

แผ่นกรองเส้นใยผักตบชวาโดยใช้น้ำยางพาราธรรมชาติเป็นตัวประสาน เพื่อบำบัดสีย้อมรีแอคทีฟในสารละลาย

Water Hyacinth Fiber Filter Sheet with Natural Rubber Latex as Binder for Treatment of Reactive Dyes in Aqueous Solution

วิศวพงศ์ วุฒิพูนันท์ (Visavapong Vuttiputtanun)^{1*}

กณิศา ตั้งคณานุกรักษ์ (Kanita Tungkananuruk)^{**} ดร.นพวรรณ เสมวิมล (Dr.Noppawan Semvimol)^{***}

(Received: August 19, 2019; Revised: September 26, 2019; Accepted: October 2, 2019)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้แผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวาโดยใช้น้ำยางพาราธรรมชาติเป็นตัวประสานเพื่อบำบัดสีย้อมรีแอคทีฟ 3 ชนิด (2% Red, SBN, 2% Blue G and 2% Yellow RN) เส้นใยผักตบชวาถูกปรับสภาพโดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทำการศึกษาระยะเวลาสัมผัสพบว่า ระยะเวลามัธยัสถ์ที่เหมาะสมคือ 3 วัน นอกจากนี้ค่าความจุในการดูดซับสีย้อมรีแอคทีฟทั้ง 3 ชนิด เท่ากับ 1.14, 1.20 และ 1.51 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ที่ความเข้มข้นของสารละลายสีย้อมรีแอคทีฟทั้ง 3 ชนิด 20, 10 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และเส้นใยผักตบชวา 1 กรัม ค่าสีของสารละลายที่ผ่านการบำบัดมีค่าไม่เกิน 300 ADMI (ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งอุตสาหกรรม) อัตราส่วนโดยน้ำหนักที่เหมาะสมของเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางพาราธรรมชาติคือ 1: 2 นอกจากนี้ทำการศึกษาศักยภาพการกำจัดสีย้อมของแผ่นกรองเส้นใยผักตบชวาในสารละลายสีย้อมผสมทั้ง 3 ชนิด ผลการทดลองพบว่าแผ่นกรองเส้นใยผักตบชวาขนาด 5x16 เซนติเมตร สามารถกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟทั้ง 3 ชนิด เมื่อผ่านสารละลายสีย้อมผสมเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 640 มิลลิลิตร ดังนั้นแผ่นกรองเส้นใยผักตบชวาที่มีศักยภาพเพียงพอที่จะกำจัดสีย้อมรีแอคทีฟทั้ง 3 ชนิดนี้

ABSTRACT

This research was to investigate the feasibility of using water hyacinth fiber filter sheet with natural rubber latex (NRL) as binder to treat 3 reactive dyes (2% Red, SBN, 2% Blue G and 2% Yellow RN). The water hyacinth fiber (WHF) was obtained by sodium hydroxide solution modification. To determine the contact time of WHF, the optimal contact time at 3 days was achieved. In addition, the adsorption capacity of 3 reactive dyes were 1.14, 1.20 and 1.51 mg/g respectively. At the concentration of 3 reactive dyes solution 20, 10 and 10 mg/L respectively and the 1 g of WHF, the color value of the treated solution were not over 300 ADMI (standard value of wastewater industry). The optimal ratio by weight of WHF to NRL was 1: 2. Furthermore, the dyes removal efficiency of WHF filter sheet was determined in the 3 mixed dyes solution. The experimental results revealed that the WHF filter sheet size 5x16 cm could remove 3 reactive dyes until 640 mL of the mixed dyes solution 10 mg/L was thoroughly passed. Therefore, this WHF filter sheet has enough potential to remove these 3 reactive dyes.

คำสำคัญ: เส้นใยผักตบชวา สีย้อมรีแอคทีฟ น้ำยางพาราธรรมชาติ

Keywords: Water hyacinth fiber, Reactive dyes, Natural rubber latex

¹Corresponding author: visavapong.vut@gmail.com

^{*}นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ สาขาวิชาศึกษาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{**}รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

^{***}อาจารย์ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

บทนำ

อุตสาหกรรมสิ่งทอระดับครัวเรือนก่อให้เกิดน้ำทิ้งปริมาณมากที่ปนเปื้อนสีย้อมที่เหลือจากการย้อมติดเส้นใยของผ้า โดยเฉพาะน้ำเสียจากกระบวนการฟอกย้อมในชุมชนยังมีข้อจำกัดด้านความรู้ในการบำบัดน้ำเสียจากการฟอกย้อมและผลกระทบที่เกิดขึ้น จึงทำให้ไม่ได้รับการใส่ใจเท่าที่ควรในการกำจัดสีย้อมจนกระทั่งน้ำทิ้งไม่มีสีย้อมปนเปื้อนหรือปนเปื้อนในระดับที่ยอมรับตามมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (ค่าสีไม่เกิน 300 ADMI, American Dye Manufacturers Institute) ก่อนปล่อยทิ้งสู่แหล่งน้ำสาธารณะ โดยสีย้อมที่นิยมใช้ในการย้อมเส้นใยเซลลูโลสคือ สีย้อมรีแอคทีฟ (Reactive dye) ซึ่งเป็นสารอินทรีย์ที่มีโครงสร้างโมเลกุลขนาดใหญ่และซับซ้อน สามารถละลายน้ำได้ดี [1-2] แต่ในกระบวนการฟอกย้อมปฏิกิริยาที่ไม่สมบูรณ์ระหว่างสีย้อมกับเส้นใย สีย้อมจะตกค้างในน้ำทิ้งเสมอ จึงทำให้น้ำทิ้งมีค่าซีโอดี (COD) สูงมาก อีกทั้งยังเป็นสารอินทรีย์ที่ย่อยสลายทางชีวภาพได้ยาก [3] ก่อให้เกิดมลภาวะทางน้ำได้ทั้งระยะสั้นและระยะยาว วิธีการบำบัดที่ใช้ในอุตสาหกรรมสิ่งทอขนาดใหญ่เป็นวิธีที่ต้องใช้สารเคมีและเทคโนโลยีที่มีต้นทุนสูง เช่น การตกตะกอนด้วยสารเคมี (Chemical precipitation) การแยกด้วยเทคนิคเมมเบรน (Membrane separation) การบำบัดทางชีวภาพ (Biological treatments) กระบวนการออกซิเดชันขั้นสูง (Advanced oxidation processes) การเกิดคาวิเตชันและการเผา (Cavitation and incineration) และการดูดซับ (Adsorption) [4] กระบวนการบำบัดสีย้อมที่จัดว่าเป็นวิธีที่ง่ายและมีประสิทธิภาพคือ การดูดซับ โดยวัสดุดูดซับที่ดินนั้นควรมีสมบัติในการดูดซับสารมลพิษที่ต้องการกำจัดได้ โครงสร้างที่มีรูพรุนสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทำหน้าที่ยึดจับสารอินทรีย์ได้ [5] และประสิทธิภาพจะสูงขึ้นเมื่อวัสดุดูดซับมีรูพรุนและพื้นที่ผิว (Surface area) สูง โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจะเตรียมแผ่นกรองที่มีต้นทุนต่ำโดยใช้ผักตบชวาที่เป็นวัชพืชที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็วในแหล่งน้ำทั่วไป นำมาประยุกต์และพัฒนาใช้เป็นวัสดุดูดซับได้ และสามารถนำมาเป็นวิธีบำบัดสีย้อมที่เหมาะสมกับครัวเรือนได้

ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของปัญหาดังกล่าว จึงมีวัตถุประสงค์ที่จะประดิษฐ์แผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวาโดยใช้น้ำยาร่างทรงกลมเป็นตัวประสานเพื่อบำบัดสีย้อมรีแอคทีฟในสารละลาย ในระดับห้องปฏิบัติการที่สามารถใช้งานได้สะดวกและมีประสิทธิภาพในการบำบัด และสามารถนำแผ่นกรองไปขยายสเกลที่ใหญ่ขึ้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้บำบัดน้ำเสียจากสีย้อมรีแอคทีฟก่อนที่จะลงสู่ปล่อยลงแหล่งน้ำสาธารณะ ทำให้ช่วยลดการก่อปัญหามลภาวะทางน้ำได้

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมเส้นใยจากผักตบชวา

เตรียมเส้นใยจากผักตบชวาโดยใช้วิธีการปรับสภาพทางเคมี [6] โดยเริ่มจากการรวบรวมผักตบชวาจากพื้นที่คลองมหาสวัสดิ์ จังหวัดนครปฐม ตัดเอาเฉพาะส่วนลำต้น นำไปล้างน้ำให้สะอาด จากนั้นตัดเป็นท่อนขนาดประมาณ 0.5-1 นิ้ว แล้วนำไปตากแดดเป็นเวลา 2-3 วัน หรือจนกระทั่งตัวอย่างแห้งสนิท นำลำต้นผักตบชวาที่แห้งแล้วมาต้มด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นร้อยละ 8 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร เป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส ล้างวัตถุดิบที่ต้มแล้วด้วยน้ำสะอาดหลายๆ ครั้งเพื่อกำจัดสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ นำวัตถุดิบ

ไปตากให้แห้งเป็นเวลา 1-2 วัน จากนั้นนำวัตถุดิบที่แห้งแล้วไปเข้าเครื่องบด จะได้วัตถุดิบที่ปรับสภาพทางเคมี เก็บไว้ในตู้ควบคุมความชื้น

2. การเตรียมสารละลายมาตรฐานสีย้อมรีแอคทีฟ

เตรียมสารละลายมาตรฐานสีย้อมรีแอคทีฟ 3 ชนิด ได้แก่ 2% Blue G, 2% Red SBN และ 2% Yellow RN โดยใช้น้ำกลั่นเป็นตัวทำละลายที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นเตรียมสารละลายมาตรฐานสีย้อมผสม ที่มีความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยผสมสารละลายมาตรฐานสีย้อมรีแอคทีฟแต่ละชนิดความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตรที่เท่ากัน

3. ศึกษาความสามารถในการกำจัดสารละลายสีย้อมด้วยเส้นใยผักตบชวาโดยวิธีการทดลองแบบแบตช์ (Batch)

ศึกษาประสิทธิภาพเบื้องต้นในการกำจัดสีย้อม โดยชั่งเส้นใยจากผักตบชวาที่ได้เตรียมไว้ปริมาณ 1 กรัม ต่อสารละลายสีย้อมมาตรฐานแต่ละชนิดและแต่ละความเข้มข้นที่ปริมาตร 50 มิลลิลิตร [7] ลงในขวดรูปชมพู่เขย่าและตั้งทิ้งไว้ที่ระยะเวลาสัมผัสที่ 1-5 ชั่วโมง และ 1-5 วัน และนำไปวิเคราะห์หาประสิทธิภาพในการดูดซับสีย้อมโดยวัดค่าดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นที่สูงสุด (λ_{max}) ของแต่ละสีด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พร้อมทั้งคำนวณร้อยละการกำจัดสีย้อมแต่ละชนิด และความจุของการดูดซับ (Adsorption capacity)

4. ศึกษาการขึ้นรูปแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวาร่วมกับน้ำยางพาราธรรมชาติ

ศึกษาการขึ้นรูปแผ่นดูดซับโดยกำหนดอัตราส่วนโดยน้ำหนักของเส้นใยผักตบชวาต่อน้ำยางพาราธรรมชาติไว้ดังนี้ 1: 1, 1: 2, 1: 3 และ 1: 4 ในการขึ้นรูปนั้นได้นำเส้นใยผักตบชวาที่เตรียมไว้มาโรยในแม่พิมพ์ตัวเมียขนาด 17x17 เซนติเมตร ปริมาตร 27 กรัม และทำการเตรียมน้ำยางธรรมชาติโดยนำน้ำยางธรรมชาติผสมกับน้ำกลั่นในอัตราส่วน 1: 1 ทำการฉีดพ่นน้ำยางธรรมชาติลงไปในเส้นใยผักตบชวาให้ทั่วตามอัตราส่วนที่ได้ศึกษา หลังจากนั้นนำแม่พิมพ์ตัวผู้มากดทับแม่พิมพ์ตัวเมีย แล้วทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จึงทำการนำแผ่นกรองออกจากแม่พิมพ์ และอบที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พร้อมทั้งศึกษาอัตราส่วนที่เหมาะสมในการขึ้นรูปเพื่อจะได้ชิ้นงานนำไปทดสอบในขั้นตอนถัดไป

5. ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมด้วยแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวา

ทำการทดลองโดยจำลองการใช้งานในกระบอกฉีดยาพลาสติกขนาด 60 มิลลิลิตร ตัดแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวาให้มีขนาด 5x16 เซนติเมตร พร้อมม้วนแผ่นกรองบรรจุใส่กระบอกอัดให้แน่น เทสารละลายมาตรฐานสีย้อมผสมที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ปริมาตร 20 มิลลิลิตร แล้วอัดด้วยแรงดันโดยใช้หัวฉีดเพื่อให้สารละลายมาตรฐานสีย้อมผสม ผ่านแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวา ดังแสดงในภาพที่ 1 และนำน้ำสีย้อมทั้งก่อนและหลังการบำบัดไปคำนวณร้อยละการกำจัดสีย้อม และค่า ADMI ตามวิธีมาตรฐาน APHA 2120F ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ พร้อมทั้งคำนวณแรงดันที่ใช้ในการทดลองดังสมการที่ (1) (2) และ (3) ตามลำดับ

$$\rho = \frac{m}{v} \quad (1)$$

$$P = \rho \times g \times h \quad (2)$$

$$F = P \times A \quad (3)$$

เมื่อ ρ คือ ความหนาแน่นของสารละลายสีย้อม (กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร)

m คือ มวลของสารละลายสีย้อม (กิโลกรัม)

ν คือ ปริมาตรของสารละลาย (ลูกบาศก์เมตร)

P คือ ความดัน (นิวตันต่อตารางเมตร)

g คือ ค่าความโน้มถ่วง 9.81 (เมตรต่อวินาทีกำลังสอง)

h คือ ความลึกจากผิวหน้าของเหลว (เมตร)

F คือ แรงดัน (นิวตัน)

A คือ พื้นที่ผิวภาชนะ (ตารางเมตร)

ผลการวิจัย

1. ผลการศึกษาการเตรียมเส้นใยผักตบชวา

การทดลองได้นำส่วนของลำต้นผักตบชวามาปรับสภาพทางเคมีด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านการล้างน้ำให้สะอาด ตากแดดให้แห้งและปั่น พบว่าได้เส้นใยจับตัวกัน ที่มีความอ่อนนุ่ม ลักษณะเป็นเส้นสั้น และสีน้ำตาล ดังแสดงในภาพที่ 2 ส่วนปริมาณเส้นใยที่ได้จากกระบวนการเตรียมวัตถุดิบน้ำหนัก 1000 กรัม สามารถเตรียมเป็นเส้นใยผักตบชวาได้ 45 กรัม เนื่องจากโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปกำจัดลิกนินและสิ่งสกปรก ทำให้เหลือแต่ส่วนที่เป็นเส้นใยที่มีปริมาณน้อยลง [8]

2. ผลการศึกษาความจุของการดูดซับสีด้วยเส้นใยผักตบชวาโดยวิธีการทดลองแบบเบดซ์

จากการทดลองโดยการนำเส้นใยผักตบชวาที่เตรียมได้ มาศึกษาความสามารถในการกำจัดสารละลายสีข้อมีแอคทิฟแต่ละชนิดและสารละลายสีข้อมผสม โดยวิธีการทดลองแบบเบดซ์ และระยะเวลาสัมผัสนาน 1-5 ชั่วโมง และนาน 1-5 วัน พบว่าระยะเวลาสัมผัสมีผลต่อการดูดซับ โดยมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและแปรผันโดยตรงตามเวลาที่เหมาะสม ดังนี้

ผลการกำจัดสีข้อมชนิดที่ 1 (2% Blue G) พบว่าระยะเวลาที่ดีที่สุดในการกำจัดสีข้อม คือ 3 วัน โดยที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมร้อยละ 61.79, 75.32, 76.10, 73.86 และ 71.49 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 โดยที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมสูงสุด และมีค่าความจุในการดูดซับเท่ากับ 1.14 มิลลิกรัมต่อกรัม

ผลการกำจัดสีข้อมชนิดที่ 2 (2% Red SBN) พบว่าระยะเวลาที่ดีที่สุดในการกำจัดสีข้อม คือ 3 วัน โดยที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมร้อยละ 68.39, 74.67, 80.07, 79.79 และ 79.97 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 4 โดยที่ความเข้มข้น 30 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมสูงสุด และมีค่าความจุในการดูดซับเท่ากับ 1.20 มิลลิกรัมต่อกรัม

ผลการกำจัดสีข้อมชนิดที่ 3 (2% Yellow RN) พบว่าระยะเวลาที่ดีที่สุดในการกำจัดสีข้อม คือ 1 วัน โดยที่ความเข้มข้น 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมร้อยละ 39.63, 51.67, 56.56 และ 60.44 ตามลำดับ แต่ที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ระยะเวลาที่ดีที่สุดในการกำจัดสีข้อม คือ 1 ชั่วโมง มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมร้อยละ 13.47 ดังแสดงในภาพที่ 5 โดยที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมสูงสุด และมีค่าความจุในการดูดซับเท่ากับ 1.51 มิลลิกรัมต่อกรัม

ผลการกำจัดสีข้อมในสารละลายสีข้อมผสม พบว่าระยะเวลาที่ดีที่สุดในการกำจัดสีข้อม คือ 3 วัน โดยที่ความเข้มข้น 10, 20, 30, 40 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมร้อยละ 19.05, 46.64, 63.37, 67.08 และ 72.14 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 6 โดยที่ความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อลิตร มีความสามารถในการกำจัดสีข้อมสูงสุด และมีค่าความจุในการดูดซับเท่ากับ 1.80 มิลลิกรัมต่อกรัม

จากผลการทดลองดังกล่าวสามารถอธิบายกลไกในการดูดซับได้ว่า ช่วงระยะเวลาสัมผัสเริ่มต้นเกิดกระบวนการดูดซับสีข้อมของเส้นใยผักตบชวา โดยมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูง เนื่องจากยังมีพื้นที่ผิวในการดูดซับสูง และร้อยละการดูดซับแปรผันตามระยะเวลาสัมผัส แต่เมื่อระยะเวลาสัมผัสมากขึ้นประสิทธิภาพการดูดซับจะลดลง เนื่องจากตัวถูกดูดซับเข้าแทนที่ในโครงสร้างของตัวดูดซับซึ่งพื้นที่ของตัวดูดซับมีจำกัด จึงเป็นผลให้ประสิทธิภาพการดูดซับลดน้อยลงตามไปด้วย นอกจากนี้จากผลการทดลองยังพบว่าเมื่อกระบวนการดูดซับเข้าสู่ภาวะสมดุลแล้ว ตัวดูดซับเกิดการคายตัวถูกดูดซับออกมาซึ่งเป็นไปตามกลไกของกระบวนการคายซับ (Desorption) [7]

เมื่อวิเคราะห์ประสิทธิภาพในการกำจัดสีข้อมสูงสุดโดยวิธีการทดลองแบบเบดซ์ที่แต่ละความเข้มข้นของสีข้อมชนิด 2% Blue G, 2% Red SBN, 2% Yellow RN และสารละลายมาตรฐานสีข้อมผสม พบว่าปริมาณความเข้มข้นของสีข้อมสูงสุดที่สามารถกำจัดได้ และอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าสี ADMI คือ 20, 10, 10 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ความเข้มข้นของสีข้อมที่เหลือหลังจากการกำจัดสีข้อมมีค่าเท่ากับ 4.94, 3.16, 9.79 และ 8.10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ และมีค่าสีเท่ากับ 214, 294, 294 และ 272 ADMI ตามลำดับ ดังนั้นการทดลองแบบเบดซ์มีประสิทธิภาพในการกำจัดสีข้อมแต่ละชนิดจากมากไปน้อยตามลำดับดังนี้ 2% Blue G, 2% Red SBN และ 2% Yellow RN

3. ผลการศึกษาการขึ้นรูปแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวาร่วมกับน้ำยางพาราธรรมชาติ

จากการทดลองขึ้นรูปแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวาร่วมกับน้ำยางพาราธรรมชาติโดยใช้วิธีการฉีดพ่นประสาน พบว่าแผ่นกรองที่ได้มีความหนาที่ 0.5 เซนติเมตร และมีความสามารถในการขึ้นรูปได้ แต่มีลักษณะทางกายภาพที่แตกต่างกัน เช่น ความสามารถในการขึ้นรูป การยึดตัวของแผ่น ความเรียบและความสม่ำเสมอ และความสามารถในการคัดกรอง ตามอัตราส่วนระหว่างเส้นใยผักตบชวากับน้ำยางพาราธรรมชาติที่ 1: 1, 1: 2, 1: 3 และ 1: 4 ดังแสดงในตารางที่ 2 ทั้งนี้เนื่องจากยางพารามีสมบัติเป็นสารยึดติดจึงมีหน้าที่ช่วยทำให้เกิดการประสานตัวของเส้นใย และเกิดการเชื่อมโยงของสายโซ่โมเลกุลที่เพิ่มขึ้นทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันของชั้นเส้นใยและการเรียงตัวของเส้นใยที่ดี ส่วนของเส้นใยที่หยาบและละเอียดประสานกันอย่างลงตัว ทำให้เกิดรูพรุนน้อย [9] ทั้งยังมีการกระจายตัวของเนื้อยางบริเวณผิวที่ทั่วถึงจากการฉีดพ่นประสาน ดังนั้นจากการศึกษาจึงเลือกแผ่นกรองที่มีอัตราส่วนระหว่างเส้นใยผักตบชวากับน้ำยางพาราธรรมชาติที่ 1: 2 เพราะมีความสามารถในการขึ้นรูปได้ดี มีการยึดเกาะตัวระหว่างเส้นใยดี ความเรียบและความสม่ำเสมอของแผ่นดีมาก ใช้น้ำยางพาราธรรมชาติในปริมาณน้อย และมีความเหมาะสมในการที่จะมีวันเป็นไส้กรองเพราะมีความสามารถในการคัดกรองได้ดี จึงสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานจริงต่อไปได้

4. ผลศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดสีข้อมด้วยแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวา

ศึกษาโดยจำลองการทดลองในกระบอกดังแสดงในภาพที่ 1 และใช้แรงดันจากลูกสูบช่วยเร่งประสิทธิภาพและลดระยะเวลาในการกรองสีข้อม จากผลการทดลองเมื่อเทสารละลายสีข้อมผสมครั้งละ 20 มิลลิลิตร อย่างต่อเนื่องผ่านกระบอกที่บรรจุแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวา แล้ววัดที่แรงดันขนาด 0.21 นิวตัน เพื่อให้สารละลายสีข้อมผสมผ่านแผ่นกรอง เก็บน้ำตัวอย่างที่ผ่านการกรองทุกครั้ง จากผลการทดลองพบว่าประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำเสียสีข้อม

ผสมในครั้งแรกจากความสามารถในการกำจัดสีย้อมมีค่าดีที่สุดร้อยละ 68.71 และประสิทธิภาพในการบำบัดจะมีแนวโน้มลดลงเรื่อยๆ อย่างต่อเนื่อง ดังแสดงในภาพที่ 7 เมื่อเทียบกับการทดลองแบบแบดจ์ความสามารถในการกำจัดสีย้อมมีค่าดีที่สุดร้อยละ 19.05 และต้องใช้เวลาถึง 2-3 วัน ในการบำบัด แต่ในการทดลองแบบใช้แผ่นกรองมีประสิทธิภาพการกำจัดสีย้อมที่ดีกว่า ใช้ระยะเวลาสั้นกว่า มีความสะดวกในการใช้งาน และสามารถใช้ได้หลายครั้งจนแผ่นกรองจะหมดประสิทธิภาพ สามารถอธิบายได้ว่าการทดลองแบบใช้แผ่นกรองมีพื้นที่ผิวสัมผัสในการดูดซับมากกว่าแบบแบดจ์ เนื่องจากมีการจัดเรียงตัวกลางที่เป็นระเบียบ นอกจากนี้การทดลองแบบใช้แผ่นกรองที่มีการใช้แรงดันช่วยเร่งกลไกการดูดซับ จึงเป็นผลให้ระยะเวลาสัมผัสลดลงแต่ประสิทธิภาพในการดูดซับมากขึ้น แต่เมื่อผ่านการบำบัดในหลายๆ ครั้ง พื้นที่ผิวของแผ่นกรองถูกแทนที่ด้วยโมเลกุลของสีย้อมทำให้ประสิทธิภาพในการใช้งานลดลงอย่างต่อเนื่อง

ผลต่อค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมผสม พบว่าค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมผสมตั้งต้นมีค่าเท่ากับ 7.0 และเมื่อผ่านการกรองค่าพีเอชของสารละลายสีย้อมผสมมีค่าประมาณ 7.0-7.3 ดังนั้นการใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ในขั้นการเตรียมเชื้อและล้างจนน้ำล้างมีพีเอชเป็นกลาง จึงไม่ส่งผลกระทบต่อพีเอชของสารละลายสีย้อม

โดยการทดลองแบบใช้แผ่นกรองสามารถหาอายุการใช้งานของตัวแผ่นกรองได้ จากการวัดค่าสีตามมาตรฐาน ADMI พบว่าสีย้อมผสมมีค่าสีเท่ากับ 365 ADMI ซึ่งมีค่าเกินมาตรฐาน เมื่อผ่านสารละลายสีย้อมผสมที่ปริมาตร 20 ถึง 200 มิลลิลิตร จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดสี หลังจากนั้นแผ่นกรองจะเริ่มหมดประสิทธิภาพตามระยะเวลาการใช้งาน ในช่วงสารละลายสีย้อมผสมปริมาตร 220 มิลลิลิตร ค่า ADMI เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว นั่นคือเริ่มถึงจุดหมดสภาพหรือจุดเบรคทูร์จ (Breakthrough Point) แต่ค่าสี ADMI ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อใช้งานไปเรื่อยๆ พบว่าที่สารละลายสีย้อมผสมปริมาตร 660 มิลลิลิตร เป็นจุดที่แผ่นกรองหมดประสิทธิภาพในการใช้งาน หรือถึงจุดหมดสภาพ (Exhaustion Point) ซึ่งค่าสีเกินค่ามาตรฐานที่ 300 ADMI ดังแสดงในภาพที่ 8

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการประยุกต์ใช้เส้นใยผักตบชวาโดยใช้ยางพาราธรรมชาติเป็นตัวประสาน เพื่อประดิษฐ์เป็นแผ่นกรองที่มีความสามารถบำบัดสีย้อมรีแอคทีฟในสารละลาย ในการเตรียมวัตถุดิบพบว่าลำดับของผักตบชวาเมื่อผ่านการปรับสภาพทางเคมีแล้วจะได้ผลผลิตออกมาเป็นเส้นใย ส่วนผลการทดลองแบบแบดจ์ที่ระยะเวลาสัมผัสแบบชั่วโมง (1-5 ชั่วโมง) และแบบวัน (1-5 วัน) พบว่าระยะเวลาสัมผัสกับเส้นใยผักตบชวามีความสัมพันธ์กับแบบแปรผกผันตรง ผลการกำจัดสีย้อมชนิด 2% Blue G, 2% Red SBN, 2% Yellow RN และสีย้อมผสม มีความสามารถในการกำจัดสีย้อมสูงสุดที่ความเข้มข้น 30, 30, 50 และ 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ความสามารถในการกำจัดสีย้อมมีค่าร้อยละ 76.10, 80.07, 60.44 และ 72.14 ตามลำดับ มีค่าความจุในการดูดซับเท่ากับ 1.14, 1.20, 1.51 และ 1.80 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมสูงสุดและค่าสีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของค่าสี ADMI สามารถกำจัดสีย้อมได้ที่ความเข้มข้น 20, 10, 10 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ตามลำดับ ผลการนำเส้นใยผักตบชวามารวมกับยางพาราธรรมชาติ พบว่าอัตราส่วนระหว่างเส้นใยผักตบชวากับยางพาราธรรมชาติโดยการฉีดพ่นประสานที่เหมาะสมคือ 1: 2 และแผ่นกรองขนาด 5x16 เซนติเมตร มีประสิทธิภาพในการบำบัดสารละลายสีย้อมรีแอคทีฟได้ถึง 640 มิลลิลิตร และค่าสีต่ำกว่าเกณฑ์มาตรฐานของค่าสี ADMI ดังนั้นแผ่นกรองนี้จึงมีความสามารถในการนำไปประยุกต์

และพัฒนาใช้งานจริง สามารถขยายขนาดจากที่ทำการทดลองได้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งที่ปนเปื้อนสี
ข้อมปริมาณมากได้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ให้ความ
อนุเคราะห์วัสดุ อุปกรณ์ และสถานที่ ในการดำเนินงานวิจัยจนส่งผลให้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

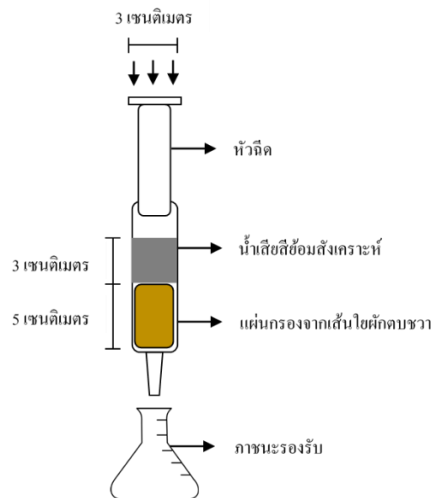
1. Thiravetyan P, Towprayoon S, Inthorn D, Chawakitchareon P, Turakji P. Decolorisation of reactive dyes from textile dyeing wastewater by agricultural and industrial wastes [Internet]. 2006 [update 2014 May 23; cited 2019 Jan 23]. Available from: <https://www.kmutt.ac.th/rippc/pmt43.htm>
2. Ministry of industry. Guidelines for the management of waste water from textile dyeing factories. Bangkok: Chula Unisearch Chulalongkorn University; 2013. Thai.
3. Sarakarnkosol W. Pollution and danger of waste water from dyeing. Environmental Journal. 2017; 21(1): 7-14. Thai
4. Jiangbin Z, Zhengdong Z, Ru R, Xiaofeng S, Zhiping M, Hong X, et al. Chitosan adsorbent reinforced with citric acid modified β -cyclodextrin for highly efficient removal of dyes from reactive dyeing effluents. Eur Polym J. 2018; 108: 212-218.
5. Junlaoun J. Preparation of water hyacinth adsorbent for removal of direct dyes from textile wastewater [MSc thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2007. Thai.
6. Narawong W, Panya P, editors. Preparation of cellulose from water hyacinth leave to adsorb Cr (VI) ion. Proceedings of the 4th National Conference KPRU; 2017 Dec 22; Kamphaengphet, Thailand. Bangkok: Office of Academic Resources and Information Technology KPRU; 2018. Thai.
7. Ruparseart P. The utilization of water hyacinth stem bioadsorbent as growing material in constructed wetland systems for dyestuff removal [MSc thesis]. Bangkok: Kasetsart University; 2015. Thai.
8. Jankat A, Auhachuk T, Songtumlee P, Aujitchai V, editors. Study of wood polymer composites from water hyacinth fibers and low density polyethylene (LDPE) using PE-g-MA as a compatibilizer. Proceedings of Forcons; 2015 Sep 18-20; Bangkok, Thailand. Bangkok: Ministry of Natural Resources and Environment; 2016. Thai.
9. Piriayon S, Surin P, Buasri K, editors. The study of compressed fibers plates from a mixture of pennisetum pedicellatum with natural rubber latex. Proceedings of the 1st National Conference RUSCON; 2016 Jun 22; Ayutthaya, Thailand. Bangkok: Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi; 2017. Thai.

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการกำจัดสีย้อมสูงสุดของความเข้มข้นของสีย้อมแต่ละชนิดที่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานค่าสี ADMI

ชนิดของสีย้อม	ความเข้มข้นของสีย้อม (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ความเข้มข้นของสีย้อมที่เหลือ (มิลลิกรัมต่อลิตร)	ค่าสี (ADMI)
2% Blue G	20	4.94	214
2% Red SBN	10	3.16	294
2% Yellow RN	10	9.79	294
สารละลายมาตรฐานสีย้อมผสม	10	8.10	272

ตารางที่ 2 ลักษณะของแผ่นที่ขึ้นรูปตามอัตราส่วนโดยน้ำหนักระหว่างเส้นใยผักตบชวากับน้ำยางพาราธรรมชาติ

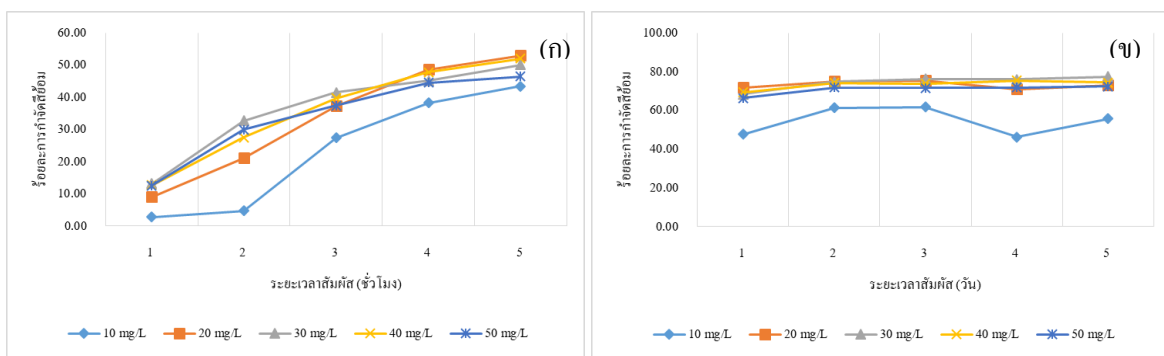
อัตราส่วนโดยน้ำหนักในการขึ้นรูป		ภาพประกอบ	คำอธิบาย
เส้นใยผักตบชวา	น้ำยางพาราธรรมชาติ		
1	1		สามารถขึ้นรูปได้ การยึดเกาะตัวของแผ่นไม่ดี ความเรียบและความสม่ำเสมอของแผ่นไม่ดี มีความสามารถในการค้ำองได้น้อย
1	2		สามารถขึ้นรูปได้ดี การยึดเกาะตัวของแผ่นดี ความเรียบและความสม่ำเสมอของแผ่นดีมาก มีความสามารถในการค้ำองได้ดี
1	3		สามารถขึ้นรูปได้ดี การยึดเกาะตัวของแผ่นดี ความเรียบและความสม่ำเสมอของแผ่นไม่ดี มีความสามารถในการค้ำองได้ดี
1	4		สามารถขึ้นรูปได้ดี การยึดเกาะตัวของแผ่นดี ความเรียบและความสม่ำเสมอของแผ่นดี มีความสามารถในการค้ำองได้ยาก



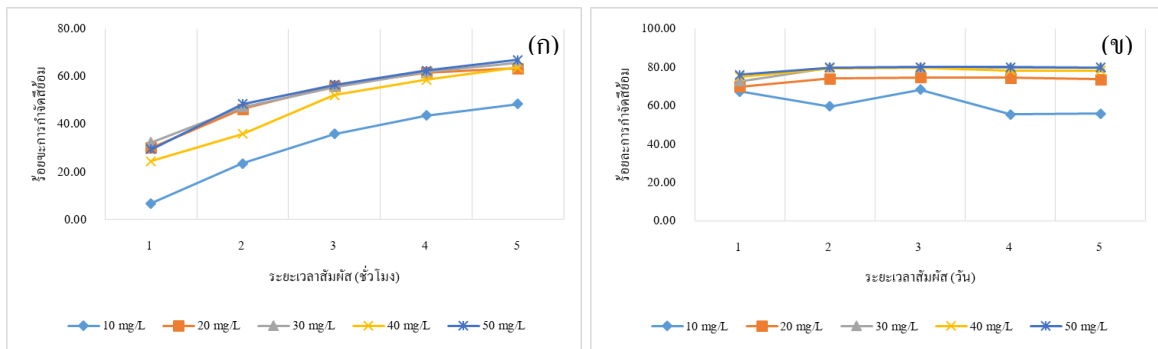
ภาพที่ 1 การจำลองการทดลองในกระบอกที่บรรจุแผ่นกรองจากเส้นใยผักตบชวา



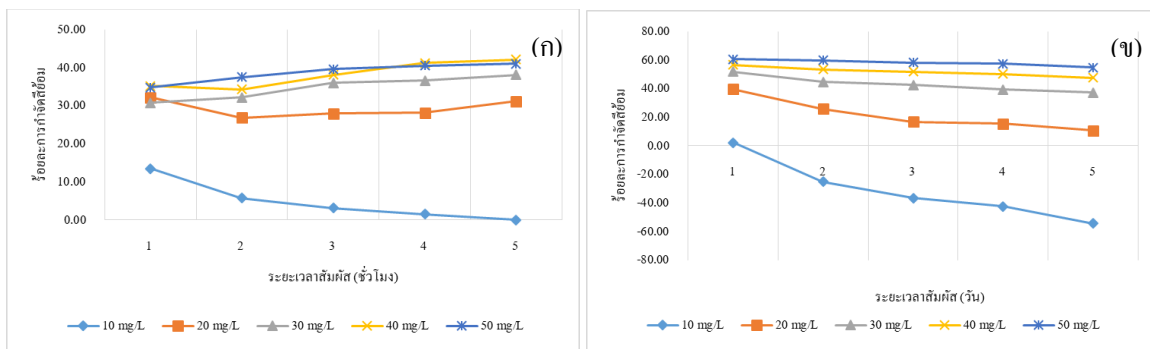
ภาพที่ 2 เส้นใยของลำต้นผักตบชวาที่ผ่านการปรับสภาพทางเคมี



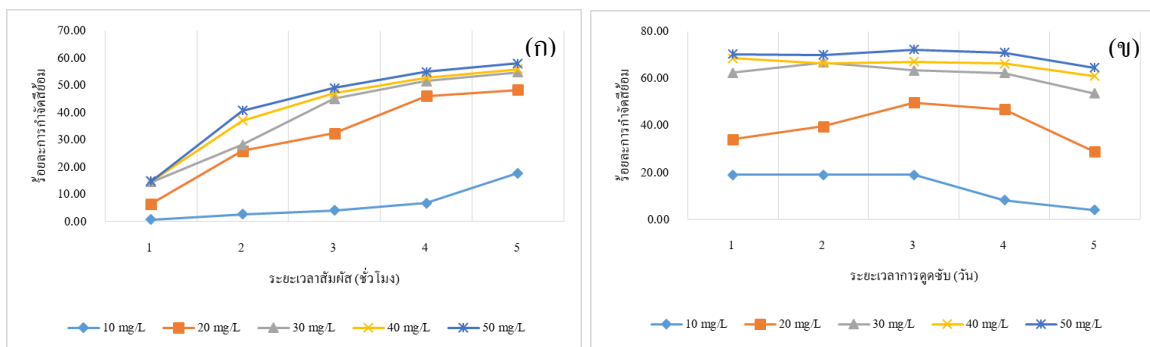
ภาพที่ 3 ร้อยละการกำจัดสื้อมในสารละลายสื้อมรีแอกทีฟ 2% Blue G ตามระยะเวลาสัมผัสแบบชั่วโมง (ก) และแบบวัน (ข)



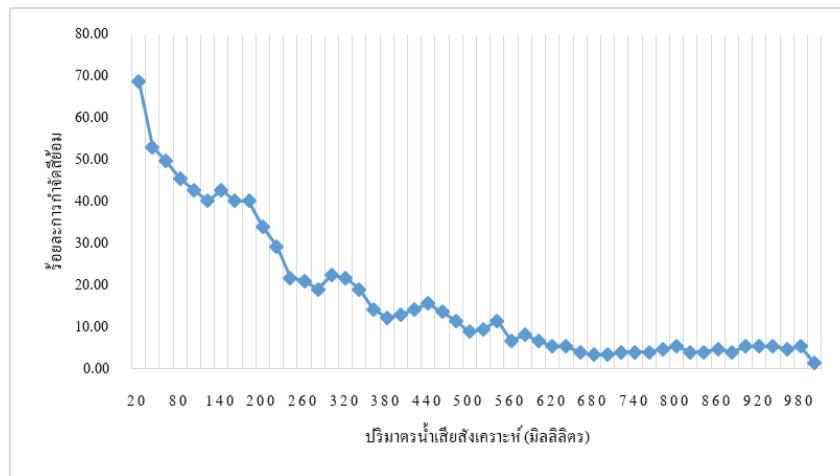
ภาพที่ 4 ร้อยละการกำจัดสีย้อมในสารละลายสีย้อมรีแอคทีฟ 2% Red SBN ตามระยะเวลาสัมผัสแบบชั่วโมง (ก) และแบบวัน (ข)



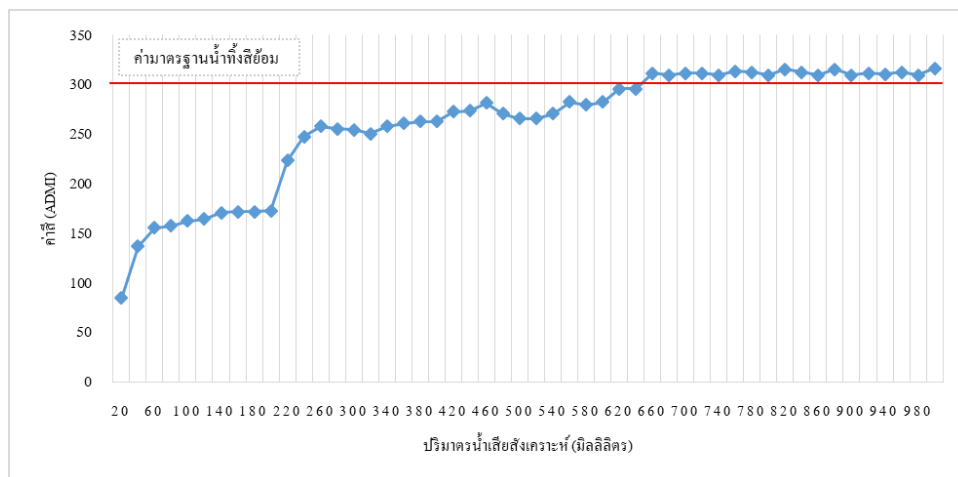
ภาพที่ 5 ร้อยละการกำจัดสีย้อมในสารละลายสีย้อมรีแอคทีฟ 2% Yellow RN ตามระยะเวลาสัมผัสแบบชั่วโมง (ก) และแบบวัน (ข)



ภาพที่ 6 ร้อยละการกำจัดสีย้อมในสารละลายสีย้อมรีแอคทีฟผสมตามระยะเวลาสัมผัสแบบชั่วโมง (ก) และแบบวัน (ข)



ภาพที่ 7 ร้อยละการกำจัดสีย้อมในสารละลายสีย้อมรีแอคทีฟผสมที่ความเข้มข้น 10 มิลลิกรัมต่อลิตร ด้วยแผ่นกรองที่บรรจุในคอลัมน์



ภาพที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี ADMI กับปริมาณน้ำเสียสังเคราะห์ที่ผ่านการทดลองด้วยแผ่นกรองที่บรรจุในคอลัมน์