บทที่ 5
สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

งานวิจัยการพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์นี้มีวัตถุประสงค์เพื่อออกแบบ, สร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์และเพื่อหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ ซึ่งสามารถสรุป อภิปราย และข้อเสนอแนะได้ดังนี้

1. สรุปผลการวิจัย

1.1 ผลการออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์

1.1.1 ออกแบบเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบโครงสร้างฐานรองตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector มีขนาดกว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.50 เมตร สูง 127 เมตร ทำมุม 15 องศากับพื้นระนาบ, ออกแบบตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ให้มีขนาดภายนอกของแผง 2 x 1 m^2 ลึก 0.15 m ด้านล่างสุดเป็นโฟมหนา 50 mm ขนาดเท่ากับตัวเครื่องชั้นที่สองวางรองทับด้วยฉนวนกั้นความร้อนและแผ่นสังกะสี พ่นสีดำ ด้านบนของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ปิดด้วยกระจกใส (glass cover) 4 mm ชั้นเดียว ระยะห่างระหว่างท่อดูดรังสีกับกระจกประมาณ 100 mm, ออกแบบท่อดูดรังสี (absorber plate) ทำด้วยท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 2 m กว้าง 1 m จำนวน 30 ท่อ วางขนานห่างกันระยะห่าง 5 cm ต่อเข้ากับท่อทองแดงสำหรับน้ำเข้าและท่อน้ำออกขนาด 7/8 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ต่อกันแบบขนาน ลักษณะการวางในแนวยาวตามตัวเครื่อง, ออกแบบถังเก็บน้ำร้อน ถังพักน้ำและถังกรองขั้นต้น โดยถังเก็บความร้อนใช้เป็นถังน้ำแข็งเก็บความร้อนแบบสำเร็จรูปขนาด 40 ลิตร สูง 35 cm ถังพักน้ำ 1 ถังและถังกรองขั้นต้น 1 ถัง ขนาด 20 ลิตร โดยภายในถังกรองขั้นต้น ออกแบบใช้เป็นถ่านคาร์บอน, ซีโอไลท์และใยแก้ววางซ้อนกันเป็นชั้นๆ และสุดท้ายออกแบบตำแหน่งวัดอุณหภูมิ คือ 1. ท่อน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (T_i), 2. ท่อน้ำออกตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (T_o), 3. อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_a) และ 4. ที่ถังเก็บน้ำร้อน (T_w)

1.1.2 สร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ โดยสร้างฐานวางตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ใช้เหล็กมุมฉากตัดตามขนาดที่ได้ออกแบบไว้ กว้าง 1.20 เมตร ยาว 2.50 เมตร สูง 127 เมตร ทำมุม 15 องศากับพื้นระนาบและประกอบเป็นโครงสร้างฐานวางตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector, สร้างท่อดูดรังสีโดยตัดและเชื่อมท่อทองแดงเข้าด้วยกันตามแบบขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 2 m กว้าง 1 m จำนวน 30 ท่อ วางขนานห่างกันระยะห่าง 5 cm ต่อเข้ากับท่อทองแดงสำหรับน้ำเข้าและท่อน้ำออกขนาด 7/8 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ต่อกันแบบขนาน ลักษณะการวาง

มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี

ในแนวยาวตามตัวเครื่อง จากนั้นนำแผ่นโฟม, ฉนวนกั้นความร้อน, แผ่นสังกะสี, ท่อดูดรังสีและกระจก มาประกอบเป็นตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector นำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector วางบนฐานโครงสร้างพร้อมติดตั้งถังเก็บความร้อน ถังพักและถังกรองขั้นต้น ทำการเจาะรูที่ถังเก็บความร้อน ถังพักและถังกรองขั้นต้น วัดขนาดระหว่างถังเก็บความร้อน ถังพัก ถังกรองขั้นต้นและตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ตัดท่อประปาตามขนาดที่วัดได้ จากนั้นตัดขนาดของท่อประปาตามขนาดที่วัดได้ ต่อท่อประปาและใส่ก็อกน้ำตามแบบเพื่อเป็นจุดวัดอุณหภูมิของน้ำและทำการติดตั้งปั๊มน้ำขนาด 350 W ไว้ภายในถังเก็บน้ำร้อน

1.2 ผลการหาประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์

1.2.1 ประสิทธิภาพการทำงานตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ พบว่าการทดสอบประสิทธิภาพตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. ของวันที่ 28 เมษายน 2559 ค่าเฉลี่ยความเข้มแสงอาทิตย์ (G) ที่มีค่ามากกว่า 700 W/m^2 ที่วัดได้อยู่ในช่วงเวลา 10.00 น., ช่วงเวลา 11.00 น., ช่วงเวลา 12.00 น., ช่วงเวลา 13.00 น.และช่วงเวลา 14.00 น. ค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (η) ที่ได้เท่ากับ 11.97%, 33.31%, 18.29%, 4.99% และ 22.43% ตามลำดับของช่วงเวลาที่กล่าวมา โดยช่วงเวลาช่วงเวลา 11.00 น. มีค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (η) สูงสุด คือ 33.31% และช่วงเวลา 13.00 น. มีค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (η) น้อยสุด คือ 4.99% มีค่าประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (η) รวมเฉลี่ยอยู่ที่ 18.20%

1.2.2 ประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ในการฆ่าเชื้อโรค พบว่าผลการวิเคราะห์ค่า Total Coliform ในการฆ่าเชื้อ โดยวิธี Fecal Coliform Procedure 9221 E. น้ำเสีย(น้ำทิ้งจากลำคลอง) มีค่าเท่ากับ 2,400,000 MPN/100ml. เมื่อน้ำเสียผ่านกรองขั้นต้น มีค่าเท่ากับ 430,000 MPN/100ml. คิดเป็นร้อยละ 17.91% และน้ำเสียผ่านตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (น้ำคลองที่ผ่านแผงความร้อน) มีค่าเท่ากับ <3 MPN/100ml. คิดเป็นร้อยละ 0.000125% และผลการวิเคราะห์ค่า Fecal (E.coli) ในการฆ่าเชื้อ โดยวิธี Escherichia coliform Procedure 9221 F. น้ำเสีย(น้ำทิ้งจากลำคลอง) มีค่าเท่ากับ 930,000 MPN/100ml. เมื่อน้ำเสียผ่านกรองขั้นต้น มีค่าเท่ากับ 230,000 MPN/100ml. คิดเป็นร้อยละ 24.73% และน้ำเสียผ่านตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector (น้ำคลองที่ผ่านแผงความร้อน) มีค่าเท่ากับ <3 MPN/100ml. คิดเป็นร้อยละ 0.00032% จากนั้นนำค่ามาเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินโดยแบคทีเรียกลุ่มโคลิฟอร์มทั้งหมด (Total Coliform Bacteria) ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินเท่ากับ 20,000 MPN/100ml. ค่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์เท่ากับ <3 MPN/100ml. คิดเป็นร้อยละ 0.015% ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ในการฆ่าเชื้อโรคคิดเป็น 99.98% หรือมีประสิทธิภาพมากกว่า 80% และแบคทีเรียกลุ่มฟีคอลโคลิฟอร์ม (Fecal Coliform Bateria) (E.coli) ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำผิวดินเท่ากับ 4,000 MPN/100ml.น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดด้วยเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์เท่ากับ <3 MPN/100ml.คิดเป็นร้อยละ 0.075% ดังนั้นประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ในการฆ่าเชื้อโรคคิดเป็น 99.92% หรือมีประสิทธิภาพมากกว่า 80%

2. อภิปรายผล

2.1 การออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์

จากตัวอย่างงานนวัตกรรมต่างๆ เกี่ยวกับพลังงานทางเลือก พลังงานแสงอาทิตย์รวมถึงงานวิจัยหลายๆ เล่มที่ได้มีการคิดค้นทดสอบเพื่อพัฒนาเทคโนโลยีและแก้ไขปัญหาต่างๆ ที่เกิดขึ้น การพัฒนาต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียแสงอาทิตย์ก็เช่นเดียวกันที่ออกแบบและสร้างเพื่อการฆ่าเชื้อโรคในน้ำเสียจากแหล่งแม่น้ำลำคลองโดยอาศัยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ไม่ว่าจะเป็นงานวิจัยเกี่ยวกับระบบทำน้ำร้อนด้วยตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับการล้างแบบ Cleaning In Place ของศูนย์รับน้ำนมดิบ (จาตุพงศ์ วาฤทธิ์และคณะ, 2550) ที่ออกแบบนำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มาประยุกต์ใช้สำหรับการล้างทำความสะอาดอุปกรณ์รับน้ำนมดิบแบบ Cleaning In Place (CIP) ของบริษัทตัวอย่างในจังหวัดเชียงใหม่, งานวิจัยการออกแบบและสร้างเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบ (ประเทือง ฟั่นแก้ว และกีรติ วุฒิจารี, 2557) ที่ออกแบบและสร้างตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ทำเป็นเครื่องอบสัปะรด, งานวิจัยการเลือกขนาดตัวเก็บรังสีอาทิตย์สำหรับระบบทำน้ำร้อนเสริมด้วยปั๊มความร้อนในการควบคุมอุณหภูมิบ่อเลี้ยงปลา (กรวัฒน์ วุฒิกิจ, 2554) เป็นการออกแบบเพิ่มประสิทธิภาพของตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์และงานวิจัยเกี่ยวกับการใช้พลังงานแสงอาทิตย์ช่วยในการผลิตไบโอดีเซล (วัฒนา บัวภูมิและคณะ, 2550) โดยเป็นการนำน้ำมันปาล์มมาผลิตเป็นไบโอดีเซลและใช้พลังงานแสงอาทิตย์มาเป็นแหล่งให้พลังงานความร้อนโดยใช้ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ โดยการออกแบบ และสร้างเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำเสียแสงอาทิตย์นั้นตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์จะมีขนาด 2 x 1 m^2 ด้านล่างสุดเป็นโฟมหนา 50 mm ขนาดเท่ากับตัวเครื่อง ชั้นที่สองวางรองทับด้วยฉนวนกั้นความร้อนและแผ่นสังกะสี พ่นสีดำ ด้านบนของเครื่องปิดด้วยกระจกใส (glass cover) 4 mm ชั้นเดียว ระยะห่างระหว่างท่อดูดรังสีกับกระจกประมาณ 100 mm, ออกแบบท่อดูดรังสี (absorber plate) ทำด้วยท่อทองแดงขนาด 1/2 นิ้ว ยาว 2 m กว้าง 1 m จำนวน 30 ท่อ วางขนานห่างกันระยะห่าง 5 cm ต่อเข้ากับท่อทองแดงสำหรับน้ำเข้าและท่อน้ำออกขนาด 7/8 นิ้ว จำนวน 2 ท่อ ต่อกันแบบขนาน ลักษณะการวางในแนวยาวตามตัวเครื่องโดยถังเก็บความร้อนใช้เป็นถังน้ำแข็งเก็บความร้อนแบบสำเร็จรูปขนาด 40 ลิตร สูง 35 cm ถังพักน้ำ 1 ถังและ

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

ถังกรองขั้นต้น 1 ถัง ขนาด 20 ลิตร และตำแหน่งวัดอุณหภูมิ คือ 1. ท่อน้ำเข้าตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (T_i), 2. ท่อน้ำออกตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ (T_o), 3. อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (T_a) และ 4. ที่ถังเก็บน้ำร้อน (T_w) ซึ่งในการออกแบบ และสร้างตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์สอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาสมรรถนะของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบแบบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ (จักรพันธ์ พิรักษา และ ซังเซ็ง เลียงจินดาถาวร, 2549) ที่ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ทำด้วยแผ่นทองแดงหนา 1.0 mm และท่อน้ำในแผงเป็นท่อทองแดงขนาด 12.7 mm พ่นด้วยสีดำ ฉนวนกั้นความร้อนล่างเป็นโฟมหนา 50.8 mm ระยะห่างระหว่างแผ่นดูดรังสีกับกระจกประมาณ 100 mm ปิดด้วยกระจกชั้นเดียวหนา 5.0 mm ถังเก็บน้ำขนาด 50 ลิตร ที่มีขนาดและความจุใกล้เคียงกัน และตำแหน่งการวัดเป็นตำแหน่งเดียวกัน

2.2 ประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ โดยทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ ตั้งแต่เวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ทำมุม 15 องศากับพื้นระนาบกับแสงอาทิตย์ ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองทำน้ำร้อนด้วยเครื่องรับพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีการหมุนเวียนแบบบังคับ (นายกฤษฎา สามหาดไทยและคณะ, 2553) ที่ทำการทดสอบประสิทธิภาพในเวลา 9.00 น. ถึง 16.00 น. และสอดคล้องกับงานวิจัยงานวิจัยการศึกษาสมรรถนะของเครื่องทำน้ำร้อนพลังงานแสงอาทิตย์ชนิดแผ่นราบแบบหมุนเวียนน้ำตามธรรมชาติ (จักรพันธ์ พิรักษา และ ซังเซ็ง เลียงจินดาถาวร, 2549) ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ทำมุม 15 องศารวมถึงสมการที่ใช้ในการคำนวณหาประสิทธิภาพตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ด้วย โดยประสิทธิภาพการทำงานของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์มีค่ารวมเฉลี่ยอยู่ที่ 18.20% ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยออกแบบและสร้างตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ทำเป็นเครื่องอบสัปะรด (ประเทือง ฟั่นแก้ว และกีรติ วุฒิจารี, 2557) มีประสิทธิภาพรวมของเครื่องอบสับปะรดแว่นโดยพลังงานแสงอาทิตย์แบบแผ่นเรียบโดยเฉลี่ย 20.68 %

ส่วนการหาประสิทธิภาพของเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ในการฆ่าเชื้อโรคด้วยการวิเคราะห์ค่า Total Coliform และการวิเคราะห์ค่า Fecal (E.coli) ในน้ำเสียจะสอดคล้องกับงานวิจัยการจำกัดโคลิฟอร์ม และอีโคไลที่ดื้อยาปฏิชีวนะในระบบตะกอนเร่งที่บำบัดน้ำเสียชุมชน (นพรัตน์ พัชณีย์, 2554) เป็นการศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียชนิดตะกอนเร่งในการกำจัดโคลิฟอร์มทั้งหมดและฟีคอลโคลิฟอร์มในน้ำเสียชุมชุน โดยผลการศึกษาพบว่าปริมาณโคลิฟอร์มทั้งหมดของน้ำเสียที่เข้าและผ่านระบบบำบัด เท่ากับ 7.3 และ 6.0 log MPN/100 ml ตามลำดับ คิดเป็นประสิทธิภาพในการกำจัดปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียเท่ากับร้อยละ 94 ทั้งนี้ ปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มมีแนวโน้มเช่นเดียวกับโคลิฟอร์มทั้งหมดโดยปริมาณฟีคัลโคลิฟอร์มมีปริมาณต่ำกว่าโคลิฟอร์มทั้งหมดในระบบอยู่ในช่วง 0-0.1 log MPN/100 ml

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี

3. ข้อเสนอแนะ

ผลของการวิจัยที่ได้สรุปและอภิปรายมานั้น ผู้วิจัยมีแนวคิดเป็นข้อเสนอแนะดังนี้

3.1 ข้อเสนอแนะในการนำงานวิจัยไปใช้

3.1.1 การพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ต้องการบำบัดน้ำเสียโดยการฆ่าเชื้อโรค หรือนำไปประยุกต์ใช้ในกระบวนการพาสเจอร์ไรท์เพื่อฆ่าเชื้อโรคได้

3.1.2 การพัฒนาเครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์สามารถนำไปใช้ในแหล่งชุมชนเพื่อให้คนในชุมชนได้ตระหนักถึงเชื้อโรคที่มีอยู่ในแหล่งน้ำและช่วยกันรักษาสภาพน้ำ

3.2 ข้อเสนอแนะเพื่อการพัฒนา

3.2.1 ตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์มีขนาดใหญ่ควรพัฒนาใหม่ให้มีขนาดเล็กลงแต่ประสิทธิภาพเท่าเดิมหรือเพิ่มขึ้น

3.2.2 ประยุกต์ใช้วัสดุอื่นแทนท่อทองแดงทำตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์เพื่อลดต้นทุนผลิต

3.2.3 ในการบำบัดน้ำเสียโดยการฆ่าเชื้อโรคนอกจากเชื้อโรคที่ทำการทดสอบ ควรจะสามารถบำบัดเชื้อโรคชนิดอื่นๆ ที่เป็นอันตรายได้

3.3 ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

3.3.1 การประยุกต์ใช้เครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์ในการพาสเจอร์ไรท์ในโรงงานอุตสาหกรรม

3.3.2 เครื่องต้นแบบระบบบำบัดน้ำแสงอาทิตย์อาศัยตัวเก็บรังสีแสงอาทิตย์ Solar Collector เป็นตัวหลัก อาจใช้วิธีการอื่นในการบำบัดน้ำด้วยแสงอาทิตย์ เช่น โฟโต้เซลล์ โซล่าเซลล์ จานพาราโบลิค เป็นต้น

มหาวิทยาลัยราชภัฏธนบุรี