบัดลดลงหรือคงที่ พร้อมทั้งวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นก่อนและหลังการบำบัด

ผลการทดลองและวิจารณ์

ผลการเตรียมสารดูดซับ

สารดูดซับถ้ำลอยประกอบด้วย SiO_2 Al_2O_3 Fe_2O_3 CaO MgO Na_2O K_2O TiO_2 Mn_2O_4 SO_3



รูปที่ 2 ลักษณะถึงกรองและส่วนประกอบของชั้นกรอง

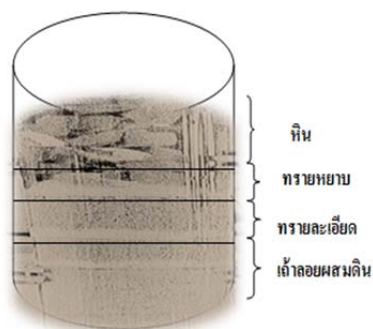
และ P_2O_5 [6] โดยทั้ง 3 ชนิด ได้จากการเผาไหม้ถ่านหินผสมกับชีวมวลในอัตราส่วนที่ต่างกัน ทำให้มีสีที่แตกต่างกัน คือถ้ำลอยชนิด A มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเทาเข้ม ชนิด B มีลักษณะเป็นผงละเอียด สีเทาอ่อน และชนิด C มีลักษณะเป็นก้อนขนาดเล็กไม่ละเอียด สีน้ำตาลอ่อน

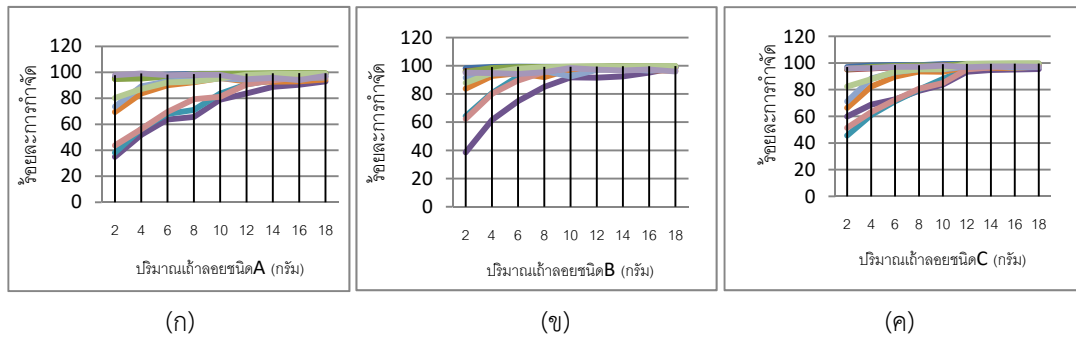
ผลการศึกษาหาความยาวคลื่นที่สีย้อมดูดกลืนแสงได้มากที่สุด (λ_{max})

นำสีย้อมเบสิคทั้ง 10 ชนิด มาสแกนหา λ_{max} ได้แก่ สีแสด สีเขียว สีเหลือง สีนํ้าตาล สีแดง สีเปลือกมังคุด สีชมพู สีม่วง สีนํ้าเงิน และสีเทา มีค่า λ_{max} ที่ได้คือ 412, 424, 434, 446, 543, 544, 544, 604 และ 606 nm ตามลำดับ

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการดูดซับน้ำเสียสังเคราะห์ของถ้ำลอยโดยวิธีการทดลองแบบเบตซ์

ปริมาณถ้ำลอยทั้ง 3 ชนิด ให้ร้อยละการดูดซับที่ดีที่สุดคือ 18 g. ร้อยละการดูดซับสีย้อม 10 ชนิด ที่ปริมาณถ้ำลอยชนิด A B และ C ต่างๆ กัน พบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณสารดูดซับเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวในการดูดซับสีย้อมจึงทำให้ร้อยละการดูดซับเฉลี่ยเพิ่มขึ้น แต่หลังจากเพิ่มปริมาณสารดูดซับ ร้อยละการดูดซับมีแนวโน้มค่อยๆ เพิ่มขึ้นและคงที่ โดยร้อยละการดูดซับสูงสุดของถ้ำลอยทั้ง 3 ชนิด อยู่ที่ 97.01 98.41 และ 98.09 ตามลำดับ จากนั้นเมื่อเพิ่มปริมาณสารดูดซับก็ไม่ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับเพิ่มขึ้น ดังรูปที่ 3 แสดงให้เห็นว่าสีย้อมได้ค่อยๆ ถูกดูดซับเข้าไปในรูพรุนและพื้นที่ผิวของสารดูดซับถ้ำลอย จนกระทั่งถึงจุดอิ่มตัวที่ปริมาณสีย้อมถูกดูดซับได้มากที่สุด หรือมีประสิทธิภาพของการดูดซับสูงสุด และถ้ำลอยทั้ง 3 ชนิด มีความจุของการดูดซับอยู่ในช่วง 0.13-0.14 mg/g





รูปที่ 3 ร้อยละการดูดซับสีย้อม 10 ชนิด กับปริมาณเถ้าลอยชนิด A (ก) ชนิด B (ข) และชนิด C (ค)

ส่วนการศึกษาระยะเวลาสัมผัสพบว่า ทุกระยะเวลาสัมผัสมีค่าร้อยละการดูดซับที่ใกล้เคียงกัน ซึ่งตั้งแต่จุดเริ่มสัมผัสเถ้าลอยทั้ง 3 ชนิด สามารถดูดซับสีย้อมเบสสีทั้ง 10 ชนิดได้ดีที่สุด และพบว่าดินที่นำมาผสมกับเถ้าลอยไม่มีผลการดูดซับสีย้อมของเถ้าลอยทั้ง 3 ชนิด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเลือกอัตราส่วนโดยน้ำหนักของตัวดูดซับเถ้าลอยต่อดินที่ 1:20 เป็นอัตราส่วนที่เหมาะสมที่จะให้ประสิทธิภาพการดูดซับดีและอัตราการไหลที่เหมาะสม

ไอโซเทอร์มการดูดซับของเถ้าลอยทั้ง 3 ชนิด มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) มีความสอดคล้องกับไอโซเทอร์มทั้งแบบแลงเมียร์และฟรันทิช ดังตารางที่ 1 และรูปที่ 4 โดยกลไกการดูดซับนั้นอาจเกิดที่ผิวของเถ้าลอย คือ เป็นการดูดซับที่พื้นที่ผิวบนสารดูดซับเป็นแบบเดียวกันทั้งหมด โมเลกุลที่ถูกดูดซับมีจำนวนแน่นจนไม่ซ้อนทับกัน และไม่มีการเคลื่อนที่เกิดได้มากที่สุดและมีความหนาเพียงชั้นเดียว หรือกลไกการดูดซับอาจเกิดในรูพรุนของเถ้าลอย ซึ่งอาจมีการดูดซับที่ไม่เป็นเนื้อเดียวกันตลอด ตัวถูกดูดซับจะจัดเรียงตัวกันหลายชั้นบนพื้นผิวสารดูดซับ และโมเลกุลตัวถูกดูดซับสามารถซ้อนทับกันได้ [7]

ผลการศึกษาการบำบัดสีย้อมเบสสีแบบการไหลผ่านชั้นกรองในคอลัมน์

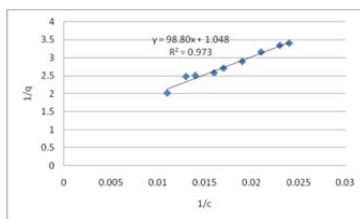
การบำบัดสีย้อมเบสสี 10 ชนิด ในน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านชั้นกรองในคอลัมน์ของเถ้าลอยชนิด A B และ C มีร้อยละการบำบัดเฉลี่ยสูงสุดอยู่ที่ 95.42 97.89 และ 97.75 ตามลำดับ ประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมของเถ้าลอยทั้ง 3 ชนิด บำบัดสีย้อมได้ดีที่สุดครั้งแรก อธิบายได้ว่าประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องในการบำบัดในครั้งต่อไป โดยพื้นที่ผิวสัมผัสของสารดูดซับเถ้าลอยในครั้งแรกของการบำบัด มีพื้นผิวและ

รูพรุนที่ใช้ในการดูดซับได้เป็นจำนวนมากจึงให้ประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมสูง แต่เมื่อผ่านการดูดซับสีย้อมไปหลายๆ ครั้ง พื้นที่ผิวและรูพรุนถูกครอบครองด้วยโมเลกุลสีย้อมจึงทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดลดน้อยลงอย่างต่อเนื่อง ผลการศึกษาพบว่าเถ้าลอยชนิด B และ C มีประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมได้ดีและใกล้เคียงกันเนื่องจากองค์ประกอบหลักของเถ้าลอย คือ SiO_2 CaO และ Al_2O_3 [8] ซึ่งมีคุณสมบัติเป็นสารดูดซับและโครงสร้างมีรูพรุน และเถ้าที่เกิดจากชีวมวลนั้น มีองค์ประกอบของคาร์บอน [9] ทำให้มีความสามารถในการดูดซับได้ ประกอบกับในชีวมวลมีเถ้าเป็นส่วนประกอบอินทรีย์ที่มีอยู่เดิม เมื่อถูกออกซิไดส์สมบูรณ์จะมีสัดส่วนเถ้าในชีวมวลประมาณ 1-3% [10] เมื่อนำมาใช้ในปริมาณ และอัตราส่วนรวมถึงระยะเวลาที่เหมาะสม จึงทำให้เกิดประสิทธิภาพการบำบัดที่ดีและให้ผลใกล้เคียงกัน

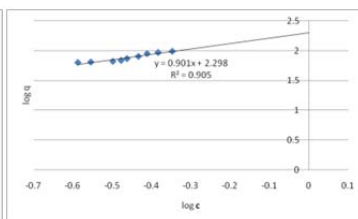
การสร้างกราฟเบรคทวร์จ เพื่อใช้ศึกษาอายุการใช้งานของสารดูดซับที่เป็นไปได้ก่อนหมดประสิทธิภาพการดูดซับ โดยเวลาการใช้งานของตัวดูดซับจะนับตั้งแต่เริ่มต้นการดูดซับถึงจุดเริ่มหมดสภาพ (breakthrough point) ซึ่งเป็นจุดที่ประสิทธิภาพการดูดซับสีย้อมเริ่มลดลง ไปจนถึงจุดหมดสภาพ (Exhaustion point) ที่สารดูดซับนั้นไม่สามารถดูดซับสีย้อมได้อีก ทำให้สารดูดซับนั้นหมดประสิทธิภาพในการบำบัดโดยได้ผลดังรูปที่ 5 (ก) (ข) และ (ค) และตารางที่ 2 พบว่าเมื่อผ่านน้ำเสียสังเคราะห์อย่างต่อเนื่อง ประสิทธิภาพการดูดซับของสารดูดซับลดลง โดยสารดูดซับชั้นบนจะหมดประสิทธิภาพก่อนสารดูดซับที่อยู่ชั้นล่าง ทำให้ความเข้มข้นตัวถูกดูดซับที่อยู่บนพื้นผิวดูดซับมีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุดสูงสุดที่ยอมรับได้ เรียกว่า จุดเริ่มหมดสภาพหรือจุดเบรคทวร์จ

ตารางที่ 1 ไอโซเทอร์มการดูดซับและค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) ของถ้ำลอยทั้ง 3 ชนิด

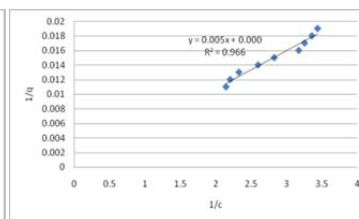
ชนิดถ้ำลอย	ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2)	
	ไอโซเทอร์มแลงเมียร์	ไอโซเทอร์มฟรุนดิช
A	0.973	0.905
B	0.966	0.919
C	0.992	0.933



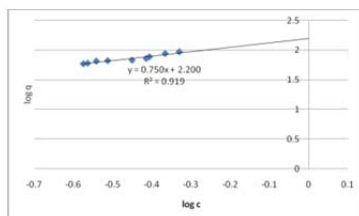
(ก)



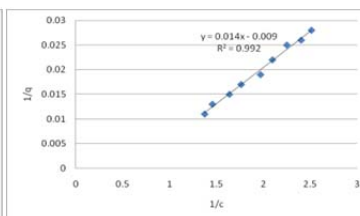
(ข)



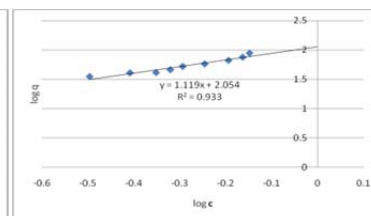
(ค)



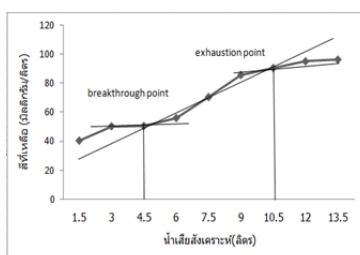
(ง)



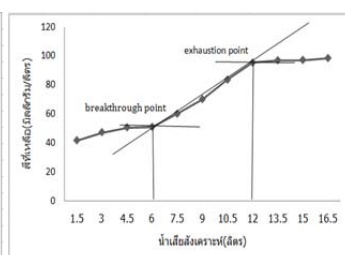
(จ)



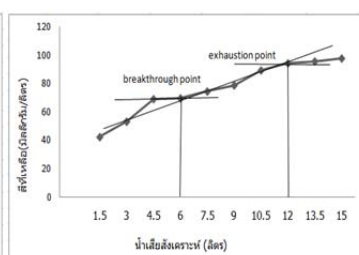
(ฉ)

รูปที่ 4 ไอโซเทอร์มแลงเมียร์ของถ้ำลอย A (ก), B (ค) และ C (จ)
และไอโซเทอร์มฟรุนดิชของถ้ำลอย A (ข), B (ง) และ C (ฉ)

(ก)



(ข)



(ค)

รูปที่ 5 กราฟของเบรคทรูจถ้ำลอย A (ก), ถ้ำลอย B (ข) และถ้ำลอย C (ค)

ตารางที่ 2 เปรียบเทียบผลปริมาตรน้ำเสียที่จุดเริ่มหมดสภาพ และจุดหมดสภาพในการบำบัดสีย้อมเบสิคด้วยวิธีคอลัมน์และถังกรองประดิษฐ์

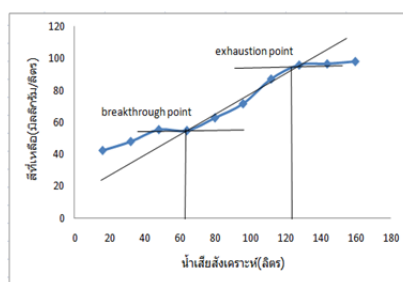
วิธี/ชนิดถ้ำลอย	ปริมาตรน้ำเสีย (ลิตร)	
	จุดเริ่มหมดสภาพ	จุดหมดสภาพ
คอลัมน์/A	4.5	10.5
คอลัมน์/B	6	12
คอลัมน์/C	6	12
ถังกรองประดิษฐ์ (น้ำเสียสังเคราะห์)/B	64	128
ถังกรองประดิษฐ์ (น้ำเสียสังเคราะห์)/C	64	128
ถังกรองประดิษฐ์/B	48	112
ถังกรองประดิษฐ์/C	48	112

ผลการศึกษาการบำบัดสีย้อมเบสิคด้วยถังกรองประดิษฐ์

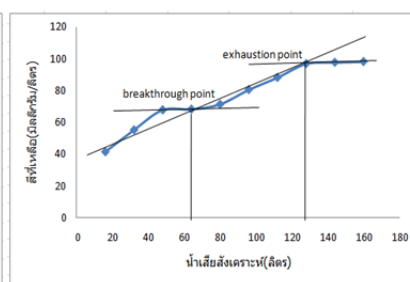
1. ผลการศึกษาการบำบัดสีย้อมเบสิคในน้ำเสียสังเคราะห์

ผลจากการทดลองด้วยถังกรองที่ประกอบด้วยชั้นกรองที่มีสารดูดซับถ้ำลอยชนิด B และ C พบว่าให้ประสิทธิภาพการดูดซับใกล้เคียงกับแบบคอลัมน์และมีแนวโน้มเช่นเดียวกันคือ มีประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมได้ดีที่สุดในครั้งแรก คือร้อยละ 98.74 และ 98.21 ตามลำดับ ส่วนจำนวนครั้งของการบำบัดของถังกรองจะน้อยครั้งกว่าในคอลัมน์ ดังรูปที่ 6 (ก) และ (ข) และตารางที่ 2 เนื่องจากถังกรองมีขนาดใหญ่กว่าและปริมาตรน้ำที่ผ่านมากกว่าในคอลัมน์ แสดงให้เห็นว่าถังกรองมีประสิทธิภาพในการบำบัดสีย้อมลดลงอย่างต่อเนื่องในการบำบัดครั้งต่อไป

2. ผลการศึกษาการบำบัดสีย้อมในน้ำเสียจริง
การบำบัดน้ำเสียจริงด้วยถังกรองที่ประกอบด้วยชั้นกรองที่มีสารดูดซับถ้ำลอยชนิด B และ C พบว่า มีประสิทธิภาพการบำบัดสีย้อมได้ดีที่สุดในครั้งแรก คือร้อยละ 95.89 และ 95.94 ตามลำดับ และมีแนวโน้มในการบำบัดสีย้อมลดลงอย่างต่อเนื่องในการบำบัดครั้งต่อไป ดังรูปที่ 7 (ก) และ (ข) จะเห็นได้ว่าสีย้อมที่ถูกกำจัดมีแนวโน้มใกล้เคียงกับการทดลองกับน้ำเสียสังเคราะห์ ส่วนครั้งที่บำบัดของน้ำเสียจริงจะน้อยกว่าในน้ำเสียสังเคราะห์ โดยพิจารณาจากจุดเริ่มหมดสภาพ และจุดหมดสภาพ ดังตารางที่ 2 อธิบายได้ว่า น้ำเสียจริงมีมลสารอื่นๆ ปะปนอยู่ จึงทำให้มีจุดเริ่มหมดสภาพ และจุดหมดสภาพที่ต่ำกว่าน้ำเสียสังเคราะห์

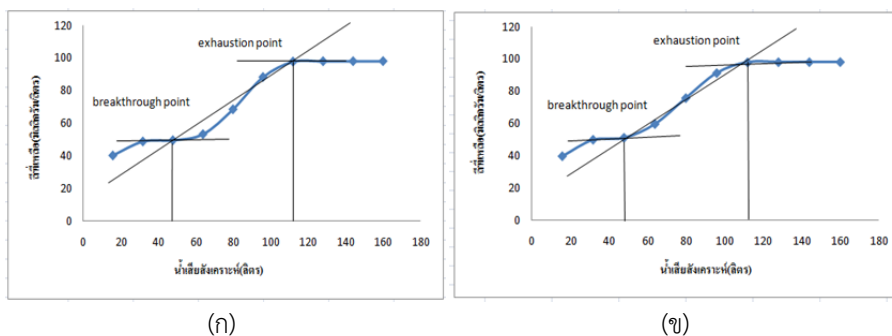


(ก)



(ข)

รูปที่ 6 กราฟเบรคทรูจการบำบัดน้ำเสียสังเคราะห์ด้วยถ้ำลอย B (ก) และถ้ำลอย C (ข)



รูปที่ 7 กราฟเบรคทวร์จการบำบัดสีย้อมในน้ำเสียจริงด้วยถ้ำลอย B (ก) และถ้ำลอย C (ข)

นอกจากนั้นได้ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้นตามวิธีมาตรฐานการวิเคราะห์คุณภาพน้ำและน้ำเสียของ The Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, AWWA and WEF, 2005) [11] ของน้ำเสียจริงก่อนและหลังผ่านการบำบัดด้วยถังกรองที่มีถ้ำลอยชนิด B และ C ได้ผลแสดงดังในตารางที่ 3 พบว่าทุกพารามิเตอร์ผ่านเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม โดยสามารถบำบัดแต่ละพารามิเตอร์คือ สีของน้ำ ความขุ่น ความเค็ม การนำไฟฟ้า ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และซีโอดีของการบำบัดด้วยถังกรองที่มีถ้ำลอยชนิด B เท่ากับร้อยละ 86.00, 95.97, 33.33, 35.86, 34.64 และ 81.25 ตามลำดับ และถ้ำลอยชนิด C เท่ากับร้อยละ 85.62, 94.65, 33.33, 36.36, 35.09 และ

82.60 ตามลำดับ และลักษณะทางกายภาพของน้ำมีลักษณะใส ไม่มีสี ไม่มีกลิ่น

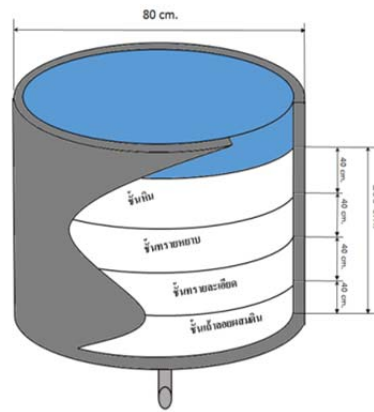
การนำไปประยุกต์ใช้จริง

เพื่อการประยุกต์ใช้ได้จริงในชุมชน ผู้วิจัยจึงได้ออกแบบถังกรองที่ทำจากบ่อซีเมนต์ที่มีความจุ 1,000 L. เพื่อรองรับปริมาณน้ำเสียของชุมชนบ้านป่าแดง ซึ่งมีน้ำเสียเกิดขึ้นวันละไม่เกิน 1,000 L./วัน ลักษณะของถังกรองดังแสดงในรูปที่ 8 และเมื่อคำนวณโดยอ้างอิงจากกราฟเบรคทวร์จที่ได้จากการทดลองในถังกรองประดิษฐ์ พบว่ามีปริมาณน้ำเสียที่จุดเริ่มหมดสภาพ และจุดหมดสภาพเท่ากับ 2,536.32 และ 5,918.08 L. ตามลำดับ

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์คุณภาพน้ำเสียจริงก่อนและหลังจากผ่านการบำบัดด้วยถังกรองที่มีถ้ำลอยชนิด B และ C

พารามิเตอร์	ค่ามาตรฐาน	ถ้ำลอยชนิด B		ถ้ำลอยชนิด C	
		ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
พีเอช	5.5-9.0	7.7	7.8	7.7	7.8
สี (แพลทตินัม-โคบอลต์)	ไม่พึงเป็นที่น่ารังเกียจ	150	21	153	22
ความขุ่น (เอ็นทียู)	ไม่เกิน 100	1.99	0.08	1.87	0.10
ค่าความเค็ม(พีพีที)	ไม่เกิน 7	0.3	0.2	0.3	0.2
ค่าการนำไฟฟ้า (ไมโครซีเมนต์ต่อเซนติเมตร)	ไม่เกิน 2,000	750	481	748	476
ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 3,000	762	498	755	490
ซีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ไม่เกิน 120	112	21	115	20

หมายเหตุ: ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำและน้ำเสียจากกรมควบคุมมลพิษ [12]



รูปที่ 8 แบบจำลองถังกรองที่ใช้บำบัดน้ำเสียการย้อมไหมสังเคราะห์ที่เกิดขึ้นวันละ 1,000 L.

สรุป

1. ถ้ำลอยชนิด A B และ C มีระยะเวลาสัมผัสเหมาะสมอยู่ที่ตั้งแต่จุดเริ่มสัมผัส ปริมาณถ้ำลอยที่เหมาะสมในการดูดซับคือ 18 g. ความจุในการดูดซับสภาวะที่ดีที่สุดอยู่ในช่วง 0.13-0.14 mg/g ประสิทธิภาพในการดูดซับของถ้ำลอยชนิด A B และ C ร้อยละ 97.01 98.41 และ 98.09 ตามลำดับ อัตราส่วนโดยน้ำหนักถ้ำลอยต่อดินที่ดีที่สุดเท่ากับ 1:20 g. และมีกลไกการดูดซับสอดคล้องกับไอโซเทอร์มแลงเมียร์และฟรุนดลิช

2. ในการทดลองแบบคอลัมน์ที่บรรจุชั้นกรองประกอบด้วยชั้นหิน ทรายหยาบ ทรายละเอียด และถ้ำลอยผสมดิน พบว่าถ้ำลอยชนิด A B และ C มีประสิทธิภาพการบำบัดสูงที่สุดในครั้งแรก คือร้อยละ 95.42 97.89 และ 97.75 ตามลำดับ โดยมีแนวโน้มประสิทธิภาพการบำบัดลดลงอย่างต่อเนื่องในการบำบัดครั้งต่อไป

3. ในการทดลองแบบถังกรองประดิษฐ์ถ้ำลอยชนิด B และ C มีประสิทธิภาพในการบำบัดสูงที่สุดในครั้งแรก และใกล้เคียงกันเช่นเดียวกับการทดลองแบบคอลัมน์ โดยน้ำเสียสังเคราะห์และน้ำเสียจริงมีจุดเริ่มหมดสภาพเท่ากับ 64 และ 48 L. และจุดหมดสภาพเท่ากับ 128 และ 112 L. ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าถังกรองประดิษฐ์มีประสิทธิภาพที่ดี และสามารถบำบัดเสียย้อมเบสิคได้จริง

การใช้ประโยชน์จากถ้ำลอยส่วนใหญ่ในประเทศไทยนั้น นิยมใช้กันในงานวิศวกรรม แต่ประโยชน์อีกทางหนึ่งคือถ้ำลอยสามารถใช้ในงานด้านสิ่งแวดล้อมเพื่อลดการเกิดมลพิษสิ่งแวดล้อมโดยเฉพาะมลพิษทางน้ำ ซึ่งการใช้ถ้ำลอยบำบัดน้ำเสีย ในทางปฏิบัติใช้จริงยังมีน้อย งานวิจัยนี้จึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่เป็นแนวทางการจัดการปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมโดยเป็นการใช้ประโยชน์จากวัสดุ

เหลือใช้อย่างคุ้มค่า และเกิดประโยชน์สูงสุด รวมถึงสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ง่าย โดยผู้ใช้ไม่จำเป็นต้องมีทักษะ หรือองค์ความรู้เฉพาะทางมากนัก ซึ่งสอดคล้องกับการอนุรักษ์สิ่งแวดล้อม และการรณรงค์เพื่อลดปัญหามลพิษสิ่งแวดล้อมอย่างจริงจังในปัจจุบัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kanittha. 2007. Dye in the dyeing industry. from: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&pageid=1&read=true&count=true, 28 January 2016. (in Thai)
- [2] Kanittha. 2007. Dye. from: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&pageid=3&read=true&count=true, 28 January 2016. (in Thai)
- [3] Kanittha. 2007. Type of dye. from: http://www.tpa.or.th/writer/read_this_book_topic.php?bookID=370&pageid=6&read=true&count=true, 28 January 2016. (in Thai)
- [4] Supattra Budsareechai, Thitima Nikron sangkhaphinit, Sinsupa Kaewketkam, Atip Lanugphairojana and Yuvarat Ngernyen. 2016. The Use of Fly Ash to Remove Color of Wastewater from Pulp and Paper Industry by Adsorption. From: <https://gsbooks.gs.kku.ac.th/59/ingrc2016/pdf/SDP1.pdf>, 28 January 2016. (in Thai)

- [5] Department of industrial works, Ministry of Industry. 1999. Environmental Management Manual of Dyeing Factory. Department of Environmental Technology, Bangkok. (in Thai)
- [6] SCI ECO SERVICES Co., Ltd. 2016. Report of industrial waste disposal project that is not hazardous waste and electricity generating unit size 9.6 Megawatt. from: <http://onep.go.th/images/monitor/1517035667.pdf>, 22 January 2017. (in Thai)
- [7] Nipon Tungkananuruk and Kanita Tungkananuruk. 2007. Principle of chemical water quality analysis. 1st edition. Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai)
- [8] Worawut Matthayan, Sopa Visitsak and Joseph Khedari. 2010. Improvement of compressive strength for adobe block by using lime and palm oil ash. from: http://rdi.ku.ac.th/kasetresearch54/GroupEconomic/43-Worawut_mat/template.html 28 January 2016. (in Thai)
- [9] The Japan Institute of Energy. 2008. Biomass resources. from: http://www.jie.or.jp/biomass/AsiaBiomassHandbook/Thai/Part-2_T.pdf. 28 January 2016. (in Thai)
- [10] Department of Alternative Energy Development and Efficiency. Ministry of Energy. 2015. Biomass energy. from: http://e-lib.dede.go.th/mm-data/Bib_15330.pdf, 28 January 2016. (in Thai)
- [11] APHA, AWWA. and WEF. 2005. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 21st edition, American Public Health Association, Washington, DC.
- [12] Pollution Control Department. Standard for the control of drainage from sources Industrial factory and industrial estate. (1996), from: http://www.pcd.go.th/info_serv/reg_std_water04.html, 28 January 2016. (in Thai)