

## การบำบัดน้ำเสียจากการซักฟอกโดยใช้ผักตบชวาสายพันธุ์ *Eichhornia crassipes* Treatment of laundry wastewater with water hyacinth (*Eichhornia crassipes*)

กรานติยา สิริชัยวัฒนกุล<sup>1</sup> วัชรธร คูตระกูล<sup>1</sup> ศิริธร จันทวี<sup>1</sup> สุภาณี จันทศิริ<sup>2</sup> สิทธิชัย ใจขาน<sup>2\*</sup>  
Krantiya Sirichaiwattanagul<sup>1</sup> Watcharathon Kutragool<sup>1</sup> Sirithon Janthawee<sup>1</sup> Supanee Junsiri<sup>2</sup>  
Sittichai chaikhan<sup>2\*</sup>

\*Corresponding author: sittichai.c@ubu.ac.th

(Received: January 5, 2023; Revised: February 11, 2023; Accepted: March 29, 2023)

### บทคัดย่อ

การศึกษาเชิงทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพจากสถานประกอบการซักรีดแห่งหนึ่งโดยใช้ผักตบชวาสายพันธุ์ *Eichhornia crassipes* โดยทำการทดลองบำบัดน้ำเสียในถังขนาด 42 x 59 x 33.5 เซนติเมตร โดยเติมน้ำเสียจากการซักรีด 45 ลิตร/ถัง การทดลองประกอบด้วยชุดควบคุม (ไม่มีการเติมผักตบชวา) และชุดทดลองผักตบชวาที่มีค่าความหนาแน่นของพืช 8 กิโลกรัม/น้ำหนักระบายต่อตารางเมตร ได้แก่ ชุดทดลองผักตบชวาขนาดเล็ก (ความยาว 30-50 เซนติเมตร) และชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่ (ความยาว 51-80 เซนติเมตร) ใช้ระยะเวลาในการบำบัดภายใต้สภาวะธรรมชาติ 28 วัน เก็บข้อมูลคุณภาพน้ำ 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง สี ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ทุก 7 วัน และเก็บข้อมูลการเจริญเติบโตของผักตบชวาโดยการชั่งน้ำหนักทุก 5 วัน วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และความแปรปรวนทางเดียว (One Way ANOVA) ผลการศึกษาพบว่า ชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่มีอัตราการเจริญเติบโต 0.012-0.028 กิโลกรัม/วัน มีค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียในพารามิเตอร์ ความเป็นกรด-ด่าง ( $19.37 \pm 0.14\%$ ) ความขุ่น ( $94.65 \pm 0.25\%$ ) ของแข็งแขวนลอย ( $22.65 \pm 10.75\%$ ) และของแข็งละลายน้ำ ( $53.84 \pm 1.34\%$ ) ดีกว่าชุดทดลองผักตบชวาขนาดเล็กและชุดควบคุม โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.001$ ) จากผลการทดลองนี้สรุปได้ว่า การใช้ผักตบชวาสามารถใช้ในการบำบัดน้ำเสียจากการซักฟอกได้ แต่ต้องอาศัยการควบคุมการหมุนเวียนของน้ำเสียและการกำจัดผักตบชวาที่ตายออกไป

**คำสำคัญ:** การบำบัดน้ำเสีย ผักตบชวา การซักรีด ผงซักฟอก

<sup>1</sup> หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชานาฏศิลป์และนาฏยศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

<sup>2</sup> กลุ่มวิชาสาธารณสุขศาสตร์ วิทยาลัยแพทยศาสตร์และการสาธารณสุข มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี

<sup>1</sup>Bachelor of Science in Environmental Health, College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

<sup>2</sup>Public Health Sub Division, College of Medicine and Public Health, Ubon Ratchathani University

### Abstract

This experiment examined the efficiency of physical wastewater treatments in a laundry establishment using *Eichhornia crassipes* water hyacinth. The study involved a 45-liter laundry drum, consisting of a control group and water hyacinth experimental sets with a plant density of 8 kilograms of wet weight per square meter. The water hyacinth experimental sets included small sets (30-50 cm in length) and large sets (51-80 cm in length), and the treatment period lasted 28 days under natural conditions. Data on water quality were gathered for six parameters (pH, color, turbidity, total solids, total suspended solids, and total dissolved solids) every seven days, while water hyacinth growth data were recorded by weighing every five days. The data were analyzed using descriptive statistics, including mean, standard deviation, and One-way ANOVA. The large water hyacinth experimental set exhibited growth rates of 0.012-0.028 kg/day, with pH ( $19.37 \pm 0.14\%$ ), turbidity ( $94.65 \pm 0.25\%$ ), suspended solids ( $22.65 \pm 10.75\%$ ), and dissolved solids ( $53.84 \pm 1.34\%$ ) values that were superior to those of the small water hyacinth experimental set and the control set. These differences were statistically significant, with a p-value of less than 0.001. While using water hyacinths for wastewater treatment from laundry facilities is possible, it necessitates strict regulation of wastewater circulation and the elimination of dead water hyacinths.

**Keywords:** Wastewater Treatment, Water Hyacinth, Landry, Detergent



## 1. บทนำ

กิจกรรมซักล้างหรืออุตสาหกรรมซักล้างมีการใช้สารซักฟอก (Detergent) เพื่อให้สิ่งสกปรกหลุดออกจากเนื้อผ้า การใช้สารซักฟอกมีส่วนผสมของแมกนีเซียมไฮดรอกไซด์ (Magnesium hydroxide หรือ  $Mg(OH)_2$ ) ที่ทำหน้าที่ลดความกระด้างของน้ำ ช่วยให้สิ่งสกปรกและฝุ่นละอองแขวนลอยหลุดออกจากเสื้อผ้ามาอยู่ในน้ำ จึงทำให้น้ำที่ผ่านการซักฟอกนั้นมีลักษณะทางกายภาพเปลี่ยนแปลงไป เช่น สีของน้ำที่ขุ่นขาวหรือไม่เป็นไปตามธรรมชาติ สีที่พบได้คือสีเทา สีดำ และสีอื่น ๆ ตามลักษณะสีของเสื้อผ้าและสารซักฟอกที่ใช้ การปนเปื้อนของแข็งจากเส้นใยเสื้อผ้า เส้นผม เส้นขน ฝุ่น ทนอย น้ำมันและไขมัน เป็นต้น สารเคมีในการซักฟอกมักประกอบด้วยสารลดแรงตึงผิว (10-15%) โซเดียมโดเดซิลเบนซีนซัลโฟเนต (Sodium Dodecyl Benzene Sulfonate หรือ NaDBS) และ โซเดียมไตรโพลีฟอสเฟต (Sodium Tripoli Phosphate หรือ STP)<sup>(1-3)</sup> จากรายงานผลการศึกษาศึกษาของกรมส่งเสริมคุณภาพสิ่งแวดล้อม พบว่า น้ำเสียจากกิจกรรมการซักล้างมักมีการปนเปื้อนสูงในค่าพารามิเตอร์ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 250 mg/L บีโอดี 290 mg/L ซีโอดี 800 mg/L และฟอสฟอรัสทั้งหมด 20 mg/L<sup>(4)</sup> หากมีการเพิ่มประสิทธิภาพการซักล้างด้วยการใช้ผงซักฟอกในครัวเรือนจะเป็นการเพิ่มความเข้มข้นของซีโอดีและบีโอดีให้กับน้ำเสียมากขึ้นอีกด้วย<sup>(5)</sup>

น้ำทิ้งที่มีการปนเปื้อนจากสารซักฟอกส่งผลกระทบต่อระบบนิเวศในแหล่งน้ำ ตัวอย่างเช่น สารประกอบของผงซักฟอกแอลคิลซัลเฟต (Alkyl Sulfate Detergent) ที่ระดับความเข้มข้นเพียง 0.25 mg/L สามารถทำให้แพลงก์ตอนสัตว์อ่อนแอลง ซึ่งเป็นผลจากการยับยั้งการถ่ายเทออกซิเจนจากอากาศลงสู่น้ำ โดยทำให้ออกซิเจนละลายน้ำลดลงได้ถึง 20%<sup>(6-7)</sup> และทำให้ไม่สามารถเกิดการย่อยสลายทางชีวเคมีในน้ำเสียได้ง่าย ส่งผลต่อกระบวนการหายใจของสิ่งมีชีวิตในน้ำได้ สารซักฟอกสามารถทำให้เกิดการปนเปื้อนที่ส่งผลให้เกิดปรากฏการณ์ยูโทรฟิเคชัน<sup>(8-10)</sup> นอกจากนี้การปนเปื้อนของสารลดแรงตึงผิวในสารซักฟอกยังส่งผลกระทบต่อการทำกระบวนการเติมอากาศของระบบบำบัดน้ำเสียแบบใช้ออกซิเจน โดยทำให้อัตราการเติมอากาศลดลงถึง 50% หากมนุษย์สัมผัสกับน้ำเสียเหล่านี้โดยตรงสามารถทำให้เกิดอาการระคายเคืองผิวหนัง ทำให้เกิดผื่น คัน และเพิ่มโอกาสรับสัมผัสเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสเข้าสู่ร่างกายได้<sup>(11)</sup>

การใช้พืชในการบำบัดน้ำเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจในการบำบัดน้ำเสีย โดยอาศัยคุณสมบัติการทำหน้าที่

เป็นตัวกรองทำให้ของแข็งในรูปแบบต่างๆ ที่ปนเปื้อนอยู่ในน้ำถูกสกัดกั้น และช่วยกรองสารอินทรีย์ที่ละเอียด การใช้พืชในการบำบัดน้ำเสียนั้นมีข้อดี คือ เป็นวิธีการบำบัดที่ไม่ซับซ้อน ค่าใช้จ่ายค่อนข้างน้อย ไม่มีสารเคมีตกค้างในสิ่งแวดล้อม และสามารถหาพืชในท้องถิ่นมาประยุกต์ใช้ในการเดินระบบบำบัดน้ำเสียได้ พืชที่นิยม ได้แก่ ผักตบชวา จอก ฤๅษี และพุทธรักษา<sup>(12)</sup> งานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ผักตบชวา (Water Hyacinth) มีประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมด 80-90% ของแข็งละลายน้ำ 70-80% สี 50% และความขุ่นมากถึง 90% ซึ่งช่วยทำให้การปนเปื้อนทางกายภาพของน้ำลดลง<sup>(13-14)</sup> นอกจากนั้นยังพบว่าผักตบชวามีความสามารถดูดซึมธาตุอาหารเพื่อนำไปใช้ในการสังเคราะห์แสง โดยมีประสิทธิภาพการบำบัดไนโตรเจน 60-80% ฟอสฟอรัส 80-90% และโลหะหนัก เช่น ตะกั่วและแคดเมียมเกือบ 90%<sup>(15-17)</sup> การบำบัดน้ำโดยใช้พืชชนิดนี้จึงมีความเป็นไปได้ในการนำไปใช้บำบัดน้ำเสียจากการซักฟอกที่มีสิ่งเจือปนทางกายภาพได้<sup>(3)</sup> งานวิจัยนี้จึงมีแนวคิดในการนำผักตบชวา มาใช้ประโยชน์ในการศึกษาการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพจากสถานประกอบการซักล้าง เพื่อเป็นแนวทางปรับปรุงคุณภาพน้ำเบื้องต้นอย่างง่ายสำหรับผู้สนใจนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

## 2. วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยศึกษาการบำบัดน้ำเสียจากการซักฟอกโดยใช้ผักตบชวาขนาดเล็กและผักตบชวาขนาดใหญ่ภายใต้สภาวะการเลี้ยงธรรมชาติ โดยน้ำที่ใช้ในการทดลองเป็นน้ำเสียจากสถานบริการซักล้างของชุมชนแห่งหนึ่ง ทำการทดลองเป็นระยะเวลา 28 วัน

### ตัวอย่างในการศึกษา ประกอบด้วย

1) น้ำเสียจากสถานบริการซักล้างของชุมชนแห่งหนึ่งในเขตตำบลเมืองศรีโค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี โดยเป็นน้ำเสียรวมจากกระบวนการซักเสื้อผ้าและเครื่องแต่งกายทุกชั้นตอน (น้ำเสียวยังไม่ผ่านกระบวนการปรับปรุงคุณภาพ) การเก็บตัวอย่างน้ำเสียใช้วิธีเก็บตัวอย่างแบบจ้วง (Grab Sampling) 1 ครั้ง เนื่องจากมีจุดระบายน้ำทิ้งเพียงจุดเดียว บริเวณเก็บตัวอย่าง คือ ปลายท่อระบายของบ่อพักน้ำเสียและเป็นจุดระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ดำเนินการเก็บตัวอย่างน้ำหลังเสร็จสิ้นกระบวนการทำงานของสถานประกอบการ ณ วันที่เก็บตัวอย่างน้ำ และนำมาวิเคราะห์ทันทีในวันที่เก็บตัวอย่างน้ำ

2) ผักตบชวาที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสียเป็นผักตบชวาสายพันธุ์ *Eichhornia crassipes* ซึ่งเป็นผักตบชวาสายพันธุ์ท้องถิ่น โดยเก็บตัวอย่างจากแหล่งน้ำของชุมชนในเขตตำบลเมืองศรีไค อำเภวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี เพื่อให้มีความเหมาะสมกับสภาพของพื้นที่เก็บตัวอย่างในการวิจัย สำหรับการจำแนกผักตบชวาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่ ผักตบชวาขนาดเล็ก คือ ผักตบชวาที่มีความยาวของลำต้น 30-50 เซนติเมตร และผักตบชวาขนาดใหญ่ คือ ผักตบชวาที่มีความยาวของลำต้น 51-80 เซนติเมตร<sup>(18)</sup> การแบ่งผักตบชวาตามขนาดนี้เนื่องจากข้อจำกัดของผักตบชวาที่เก็บมาจากแหล่งน้ำของชุมชน จะไม่สามารถทราบอายุที่แน่นอนได้ จึงได้ใช้ขนาดเป็นเกณฑ์แบ่งโดยขนาดเล็กจะถือว่าอยู่ในช่วงวัยเจริญเติบโต และขนาดใหญ่จะถือว่าอยู่ในช่วงโตเต็มวัย ซึ่งผู้วิจัยคาดว่าขนาดของผักตบชวาจะส่งผลต่อประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสีย

#### เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

1) อุปกรณ์สำหรับบำบัดน้ำเสีย ได้แก่ ถังสำหรับบำบัดน้ำเสียขนาดความจุ 50 ลิตร จำนวน 3 ถัง ลักษณะเป็นถังพลาสติกทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า (42 x 59 x 33.5 เซนติเมตร)

2) เครื่องมือและอุปกรณ์ทางห้องปฏิบัติการ

2.1) เครื่องมือวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ เครื่อง pH Meter ยี่ห้อ Mettler Toledodo รุ่น F2 FiveGO เครื่อง Color Meter ยี่ห้อ Hach รุ่น DR1900 เครื่อง Turbidity Meter ยี่ห้อ Hach รุ่น 2100Q และเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ยี่ห้อ Mettler Toledodo ME204TE/00

2.2) เครื่องมือวัดการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ เครื่องชั่ง ยี่ห้อ SUNFORD รุ่น FEH10KS

3) แบบบันทึกการเจริญเติบโตของผักตบชวา ได้แก่ ความยาว น้ำหนัก สี และการถ่ายภาพความเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโต ทุก 5 วัน

#### วิธีการดำเนินงาน

1) ออกแบบการทดลองเพื่อบำบัดน้ำเสียจากการชักโครก จำนวน 3 ชุดการทดลอง โดยแต่ละชุดการทดลองใช้ถังบำบัดน้ำเสียปริมาตร 50 ลิตร (รูปที่ 1)

- ชุดการทดลองการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวาขนาดเล็ก (30-50 เซนติเมตร) “ชุดทดลอง S”

- ชุดการบำบัดน้ำเสียโดยใช้ผักตบชวาขนาดใหญ่ (51-80 เซนติเมตร) “ชุดทดลอง L”

- ชุดการทดลองการบำบัดน้ำเสียโดยไม่ใช้พืช “ชุดควบคุม (C)”



รูปที่ 1 ชุดการทดลองที่ใช้ในงานวิจัย

สถานที่ตั้งของถังบำบัดน้ำทุกการทดลองอยู่ในบริเวณเปิดโล่งภายใต้ชายคาของอาคาร ที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 1 เมตร มีการป้องกันสัตว์และแมลงรบกวนด้วยตาข่ายกรองแสง (ผ้าสแลน) บำบัดน้ำภายใต้สภาพอากาศตามธรรมชาติที่แสงสว่างสามารถส่องถึง และควบคุมไม่ให้น้ำจากภายนอกหรือน้ำฝนเข้ามายังถังบำบัดน้ำได้ (รูปที่ 2)



รูปที่ 2 ลักษณะของการบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา

2) บันทึกข้อมูลลักษณะของผักตบชวาและคุณภาพน้ำก่อนการทดลอง (วันที่ 0) จากนั้นเติมน้ำเสียเข้าสู่ชุดบำบัดน้ำเสียทั้งสามชุด ชุดละ 45 ลิตร จำนวน 1 ชั่วโมง (เติมน้ำเสียเพียงครั้งเดียว) จากนั้นนำผักตบชวาที่กำหนดค่าความหนาแน่นไว้ที่ 8 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร<sup>(18)</sup> ใส่ลงในแต่ละชุดการทดลองโดยให้ลอยอยู่บริเวณผิวน้ำ ได้แก่ ชุดทดลอง S และ ชุดทดลอง L ได้ปริมาณผักตบชวา น้ำหนัก 2 กิโลกรัมน้ำหนักเปียกต่อชุดการทดลอง เพื่อควบคุมความหนาแน่นของพืชในชุดทดลองให้ใกล้เคียงกับที่ออกแบบไว้มากที่สุด จึงควบคุมผักตบชวาให้มีน้ำหนักเฉลี่ย 2 กิโลกรัม ให้คงที่ทุกครั้งที่มีการชั่งน้ำหนัก สำหรับชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำ ผู้วิจัยทำการบรรจุน้ำเสียในถังเพื่อวัดความเปลี่ยนแปลงพารามิเตอร์ที่สนใจตามระยะเวลาผ่านไป

3) บันทึกข้อมูลลักษณะทั่วไปของผักตบชวา ได้แก่ สีของใบและลำต้น บันทึกความเปลี่ยนแปลงของการเจริญเติบโตทุก 5 วัน ได้แก่ วันที่ 0, 5, 10, 15, 20 และ 25 วัน วิธีเก็บข้อมูล ได้แก่ การนำผักตบชวาจากถังบำบัดน้ำมาสะเด็ดน้ำและดิน ผึ่งให้แห้งแล้วชั่งน้ำหนัก และตัดลำต้นและใบของผักตบชวาที่เจริญเติบโตจนมีความหนาแน่นของพืชมากกว่าเกณฑ์ที่ออกแบบไว้ เน้นตัดใบที่มีความ

เหี่ยวกว่าใบอื่นๆ จากนั้นใส่ผักตบชวากลับไปยังถังบำบัดน้ำเสีย

ความเปลี่ยนแปลงของคุณภาพน้ำระหว่างการวิจัยวัดผลในทุกชุดการทดลอง ทุก 7 วัน ได้แก่ วันที่ 7, 14, 21 และ 28 ของการบำบัด เพื่อให้ผักตบชวามีระยะเวลาในการปรับตัวกับสภาพของน้ำเสียและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างชุดทดลองในระยะเวลา 1 เดือน

คุณลักษณะของน้ำก่อนและหลังทำการทดลองมีการตรวจวัดคุณภาพน้ำจำนวน 6 พารามิเตอร์ ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง (pH) สี (Color) ความขุ่น (Turbidity) ของแข็งทั้งหมด (TS) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS) และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) โดยมีวิธีการเก็บรักษาตัวอย่าง เครื่องมือและวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพน้ำดังแสดงในตารางที่ 1

#### การควบคุมคุณภาพการทดลอง

เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการทำวิจัยได้รับการสอบเทียบเครื่องมือวัด (Calibration) ก่อนทำการทดลองทางห้องปฏิบัติการ มีการทดสอบจำนวนพารามิเตอร์ละ 3 ซ้ำ ในทุกชุดการทดลอง โดยกำหนดให้ค่าความแตกต่างของการทดสอบ (%RPD) ไม่เกิน 10%

#### การวิเคราะห์ข้อมูล

นำเสนอและวิเคราะห์ข้อมูลคุณภาพน้ำและ

ประสิทธิภาพการบำบัดด้วยสถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และร้อยละ

อัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันของผักตบชวาคำนวณจากความเปลี่ยนแปลงของน้ำหนักผักตบชวาล้างสะอาดน้ำและดิน ผึ่งให้แห้งแล้วในแต่ละครั้งที่มีการชั่งน้ำหนักต่อจำนวนวันที่ผ่านไป ดังนี้

$$\text{Growth rate (kg/D)} = \frac{W_f - W_i}{T} \quad (1)$$

เมื่อ  $W_f$  คือ น้ำหนักผักตบชวาที่ชั่ง ณ ปัจจุบัน (kg)

$W_i$  คือ น้ำหนักผักตบชวาที่ชั่งครั้งที่ผ่านมา (kg)

$T$  คือ จำนวนวันที่ผ่านมา (day)

ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำในแต่ละพารามิเตอร์มีสูตรการคำนวณ ดังนี้<sup>(17)</sup>

$$\text{Efficiency (\%)} = \frac{C_i - C_f}{C_i} \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ  $C_i$  คือ ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำก่อนบำบัด

$C_f$  คือ ความเข้มข้นของสารปนเปื้อนในน้ำหลังบำบัด

การเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระหว่าง 3 ชุดทดลองใช้สถิติ One-Way ANOVA โดยกำหนดระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05

ตารางที่ 1 การเก็บรักษาตัวอย่างและวิธีการวิเคราะห์คุณภาพน้ำจำแนกตามพารามิเตอร์

| พารามิเตอร์                  | ปริมาตร | การเก็บรักษา                                                        | เครื่องมือ/วิธีการวิเคราะห์                              |
|------------------------------|---------|---------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------|
| ความเป็นกรดและด่าง (pH)*     | 100 มล. | แช่เย็นที่อุณหภูมิ $\leq 4^\circ\text{C}$ ไม่เกิน 7 วัน             | pH Meter ตามวิธี Electrometric                           |
| สี (Color)*                  | 100 มล. | วิเคราะห์ทันที/แช่เย็นที่ $\leq 4^\circ\text{C}$ ไม่เกิน 48 ชั่วโมง | Color Meter เทียบสีแพทตินัมโคบอลต์                       |
| ความขุ่น (Turbidity)*        | 100 มล. | แช่เย็นที่อุณหภูมิ $\leq 4^\circ\text{C}$ ไม่เกิน 7 วัน             | Turbidity Meter ตามวิธี Nephelometric                    |
| ของแข็งทั้งหมด (TS)          | 50 มล.  | แช่เย็นที่อุณหภูมิ $\leq 4^\circ\text{C}$ ไม่เกิน 7 วัน             | ระเหยแห้งที่ $103-105^\circ\text{C}$ ตามวิธี Gravimetric |
| ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (TSS)  | 50 มล.  |                                                                     |                                                          |
| ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (TDS) | 50 มล.  |                                                                     |                                                          |

\*พารามิเตอร์ที่สามารถนำตัวอย่างน้ำออกมาวิเคราะห์แล้วใส่คืนถังบำบัดน้ำ

### 3. ผลการวิจัย

#### 3.1 ลักษณะทั่วไปของผักตบชวา

การศึกษาในครั้งนี้ได้ทำการทดลองใช้ผักตบชวา 2 ขนาด ได้แก่ ชุดการทดลอง S (ผักตบชวาขนาดเล็ก) และชุดการทดลอง L (ผักตบชวาขนาดใหญ่) หลังสิ้นสุดการทดลอง 28 วัน พบว่า ลักษณะของผักตบชวากายนอก

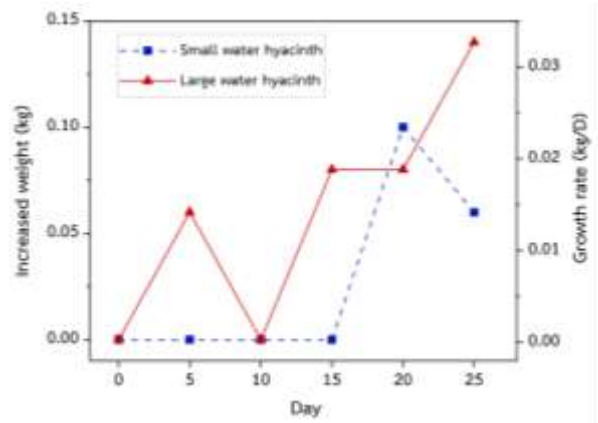
ทั่วไปคล้ายคลึงกันทั้งใบและลำต้นเป็นสีเขียว รากเป็นสีดำ ดังรูปที่ 3 เมื่อเปรียบเทียบการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักผักตบชวาที่ทำการชั่งทุก 5 วัน พบว่า ส่วนใหญ่ชุดการทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่จะมีการเพิ่มขึ้นของน้ำหนักและอัตราการเติบโตเฉลี่ยต่อวันที่มากกว่าชุดทดลองผักตบชวาขนาดเล็ก คือ วันที่ 5, 15 และ 25 ของการบำบัด

เมื่อสิ้นสุดการวิจัยชุดการทดลอง S มีอัตราการเติบโตเฉลี่ย 0.005 กิโลกรัม/วัน และชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่มี

อัตราการเติบโตเฉลี่ย 0.012 กิโลกรัม/วัน ดังรูปที่ 4



รูปที่ 3 ลักษณะกายภาพผักตบชวาขนาดเล็กกับขนาดใหญ่



รูปที่ 4 เปรียบเทียบอัตราการเจริญเติบโตของผักตบชวา

### 3.2 คุณภาพน้ำในการบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา

การศึกษาคุณภาพน้ำเสียจากการชักฟอกที่บำบัดด้วยผักตบชวา 2 ขนาด ทำการเก็บตัวอย่างน้ำก่อนบำบัด ความเปลี่ยนแปลงรายสัปดาห์ (ทุก 7 วัน) และหลังการบำบัดในวันที่ 28 วัน พบว่า ชุดทดลอง L (ผักตบชวาขนาดใหญ่) สามารถบำบัดน้ำได้ดีที่สุดในทุกพารามิเตอร์ที่มีการกำหนดค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประเภท ง ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง (ระหว่าง 5-9) ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด (ไม่เกิน

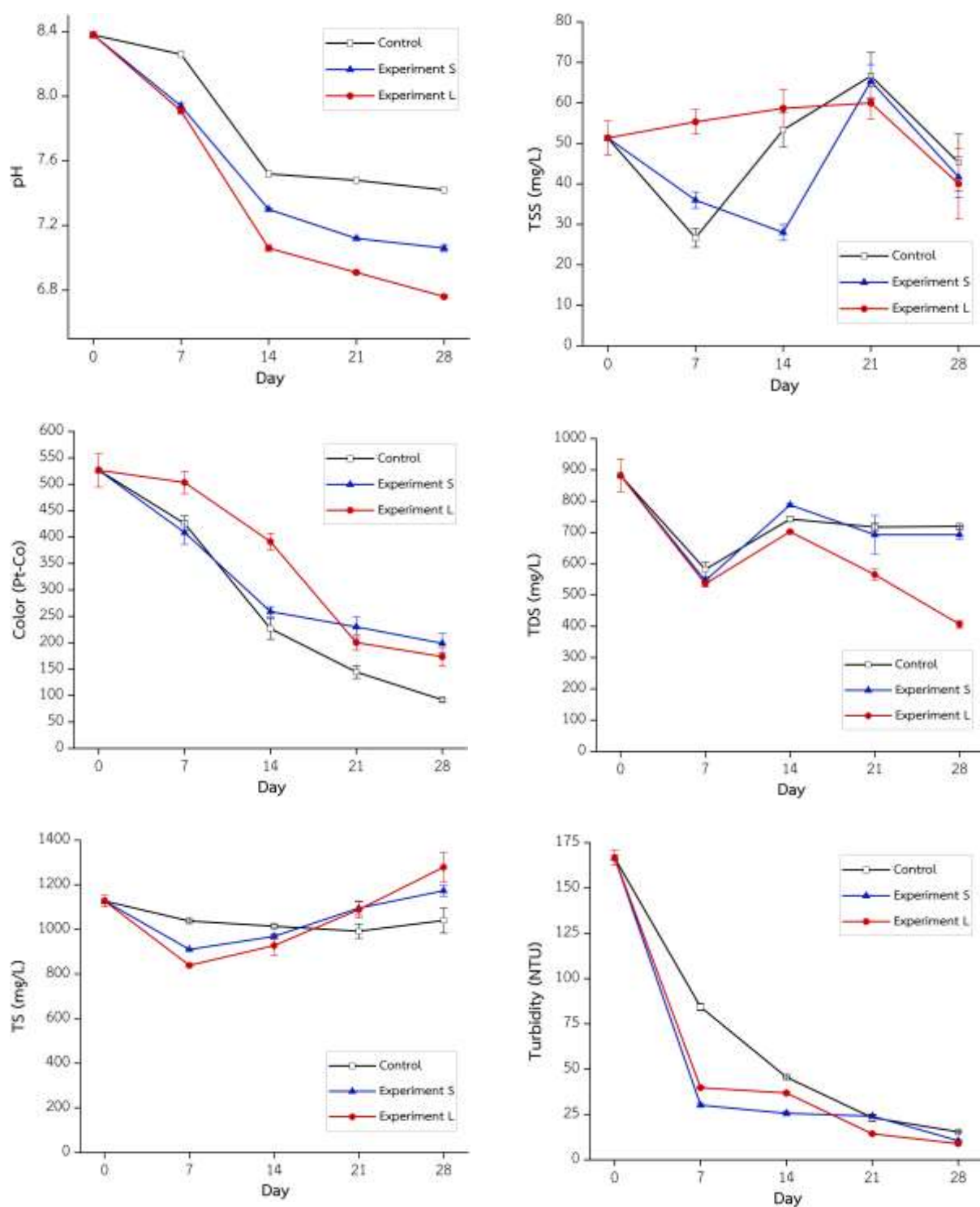
50 mg/L) และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด (ไม่เกิน 500 mg/L) โดยชุดการทดลองที่มีผักตบชวาทั้งสองขนาดสามารถทำให้น้ำเสียมีคุณภาพที่ดีขึ้น คือ ความเข้มข้นของการปนเปื้อนลดลงเมื่อเทียบระหว่างก่อนและหลังการบำบัด แต่มีการสะสมของของแข็งทั้งหมดที่เพิ่มขึ้น ดังแสดงในตารางที่ 3 และ รูปที่ 5

ตารางที่ 3 คุณภาพน้ำเสียก่อนและหลังการบำบัดน้ำโดยใช้ผักตบชวา

| พารามิเตอร์     | ก่อนบำบัด<br>วันที่ 0 | หลังบำบัด (วันที่ 28) |                |                | ค่ามาตรฐาน<br>น้ำทิ้ง* |
|-----------------|-----------------------|-----------------------|----------------|----------------|------------------------|
|                 |                       | ชุดควบคุม             | ชุดทดลอง S     | ชุดทดลอง L     |                        |
| pH              | 8.38±0.02             | 7.42±0.01             | 7.06.00±0.02   | 6.76±0.01      | 5-9                    |
| Color (Pt-Co)   | 526.67±31.90          | 92.00±3.61            | 199.00±18.33   | 173.67±17.79   | -                      |
| Turbidity (NTU) | 166.67±4.04           | 15.47±0.21            | 10.53±0.40     | 8.92±0.64      | -                      |
| TS (mg/L)       | 1,127.00±25.32        | 1,040.00±56.96        | 1,173.33±24.68 | 1,278.67±65.74 | -                      |
| TSS (mg/L)      | 51.33±4.16**          | 45.27±7.02            | 41.67±5.03     | 40.00±8.72     | 50                     |
| TDS (mg/L)      | 882.00±53.03**        | 720.00±2.00**         | 693.33±16.17** | 406.67±12.70   | 500                    |

\*ค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ประเภท ง)

\*\*คุณภาพน้ำไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน

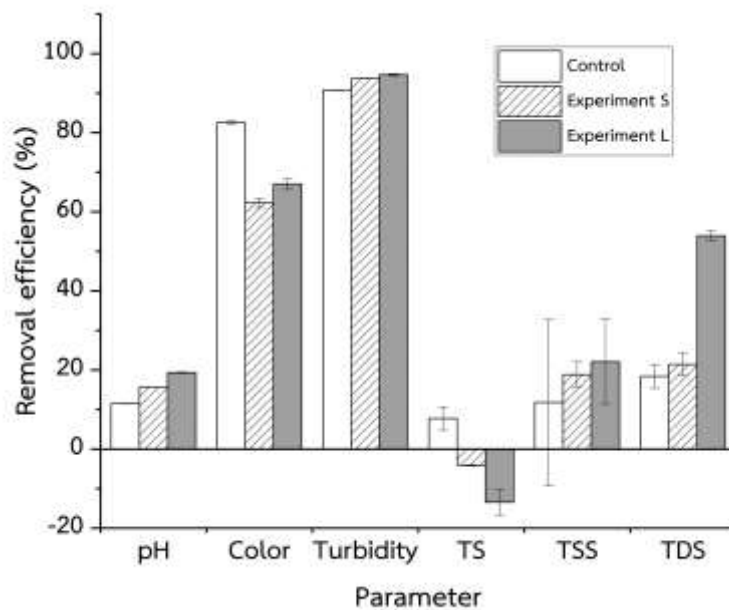


รูปที่ 5 การเปลี่ยนแปลงลักษณะของน้ำเสียระหว่างการบำบัด จำแนกตามพารามิเตอร์ ได้แก่ ความเป็นกรดและด่าง สี ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด

### 3.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียด้วยผักตบชวา

ประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของแต่ละชุดระหว่างก่อนและหลังการทดลองในระยะเวลา 28 วัน พบว่า ชุดควบคุมมีประสิทธิภาพเฉลี่ยการบำบัดที่ดีในพารามิเตอร์ สี ( $82.53 \pm 0.37\%$ ) และความขุ่น ( $90.72 \pm 0.10\%$ ) ชุดการทดลอง S (ผักตบชวาขนาดเล็ก) และ ชุดการทดลอง L (ผักตบชวาขนาดใหญ่) มีประสิทธิภาพเฉลี่ยที่ดีในการบำบัดความขุ่นที่  $93.68 \pm 0.09\%$  และ  $94.65 \pm 0.25\%$  เมื่อพิจารณา

ประสิทธิภาพการบำบัดในรายพารามิเตอร์ พบว่า ค่าสีและของแข็งทั้งหมดมีประสิทธิภาพการบำบัดมากที่สุด คือ ชุดควบคุม เท่ากับ  $90.72 \pm 0.10\%$  และ  $7.72 \pm 2.98\%$  ตามลำดับ พบว่าชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่บำบัดค่าความขุ่น ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด และความเป็นกรดและด่าง ประสิทธิภาพการบำบัดมากที่สุด คือ  $94.65 \pm 0.25\%$ ,  $53.89 \pm 1.34\%$ ,  $22.07 \pm 10.75\%$  และ  $19.33 \pm 0.14\%$  ตามลำดับ ดังรูปที่ 6



รูปที่ 6 เปรียบเทียบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียระหว่างชุดควบคุมและชุดทดลอง

เมื่อทำการทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียระหว่างการบำบัดทั้ง 3 ชุด โดยใช้สถิติ One-Way ANOVA ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติเท่ากับ 0.05 พบว่า ค่าความเป็นกรด-ด่าง สี ความขุ่นของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายน้ำมีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} < 0.001$ ) โดยผลการเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดรายค่าตามการทดลอง พบว่า ประสิทธิภาพการบำบัดค่าความเป็นกรด

และด่าง ความขุ่น ของแข็งทั้งหมด และของแข็งละลายน้ำของชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่มีค่ามากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และการบำบัดสีในชุดควบคุมมีประสิทธิภาพการบำบัดมากที่สุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าแตกต่างกันอย่างไม่มีความนัยสำคัญทางสถิติ ( $p\text{-value} = 0.579$ ) ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

| Parameter | ANOVA          | Sum of Squares | Df. | Mean Square | F-test    | Sig.    |
|-----------|----------------|----------------|-----|-------------|-----------|---------|
| pH        | Between Groups | 94.214         | 2   | 47.107      | 4930.281* | < 0.001 |
|           | Within Groups  | 0.057          | 6   | 0.010       |           |         |
|           | Total          | 94.272         | 8   |             |           |         |
| Color     | Between Groups | 671.988        | 2   | 335.994     | 290.453*  | < 0.001 |
|           | Within Groups  | 6.941          | 6   | 1.157       |           |         |
|           | Total          | 678.929        | 8   |             |           |         |

| Parameter | ANOVA          | Sum of Squares | Df. | Mean Square | F-test   | Sig.    |
|-----------|----------------|----------------|-----|-------------|----------|---------|
| Turbidity | Between Groups | 25.230         | 2   | 12.615      | 460.937* | < 0.001 |
|           | Within Groups  | 0.164          | 6   | 0.027       |          |         |
|           | Total          | 25.395         | 8   |             |          |         |
| TS        | Between Groups | 675.780        | 2   | 337.890     | 51.413*  | < 0.001 |
|           | Within Groups  | 39.432         | 6   | 6.572       |          |         |
|           | Total          | 715.213        | 8   |             |          |         |
| TSS       | Between Groups | 226.370        | 2   | 113.185     | 0.600    | 0.579   |
|           | Within Groups  | 1132.637       | 6   | 188.773     |          |         |
|           | Total          | 1359.008       | 8   |             |          |         |
| TDS       | Between Groups | 2487.665       | 2   | 1243.833    | 192.870* | < 0.001 |
|           | Within Groups  | 38.695         | 6   | 6.449       |          |         |
|           | Total          | 2526.360       | 8   |             |          |         |

\*มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

#### 4. อภิปรายผล

ลักษณะของน้ำเสียที่ผู้วิจัยเก็บตัวอย่างจากปลายท่อระบายของบ่อพักน้ำเสีย (จุดระบายน้ำทิ้งจากสถานประกอบการลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ) มีการปนเปื้อนในด้านกายภาพที่มีค่าความสกปรกสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งของอาคารประเภท ก ในพารามิเตอร์ ได้แก่ ของแข็งแขวนลอยทั้งหมด  $51.33 \pm 4.16$  mg/L และของแข็งละลายน้ำทั้งหมด  $882.00 \pm 53.03$  mg/L ซึ่งสอดคล้องข้อมูลของกรมควบคุมมลพิษ พบว่า ลักษณะของน้ำเสียที่เก็บแบบผสมรวมจากสถานประกอบการซักรีดในประเทศไทยมีค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดระหว่าง 60-270 mg/L มีความสกปรกของน้ำสูงเกินเกณฑ์มาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ดังนั้นความสกปรกของน้ำเสียที่เกิดจากสถานประกอบการซักรีด จึงจำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียก่อนระบายทิ้งออกสู่แหล่งน้ำสาธารณะหรือออกสู่สิ่งแวดล้อม<sup>(19)</sup>

ผลจากการทดลองบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมการซักรีดด้วยชุดทดลองผักตบชวา 2 กลุ่ม ได้แก่ ผักตบชวาขนาดเล็กและผักตบชวาขนาดใหญ่ พบว่า ผักตบชวาทั้งสองชุดการทดลองสามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำเสียที่มีองค์ประกอบของผงซักฟอกจากกิจกรรมการซักรีด ชุดการทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่ที่มีการใช้ผักตบชวาที่มีความยาวลำต้น 51-80 เซนติเมตร สามารถเจริญเติบโตได้มากกว่าชุดการทดลองผักตบชวาขนาดเล็กที่มีความยาวลำต้น 30-50 เซนติเมตร ซึ่งใช้วิธีการวัดจากน้ำหนักผักตบชวาที่เพิ่มขึ้น จากการชั่งน้ำหนักในแต่ละครั้ง สำหรับประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากชุดการทดลองทั้งสองนั้น

มีหนึ่งพารามิเตอร์ที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียสูงมากกว่า 80% คือ ค่าความขุ่น แต่มีประสิทธิภาพในการบำบัดไม่ดีเท่าชุดควบคุมจำนวนสองพารามิเตอร์ ได้แก่ สีและของแข็งทั้งหมด

**ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความเป็นกรดและด่าง** ผลการบำบัดจากทุกชุดการทดลองมีค่าความเป็นกรดและด่างอยู่ในช่วงที่ผ่านมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด (ประเภท ก) โดยชุดการทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่สามารถลดค่าความเป็นกรดและด่างได้มากที่สุด ซึ่งอาจเกิดจากความสามารถในเจริญเติบโตของผักตบชวาขนาดใหญ่ที่มีการเปลี่ยนแปลงน้ำหนักสูงสุดที่ 0.28 กก./วัน ซึ่งมากกว่าผักตบชวาขนาดเล็กประมาณ 2 เท่า สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่าการบำบัดน้ำด้วยผักตบชวาส่งผลให้ค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำมีค่าลดลง แต่ยังมีค่าอยู่ในช่วงที่เหมาะสมและการเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำเสียที่บำบัดด้วยผักตบชวานั้นเกี่ยวข้องกับขนาดของผักตบชวาที่เลี้ยงในน้ำเสีย เนื่องจากจะมีการดูดซับสารอาหารในน้ำเพื่อนำไปใช้ในการเจริญเติบโต เพราะพืชน้ำจะมีประสิทธิภาพในการดูดซับสารมลพิษจากน้ำมากขึ้นเมื่อมีการเจริญเติบโตที่เพิ่มขึ้นหรือเติบโตเต็มที่ จึงนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำเสีย สำหรับคุณภาพน้ำหลังการบำบัดของทุกชุดการทดลองยังอยู่ในช่วงที่เป็นกลาง (ค่าความเป็นกรดและด่าง 6.5-7.5) ซึ่งเป็นค่าของการบำบัดน้ำเสียที่มีความปลอดภัยใกล้เคียงกับค่าความเป็นกรดและด่างของน้ำตามธรรมชาติ<sup>(17,20)</sup> ตลอดระยะเวลาในการทดลองการ

ใช้ผักตบชวาในการบำบัดจึงไม่มีผลกระทบต่อ การเปลี่ยนแปลงความเป็นกรดและด่างในระดับที่รุนแรง

**ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าสี** ชุดทดลองที่มีการบำบัดด้วยผักตบชวาสามารถลดค่าสีในน้ำเสียได้มากกว่า 60% โดยผักตบชวาขนาดใหญ่มีความสามารถในการลดสีของน้ำได้มากกว่าผักตบชวาขนาดเล็ก แต่น้ำเสียในชุดการทดลองทั้งสองมีสีเปลี่ยนไปเป็นสีน้ำตาลปนเหลืองหรือสีขา เนื่องจากเวลาที่ผักตบชวาอยู่ในระบบบำบัดโดยไม่มีการถ่ายเทน้ำเข้าและออกจากระบบตลอดระยะเวลา 28 วัน อาจทำให้เกิดสีจากอินทรีย์วัตถุที่เกิดจากการเจริญเติบโต และกระบวนการเมแทบอลิซึมของผักตบชวา เช่น เนื้อเยื่อพืช ใบ ลำต้น ราก และวัสดุจากพืชอื่น ๆ สอดคล้องกับผลการศึกษาที่ผ่านมาที่พบว่า อินทรีย์วัตถุที่เกิดจากการเจริญเติบโตของพืชสามารถนำไปสู่การผลิตสารฮิวมิกและสารประกอบอินทรีย์ที่ทำให้มีสีเข้มขึ้น<sup>(17,21)</sup> จึงทำให้น้ำเสียมีค่าสีสูงกว่าชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำ

**ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าความขุ่น** ผลจากการวิจัยในครั้งนี้ พบว่า ชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่สามารถบำบัดค่าความขุ่นได้มากที่สุดถึง 95% รองลงมาคือ ชุดการทดลองผักตบชวาขนาดเล็ก ( $93.68 \pm 0.09\%$ ) และชุดควบคุม ( $90.72 \pm 0.10\%$ ) ตามลำดับ สอดคล้องกับงานวิจัยที่ใช้ผักตบชวาบำบัดน้ำในสระพักน้ำเสียจากที่พักอาศัย ที่พบว่าผักตบชวามีประสิทธิภาพลดความขุ่นได้สูงถึง 90%<sup>(17, 22)</sup> แสดงให้เห็นว่าผักตบชวาสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกรองธรรมชาติในการกำจัดความขุ่นออกจากน้ำด้วยกระบวนการที่เรียกว่า การสะสมทางชีวภาพ (Bio-accumulation) โดยพืชจะดูดซับสารแขวนลอย ในโตรเจน ฟอสฟอรัส และมลพิษอื่น ๆ ผ่านทางระบบรากและใบ เมื่อน้ำไหลผ่านรากและใบไม้ สารมลพิษจะถูกกรองออกและติดอยู่ภายในพืช ซึ่งผักตบชวาขนาดใหญ่ก็จะมีรากและใบมากกว่าผักตบชวาขนาดเล็ก

**ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งทั้งหมด** ชุดควบคุมที่ไม่มีการใช้ผักตบชวาในการบำบัดน้ำ พบปริมาณค่าของแข็งทั้งหมดลดลงเมื่อวันที่ 7-28 และชุดการทดลองผักตบชวาขนาดเล็กและขนาดใหญ่ไม่ได้มีประสิทธิภาพไปในทิศทางบวก คือ มีประสิทธิภาพ  $-4.11 \pm 0.15\%$  และ  $-13.41 \pm 3.29\%$  ตามลำดับ เนื่องจากทุกการทดลองได้ควบคุมผักตบชวาให้มีน้ำหนัก 2 กิโลกรัม ทุกครั้งที่มีการชั่งน้ำหนักเพื่อวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโต (ทุก 5 วัน) จะมีการนำผักตบชวาที่ตายออกจากระบบก่อนนำผักตบชวาใหม่เข้ามาแทน ข้อจำกัดของการวิจัย คือ ไม่มีการเก็บเศษรากพืชหรือใบพืชบริเวณกันถังบำบัดน้ำออกจากระบบ จึง

อาจทำให้เกิดการสะสมของวัสดุอินทรีย์ที่เกิดจากพืชที่อยู่ในระบบบำบัดและของแข็งแขวนลอยในน้ำที่มีการจมตัวตามแรงโน้มถ่วงเมื่อระยะเวลาเปลี่ยนไป ทั้งนี้มีบางการศึกษาที่ผ่านมาพบว่า ผักตบชวาจะช่วยลดของแข็งในน้ำเสียได้ดีในระยะเวลาเพียง 2-3 สัปดาห์เมื่อเทียบกับการปล่อยให้น้ำเสียอยู่ตามสภาพปกติ หากทดลองต่อไปโดยไม่มีการกำจัดเศษชิ้นส่วนที่เน่าเปื่อยออกจากระบบบำบัด<sup>(23)</sup> เนื่องด้วยถังบำบัดน้ำในครั้งนี้มีขนาดไม่ใหญ่มาก จึงทำให้เห็นผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อประสิทธิภาพการบำบัดได้ไม่ชัดเจน

**ประสิทธิภาพในการบำบัดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดและของแข็งละลายน้ำทั้งหมด** ผลการบำบัดพบว่าทุกชุดการทดลองมีค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วงที่ผ่านมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารบางประเภทและบางขนาด ประเภท ก สำหรับค่าของแข็งละลายน้ำ พบว่า ชุดทดลองผักตบชวาขนาดใหญ่สามารถบำบัดค่าของแข็งละลายน้ำได้ผ่านมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากอาคารประเภท ก ในภาพรวมทุกชุดการทดลองมีประสิทธิภาพเฉลี่ยในการบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ไม่ถึง 80% แม้ผักตบชวาจะสามารถทำหน้าที่เป็นตัวกรองธรรมชาติโดยช่วยกำจัดสารมลพิษออกจากน้ำได้ดังที่กล่าวมาแล้ว ในการทดลองครั้งนี้ประสิทธิภาพในการลดของแข็งแขวนลอยทั้งหมดมีค่าน้อยกว่าประสิทธิภาพในการลดของแข็งละลายน้ำทั้งหมด อาจเกิดขึ้นจากผักตบชวาในถังบำบัดน้ำเสียมีส่วนของรากและใบที่เกิดการเจริญเติบโต และส่วนที่เสื่อมสภาพตามวัฏจักรของพืช การศึกษาครั้งนี้ได้ออกแบบการบำบัดโดยใช้หลักการถ่ายเทน้ำเสียแบบครั้งคราว (Batch flow System) ไม่ได้มีการหมุนเวียนน้ำเสียหลังจากการเติมในครั้งแรก ไม่มีการกำจัดซากพืชออกจากชุดทดลอง ความสูงของถังบำบัดสูงเพียง 30 เซนติเมตร จึงอาจส่งผลให้เกิดการสะสมของของแข็งในช่วงสัปดาห์สุดท้าย ประกอบกับผงซักฟอกในน้ำเสียจากสถานบริการซักรีดเองก็สามารถเปลี่ยนจากรูปสารละลายเชิงซ้อนมาอยู่ในรูปของตะกอนแขวนลอยได้เมื่อระยะเวลาผ่านไป จึงทำให้ค่าของแข็งแขวนลอยลดลงน้อย ดังนั้น การที่จะบำบัดน้ำเสียด้วยพืชควรออกแบบให้มีการไหลของน้ำเสียภายในระบบบำบัดแบบต่อเนื่อง (Continuous influent flow) เพื่อเพิ่มความสามารถในการลดค่าของแข็งแขวนลอยทั้งหมดให้สูงขึ้น โดยระดับความลึกของระบบบำบัดที่เหมาะสมกับการบำบัดด้วยพืชชนิดที่ทนลายน้ำควรอยู่ที่ 70-174 เซนติเมตร และควรเปลี่ยนผักตบชวาทุก 10 วัน เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตจนหนาแน่นเกินไป<sup>(24-25)</sup>

## 5. สรุปผลการศึกษา

การบำบัดน้ำเสียจากกิจกรรมซักรีด โดยใช้ผักตบชวา ขนาดใหญ่และผักตบชวาขนาดเล็กสามารถบำบัดน้ำเสียได้ โดยมีประสิทธิภาพเกิน 80% ในพารามิเตอร์ความขุ่น สถานบริการซักรีดแห่งนี้มีคุณภาพน้ำทั้งอยู่ในลักษณะที่ สอดคล้องตามคุณภาพน้ำทั้งอาคารประเภท ก ซึ่งเป็นสถาน ประกอบการขนาดเล็ก จึงอาจพิจารณาเลือกใช้เป็นวิธีใน การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียในเบื้องต้นในการช่วยลดความ ขุ่น โดยมีข้อควรพิจารณา คือ การเลือกใช้ผักตบชวาที่มี ขนาดใหญ่มากกว่า 50 เซนติเมตร สัดส่วน 1 กิโลกรัมต่อ น้ำเสียไม่เกิน 50 ลิตร และมีความหนาแน่นของผักตบชวา ต่อพื้นที่ผิวของน้ำ 8 กิโลกรัม/น้ำหนักเปียกต่อตารางเมตร ทั้งนี้ ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียที่ยังเกี่ยวข้องกับการ เจริญเติบโตของผักตบชวา การจัดระบบหมุนเวียนน้ำแบบ เปิดที่มีการไหลต่อเนื่อง โดยควรมีความลึกของระดับน้ำใน ระบบน้ำเสียอย่างน้อย 70 เซนติเมตร เพื่อให้เกิดการ ถ่ายเทของเสียที่สะสมในการบำบัด โดยต้องมีการควบคุม การเติบโตให้เหมาะสม และเก็บผักตบชวาที่แห้งเหี่ยว ออกไป ซึ่งลักษณะน้ำเสียจากกิจกรรมที่มีการใช้สาร ซักฟอก จะมีการปนเปื้อนของของแข็งทั้งหมดในปริมาณ มาก ดังนั้น สถานประกอบการควรมีถังรวบรวมน้ำเสียเพื่อ เก็บกักน้ำเสียไว้ปรับสภาพให้คงที่ และควรมีการเพิ่ม กระบวนการทางกายภาพที่เป็นการบำบัดน้ำเสียอย่างง่าย ขึ้นต้น ซึ่งจะช่วยแยกของแข็งที่ไม่ละลายน้ำออกได้ เช่น เส้นใยเส้นผ้า เส้นผม เส้นขน ฝุ่น ทน และเศษขยะ ซึ่งจะ เป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการลดความสกปรกในน้ำได้ตี ยิ่งขึ้น

## 6. เอกสารอ้างอิง

1. วรชัย รวบรวมเลิศ, พิมพ์ทอง ทองนพคุณ. เทคนิคการ ทำพาดินาด้วยสารเคมีในชีวิตประจำวันประเภทสารทำ ความสะอาดสู่การออกแบบเครื่องประดับ . วารสารวิชาการคณะสถาปัตยกรรมศาสตร์ สจล. 2560; 24(1):102-10.
2. Slamet A, Tangahu BV, Yuniarto A. The effectiveness of cement lime to reduce detergents content in domestic wastewater. IJET. 2018; 7(4):6327-31.
3. United States Environmental Protection Agency. Laundry Wastewater n.d. [internet]. [cited 2 Feb 2023]. Available form: <https://www.epa.gov/laws-regulations/summary-clean-water-act>

4. จิตติมา จารุเดชา [อินเทอร์เน็ต]. การบำบัดน้ำเสีย ขุมชนด้วยถังสำเร็จรูป; 2565 [สืบค้นเมื่อ 5 ธันวาคม 2565] แหล่งข้อมูล: [https://datacenter.deqp.go.th/media/images/5/65/QR\\_การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยถังสำเร็จรูป\\_ok.pdf](https://datacenter.deqp.go.th/media/images/5/65/QR_การบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยถังสำเร็จรูป_ok.pdf)
5. Tangahu BV, Ningsih DA, Kurniawan SB, Imron MF. Study of BOD and COD removal in batik wastewater using scirpus grossus and iris pseudacorus with Intermittent Exposure System. JEE. 2019; 20(5):130-34.
6. Jardak K, Drogui P, Daghrir R. Surfactants in aquatic and terrestrial environment: occurrence, behavior, and treatment process. ESPR. 2016; 23(4):3195-216.
7. Sheth KN, Patel M, Desai MD. A study on characterization & treatment of laundry effluent. IJRST. 2017; 4(1):50-5.
8. Badmus SO, Amusa HK, Oyehan TA, Saleh TA. Environmental risks and toxicity of surfactants: overview of analysis, assessment, and remediation techniques. ESPR. 2021; 28(44):62085-104.
9. Daniel EGS, editor. Effect of waste laundry detergent industry against mortality and physiology index of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). Proceedings of the 25<sup>th</sup> Biennial Asian Association for Biology Education Conference; 2014. Aug 13-16; Malaya, Malaysia University of Malaya; 2015. P. 822-28.
10. วรายุส วรรณวิไล. การบำบัดน้ำทิ้งจากกิจกรรมซักรีด. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาการจัดการ สิ่งแวดล้อม]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2542.
11. Lynch WO, Sawyer CN. Physical Behavior of Synthetic Detergents. Preliminary Studies on Frothing and Oxygen Transfer. New York (NY): John Wiley & Sons, Inc; 1954. 1193-200.
12. ธัญวรรณ์ ตูทอง. รายงานฉบับสมบูรณ์ประสิทธิภาพ ระบบบึงประดิษฐ์แบบพืชลอยน้ำ โดยใช้ผักตบชวาและ จอก เพื่อบำบัดน้ำเสียจากการซักผ้า. นครราชสีมา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี; 2562.

13. Crites R, Tchobanoglous G, Small and Decentralized Wastewater Management Systems: Mechanical Engineering Series. New York: Mc Graw-Hill; 1998.
14. Kanabkaew, T, Puetpaiboon, U. Aquatic plants for domestic wastewater treatment: Lotus (Nelumbo Nucifera) and Hydrilla (Hydrilla verticillata) systems. Songklanakarin J.Sci.Technol. 2004; 26(5):749-56.
15. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants (Vol. 2). Amsterdam: Academic Press; 2012.
16. Taiz L, Zeiger E. Plant physiology. 5<sup>th</sup> ed. Sunderland: Sinauer Associates; 2010.
17. Ram R. Water hyacinth as a wastewater treatment option: A review. JECE. 2019; 7(3):103899.
18. อภิชัย เขียวศิริกุล. การบำบัดน้ำเสียจากที่พักอาศัยด้วยบ่อผักตบชวา. [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม]. กรุงเทพมหานคร: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย; 2533.
19. ส่วนน้ำเสียชุมชน สำนักงานจัดการคุณภาพน้ำ กรมควบคุมมลพิษ. คำแนะนำในการจัดการน้ำเสียสำหรับสถานบริการซักอบรีด. กรุงเทพมหานคร: กรมควบคุมมลพิษ; 2565.
20. สุทธิดา พุทไธสง, ปวีณา แอบเพชร, รวัญภา ศรีมูล. ประสิทธิภาพของผักตบชวาและจอกในการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยระบบการปลูกแบบไรดิคจาลอง. วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 2564; 40(6):415-21.
21. Environmental Protection Agency. pH in Drinking Water 2021 [Internet]. [cited 2 Feb 2023]. Available from: <https://www.epa.gov/dwstandardsregulations/pH-drinking-water>
22. สำอาง หอมชื่น, กิตติ เอกอำพน. การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเยื่อกระดาษโดยใช้กกกล่มและผักตบชวา. เอกสารการประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 24 สาขาวิศวกรรมศาสตร์; 27-29 มกราคม 2529 ณ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์; 2529. 1-18.
23. วราภรณ์ สังสิทธิ์สวัสดิ์, ธีรพงษ์ ธีรมันัส, ธวัชชัย เนียมวิฑูรย์. การปรับปรุงคุณภาพน้ำเสียจากที่พักอาศัยโดยระบบสระพักน้ำผืนสภาพพร้อมกับการใช้ผักตบชวา. วารสารวิจัย มช. 2540; 2(2):72-85.
24. ธนียา เกาศล. การศึกษาประสิทธิภาพของการใช้พืชน้ำร่วมกับระบบบำบัดน้ำเสียในการบำบัดน้ำเสียชุมชน : กรณีศึกษาน้ำเสียชุมชนจากเทศบาลนครหาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา [วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิศวกรรมโยธา]. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์; 2545.
25. ลำไย ธีรตันพันธุ์, วิยะดา มงคลธนรักษ์, สมศักดิ์ อินทมาต. การเปลี่ยนแปลงคุณภาพน้ำและกลุ่มสิ่งมีชีวิตบริเวณรากพืชในการบำบัดน้ำทิ้งด้วยผักตบชวา. วารสารวิทยาศาสตร์ คชสส่น 2557; 36(1):83-93.

