

การบำบัดน้ำเสียจากการแปรรูปยางพาราด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์** Wastewater Treatment from Rubber Processing by Using Solar Distillation System

สิรวัดก์ เรืองช่วย ตู้ประกาย*,¹ และ เสรีย์ ตู้ประกาย²

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

²คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

Sirawan Ruangchuay Tuprakay*¹ and Seree Tuprakay²

¹Faculty of Science and Technology, Suan Dusit University

²Faculty of Engineering, Ramkhamhaeng University

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ ศึกษาสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารา ออกแบบ และสร้างระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ และศึกษาป...ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใช้ตัวอย่างน้ำเสียก่อนเข้าบ่อกักน้ำเสีย และน้ำเสียในบ่อกักน้ำเสียจากการแปรรูปยางพาราของเกษตรกร อำเภอเมือง จังหวัดระยอง ผลการศึกษาพบว่า น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราก่อนเข้าบ่อกักมีกลิ่นเหม็นของกรด มีสีขาวขุ่น ค่า pH เท่ากับ 4.88 ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เท่ากับ 66 มก./ล. ค่า BOD เท่ากับ 5,109 มก./ล. น้ำเสียจากบ่อกัก มีกลิ่นเหม็นของกรด และกลิ่นคล้ายยางเน่า มีสีเทาขุ่น ค่า pH เท่ากับ 5.28 ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) เท่ากับ 122 มก./ล. ค่า BOD เท่ากับ 7,090 มก./ล. ระบบกลั่นที่ออกแบบและสร้างเป็นระบบขนาดเล็ก สามารถกลั่นได้ 8.75-36 มล./วัน สามารถระเหยน้ำเสีย 300 มล. ได้หมดในเวลา 7 วัน ประสิทธิภาพการกลั่นของเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์อยู่ในช่วง 50.5- 56.7% อุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบกลั่น พบว่าอุณหภูมิบริเวณได้น้ำมีค่าสูงที่สุด เฉลี่ย 44.43 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิบรรยากาศมีค่าต่ำที่สุด เฉลี่ย 33.87 องศาเซลเซียส สารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่นมีกลิ่นฉุนน้อยกว่า และมีสีใสกว่าน้ำเสีย ค่า pH อยู่ในช่วง 4.22 - 5.26 ค่า SS อยู่ในช่วง 51-60 มก./ล. และมีค่า BOD อยู่ในช่วง 1,940-2,195 มก./ล. ประสิทธิภาพในการกำจัด SS และ BOD อยู่ในช่วง 12.12-69.87 % และ 57.37-72.57 % ตามลำดับ

คำสำคัญ : น้ำเสีย กระบวนการแปรรูปยางพารา ระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

* ผู้ประสานงานหลัก (Corresponding Author) Wastewater Treatment from Rubber Processing by Using Solar Distillation System
e-mail: sirawanr@gmail.com

**งานวิจัยเรื่องนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ

Abstract

The purposes of this research were to study characterization of wastewater from rubber processing to design and build a solar distillation system and to study the wastewater removal efficiency of the solar distillation system. Wastewater samples were the effluent before manholes and in manholes at Maung district, Rayong province. The study was found that the effluents before manhole were smell of acid, smell-like rotten rubber with turbidity gray color. The pH, SS and BOD of the effluents before manhole were 4.88, 66 mg/l and 5,109 mg/l, respectively. The effluents in the manhole were smelt of acid with turbidity white color. The pH, SS and BOD of the effluents in the manhole were 5.28, 122 mg/l and 7,090 mg/l, respectively. Designed and built of a the solar distillation system was lab scale whose distilled water was 8.75-36 ml/d. It evaporated 300 ml of wastewater within 7 days. Distillation efficiency of solar distillation system was in the range of 50.5- 56.7%. All of the four points of the temperature of the solar distillation system, the highest temperature was 44.43 °C at underwater point. The average lowest temperature was 33.87 °C at ambient atmosphere. The solution from the solar distillation system had less odor than the wastewater with clearer color. The pH, SS and BOD of solution were 4.22-5.26, 51-60 mg/l and 1940-2195 mg/l, respectively. The SS and BOD removal efficiency of the solar distillation system were 12.12-69.87% and 57.37-72.57%, respectively.

Keywords : Wastewater, Rubber processing, Solar distillation system

บทนำ

กระบวนการแปรรูปยางพารามีผลกระทบต่อสุขภาพ เกิดกลิ่นเหม็น เนื่องจากเมื่อกรีดยางออกจากต้นยางพาราแล้ว เกษตรกรจะให้น้ำยางเป็นก้อนโดยหยดกรดฟอร์มิก อนุภาคยางก็จะรวมตัวกันเป็นก้อนยาง คงเหลือส่วนที่เป็นซีรัม ซึ่งประกอบด้วยคาร์โบไฮเดรต โปรตีน และไขมัน ทำให้เกิดกระบวนการย่อยสลายโดยแบคทีเรีย ได้ก๊าซชนิดต่างๆ เช่น คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทน และอาจมีก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หรือ ก๊าซไข่เน่า หากเกษตรกรใช้กรดซัลฟิวริกร่วมในกระบวนการทำยางเป็นก้อน กลิ่นเหม็นก่อให้เกิดเหตุรำคาญแก่ประชาชนที่อยู่อาศัยในบริเวณใกล้เคียง อาจนำมาซึ่งการร้องเรียน เนื่องจากตามพระราชบัญญัติการสาธารณสุข พ.ศ. 2535 กำหนดกิจการล้าง สะสม อบ รมายดิบ เป็นกิจการที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Department of Health, 2005) นอกจากนี้กระบวนการแปรรูปยางพาราดังกล่าวยังก่อให้เกิด

น้ำเสียที่มีสมบัติเป็นกรด อันเกิดจากกรดฟอร์มิก และ/หรือ กรดซัลฟูริกที่ใช้ในการจับตัวของน้ำยาง น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารามีทั้งที่เกิดในชุมชน และโรงงานแปรรูปยางพารา ศูนย์วิจัยและฝึกอบรมด้านสิ่งแวดล้อม ได้เสนอวิธีการบำบัดน้ำเสียในชุมชนโดยใช้เทคโนโลยีที่ใช้อยู่ในท้องถิ่น ลงทุนต่ำ และมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสีย คือ การบำบัดน้ำเสียแบบถังกรองไร้อากาศ น้ำเสียของโรงงานแปรรูปยางพารามีปริมาณสูงกว่าน้ำเสียในชุมชน แต่การกำกับควบคุมโดยหน่วยงานของรัฐสามารถดำเนินการได้ดีกว่า หรืออาจใช้กระบวนการอื่น ๆ บำบัด เช่น อีเอ็มก้อน (Rirayakan, 2013) ตกตะกอนเคมีร่วมกับการดูดซับ (Suksabye, 2012) การเร่งปฏิกิริยาด้วยแสง (Nimpraya et al., 2013) บึงประดิษฐ์ (Pochanajan, 2008) ป่าพรุ (Thongphrom, 2014) กลไกการดูดซับโดยวัสดุธรรมชาติ (Tuprakay & Tuprakay, 2008) ระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ลดปริมาณน้ำเสียปนเปื้อนโลหะหนัก (Tuprakay, Tuprakay & Santisilisombun, 2004; Tuprakay, Tuprakay & Jaibun, 2012; Tuprakay & Tuprakay, 2012)

งานวิจัยนี้มุ่งประเด็นไปที่การจัดการน้ำเสียจากการแปรรูปยางพาราในชุมชนซึ่งเป็นแหล่งกำเนิดน้ำเสียที่ตั้งอยู่กระจายทุกสวนยางพารา และยากต่อการกำกับควบคุมจากหน่วยงานของรัฐ และเพื่อให้เกิดการจัดการน้ำเสียที่ยั่งยืน ศึกษาการนำน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วกลับมาใช้อีกครั้ง เพื่อทดแทนกรดฟอร์มิกหรือกรดซัลฟูริกที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปยางพาราในการจับตัวของน้ำยาง การบำบัดน้ำเสียด้วยระบบการกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งเป็นพลังงานสะอาดที่มีศักยภาพสูงสำหรับประเทศไทย เป็นกระบวนการที่เกษตรกรสามารถนำไปใช้งานได้จริง เนื่องจากต้นทุนไม่สูง และทำได้ง่าย (Udomsinrot, 2003) ได้กล่าวว่า น้ำเสียที่อยู่ในระบบประเหยจะถูกความร้อนจากแสงอาทิตย์ ทำให้ระเหย ไอระเหยจะลอยขึ้นไปกระทบกับกระจก และกลายเป็นหยดน้ำไหลลงไปตามแกนเอียงของกระจกลงไปยังรางรองรับ ทางด้านหน้าของระบบ และปัจจัยที่มีผลต่อการระเหยมีอยู่ 3 ประการที่สำคัญ ได้แก่ ปัจจัยทางอุณหภูมิมิวิทยา ปัจจัยทางธรรมชาติของผิวน้ำที่มีการระเหย และปัจจัยของคุณภาพน้ำ

ในต่างประเทศที่มีการใช้ระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์เพื่อลดปริมาณน้ำเสียอยู่ในหลายประเทศ เช่น ในประเทศสวีเดนและแลนด์โดย Dind (1978) ได้ทำการประยุกต์ใช้ในการระเหยน้ำเสียในกระบวนการอุตสาหกรรมกลวโนพลาสติก (Galvanoplasty) โดยทีมงานวิจัยในโรงงานได้ออกแบบระบบระเหยเพื่อระเหยน้ำเสียให้น้ำกลั่นน้ำกลับไปใช้ในกระบวนการอีกครั้ง โดยทีมงานได้ประเมินค่าใช้จ่ายแล้วประหยัดกว่าการใช้ระบบออสโมซิส (Osmosis) โดยมีค่าใช้จ่ายในการสร้างระบบกลั่นน้ำเสียด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ประมาณ 50,000 ฟรังก์สวิส (FS) ระบบระเหยน้ำเสียนี้ให้น้ำกลั่นประมาณ 100-1,000 ลิตรต่อเดือน เป็นผลให้สามารถลดค่าใช้จ่ายของค่าน้ำได้ 50-100 เปอร์เซ็นต์ ในประเทศสหรัฐอเมริกาโดย Thomas (1990) มีการใช้ระบบระเหยน้ำเสียที่ปนเปื้อนของเสียอันตรายเช่นกัน โดยทีมงานผู้วิจัยได้ทำการศึกษาวิเคราะห์เกี่ยวกับสมการทางคณิตศาสตร์ ในการเจือจางไอระเหยของของเสียอันตรายจากระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ในประเทศกรีซโดย Potoglou (2003) มีการลดปริมาณน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำมันมะกอก ด้วยเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ในการลดปริมาณน้ำเสียด้วยเครื่องกลั่นน้ำด้วยพลังงานแสงอาทิตย์ นั้น ยังมีการนำมาใช้ในกระบวนการอุตสาหกรรมอาหารอีกด้วย โดย Haralambopoulos

(2002) ศึกษาความสามารถแยกของแข็ง และนำออกจากกันด้วยพลังงานที่ต่ำ โดยงานวิจัยทำการศึกษาค่าความเป็นกรดต่าง ค่าปริมาณของแข็งทั้งหมด ค่าซีโอดี ค่าปริมาณไนโตรเจน ในการศึกษาพบว่าสามารถลดค่าซีโอดีได้มากกว่า 80% ไม่พบของแข็งในน้ำที่กลั่นได้ และยังนำวิธีการนี้มาใช้ในการลดปริมาณน้ำในกากตะกอนที่ได้จากระบบบำบัดน้ำเสียแบบแอคติเวตเต็ดสลัดจ์ด้วย โดยทำการทดลอง 5 วัน ลดปริมาณน้ำได้สูงสุด 877 มิลลิลิตรต่อตารางเมตรต่อวัน และทำการวิเคราะห์ซีโอดี MLVSS และ MLSS พบว่ากากตะกอนสูญเสียน้ำทั้งหมด สำหรับประเทศไทยนั้น มีผู้วิจัยดังนี้ Udomsinrot (2003) ได้สร้างเครื่องมาใช้ในการทดสอบอัตราการระเหย และใช้ทดสอบน้ำเสียสังเคราะห์ตัวอย่าง 4 ชนิด คือ น้ำที่ผสมนมผง น้ำผสมสีย้อมผ้า น้ำที่ผสมโครเมียม น้ำเสียจากโรงงานอุตสาหกรรมจริง และได้แบ่งการทดสอบออกเป็น 2 ตัวอย่างคือ ตัวอย่างที่ 1 ใส่สารไวแสงประเภทเมทิลิบูล ตัวอย่างที่ 2 ไม่ใส่สารไวแสง และสรุปได้ว่าตัวอย่างที่ใส่สารไวแสงจะมีการระเหยได้ดีกว่าตัวอย่างที่ไม่ใส่สารไวแสง และจากการทดสอบค่าพารามิเตอร์ก่อนและหลังการระเหยสรุปได้ว่าพารามิเตอร์ที่ได้ตรวจวัดมีค่าลดลงเมื่อเข้าเครื่องบำบัดน้ำเสียโดยพลังงานแสงอาทิตย์ Billy (1999) ได้ทำการวิจัยการบำบัดน้ำชะมูลฝอยโดยใช้บ่อระเหยที่มีการระเหยตามปกติ ที่มีการพ่นน้ำเป็นฝอย และที่ใช้แผงดักแสงอาทิตย์ จะต้องใช้บ่อระเหยซึ่งมีพื้นที่ประมาณ 143, 132 และ 139 ตารางเมตรต่อปริมาณน้ำชะมูลฝอยที่ต้องการบำบัด 1 ลูกบาศก์เมตรใน 1 วัน ตามลำดับ Tuprakay et al. (2004, 2012) และ Tuprakay (2012) ได้ศึกษาระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ในการลดปริมาณ ด้วยเครื่องกลั่นที่สร้างขึ้น สามารถกลั่นน้ำได้อยู่ในช่วง 44-210 mL/ m²-day น้ำกลั่นที่กลั่นได้พบของแข็งทั้งหมดน้อยมาก และพบโลหะหนักอยู่ในระดับ ส่วนในร้อยล้านส่วน (ppb) ระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ที่สร้างขึ้นเพื่อลดปริมาณน้ำเสียที่ปนเปื้อนของเสียอันตรายสามารถนำมาใช้ในการลดปริมาณน้ำเสียได้อย่างมีประสิทธิภาพ

วัตถุประสงค์

1. ศึกษาสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราในชุมชน
2. ออกแบบและสร้างระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์
3. ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราในชุมชนด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

วิธีการวิจัย

เก็บตัวอย่างน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารา ในเขตอำเภอเมือง จังหวัดระยอง โดยเก็บตัวอย่างน้ำเสียที่จุดปล่อยน้ำทิ้ง (Effluent) จำนวน 2 จุด คือ จุดก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย และจุดในบ่อบำบัดน้ำเสีย ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2 โดยศึกษา ค่าความเป็นกรดและด่าง (pH) ค่าของแข็งแขวนลอย (SS) และ ค่าบีโอดี (BOD) ออกแบบและสร้างระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ จำนวน 3 เครื่อง ดังแสดงในภาพที่ 3 และ 4 ตลอดจนศึกษาศักยภาพของระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยศึกษา 3 ประเด็น คือ คุณภาพของระบบกลั่น ประสิทธิภาพการกลั่น และประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย โดยมีรายละเอียด ดังนี้

1. คุณภาพของระบบกลั่น วัดคุณภาพในระบบกลั่นน้ำ โดยใช้เทอร์โมมิเตอร์ (APHA, AWWA & WEF, 1995) วัดอุณหภูมิ 4 ตำแหน่ง คือ อุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิผิวน้ำ อุณหภูมิกลางน้ำ และอุณหภูมิใต้น้ำ โดยทำการวัดและบันทึกอุณหภูมิที่เวลา 18.00 น. ของทุกวันที่ทำการศึกษา

2. การหาประสิทธิภาพการกลั่น ดำเนินการโดยวัดปริมาตรน้ำกลั่นที่ได้จากเครื่องกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ โดยใส่น้ำเสียเริ่มต้นที่ปริมาณ 300 มล. และใช้เวลาในการศึกษาประสิทธิภาพการระเหยประมาณ 7 วัน ซึ่งเป็นเวลาที่เครื่องกลั่นสามารถระเหยน้ำเสียจากระบบได้หมด

3. การหาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราในชุมชนด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ โดยคำนวณหาร้อยละการกำจัด SS ในน้ำ และค่า BOD ของน้ำเสีย และสารละลายที่ได้จากระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ รวมทั้งศึกษาสมบัติของสารละลายจากระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์โดยศึกษาค่า pH, SS และ BOD



ภาพที่ 1 จุดเก็บน้ำเสียก่อนเข้าบ่อพักน้ำเสีย



ภาพที่ 2 บ่อพักน้ำเสีย



ภาพที่ 3 ระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ด้านบน



ภาพที่ 4 ระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ ด้านข้าง

ผลการวิจัย

1. สมบัติของน้ำเสียในชุมชนจากกระบวนการแปรรูปยางพารา

การศึกษาสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่า น้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัด และน้ำเสียจากบ่อบำบัด และมีค่า pH เท่ากับ 4.88 และ 5.28 ตามลำดับ ค่า BOD ของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัด และจากบ่อบำบัด มีค่าเท่ากับ 5,109 มก./ล. และ 7,090 มก./ล. ตามลำดับ ค่า SS ในน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัด และจากบ่อบำบัด มีค่าเท่ากับ 66 มก./ล. และ 122 มก./ล. ตามลำดับ และพบว่าน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัดมีสีขุ่น มีกลิ่นค่อนข้างเหม็นเปรี้ยวซึ่งน่าจะเกิดจากการหมักหมมของน้ำเสียที่มีส่วนเหลือจากการใช้กรดฟอร์มิค ส่วนน้ำเสียจากบ่อบำบัดมีสีเทาขุ่น และมีตะกอนตกอยู่บริเวณด้านล่าง มีกลิ่นเหม็นเปรี้ยวมากกว่าน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัด

ตารางที่ 1 สมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารา

สมบัติ	หน่วย	ผลการตรวจวิเคราะห์น้ำเสีย		ค่ามาตรฐาน
		ก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย	จากบ่อบำบัดน้ำเสีย	
ค่าความเป็นกรดและด่าง		4.88	5.28	5.5-9.0
ของแข็งแขวนลอย	mg/l	66	122	30
ค่าบีโอดี	mg/l	5,109	7,090	20

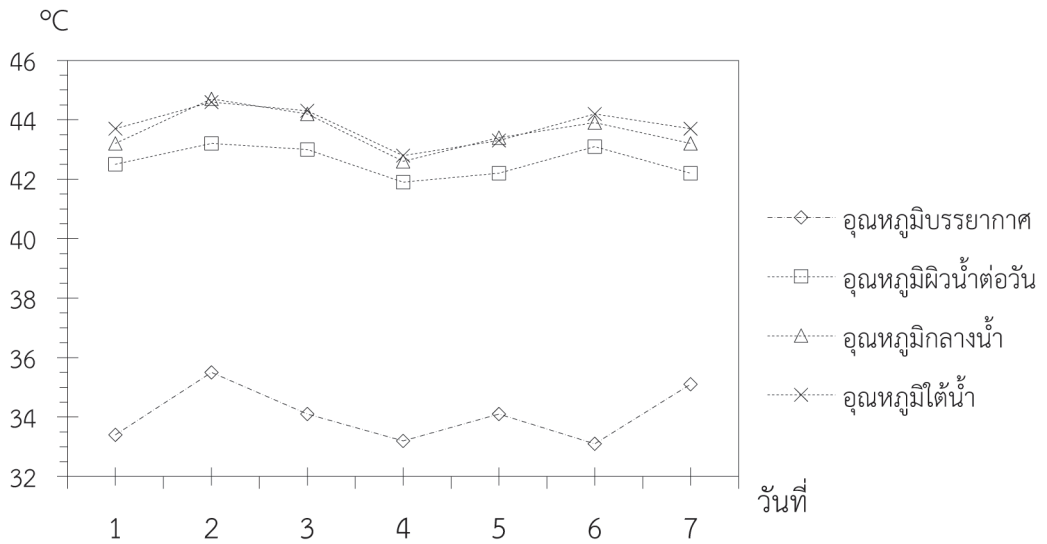
หมายเหตุ : ค่ามาตรฐานจากประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ลงวันที่ 2 มิถุนายน 2553

2. ออกแบบและสร้างระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

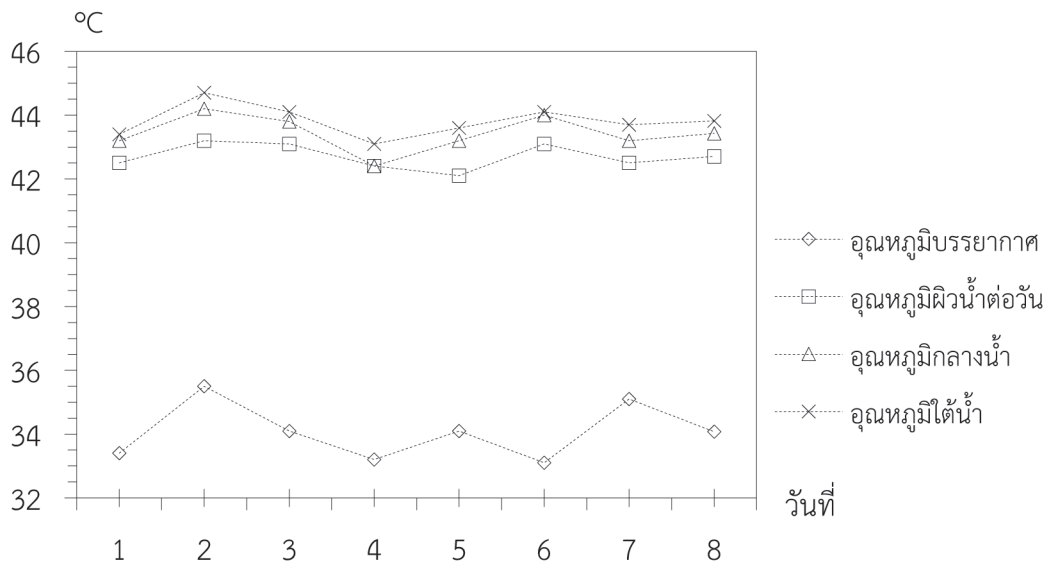
ระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์เป็นระบบขนาดเล็ก แบบทดลองในห้องปฏิบัติการ (Lab scale) ซึ่งออกแบบโดยมีพื้นฐานจากข้อมูลจากการศึกษาค้นคว้าระบบกลั่นน้ำที่เคยมีการออกแบบและสร้างแล้ว (Tuprakay, Tuprakay & Jaibun, 2012 and Tomaya & Murase, 2004) ภาพที่ 3 และ ภาพที่ 4 แสดงระบบกลั่นน้ำโดยเป็นภาพด้านบน และภาพด้านข้าง ตามลำดับ ส่วนประกอบของระบบกลั่นน้ำพลังงานแสงอาทิตย์ มี 3 ส่วน ได้แก่ ฐานของระบบกลั่นน้ำใช้พลาสติกวงกลมเป็นฐาน เจาะรูเพื่อใช้ระบายน้ำกลั่นออกจากระบบ ภาชนะรองรับน้ำเสียเป็นภาชนะพลาสติกทรงกลมที่มีขนาดเล็กกว่าฐาน หุ้มด้วยถุงพลาสติกสีดำ และโดมครึ่งวงกลมที่มีขนาดใหญ่กว่าภาชนะรองรับน้ำเสีย มีขนาดเล็กกว่าฐานของระบบกลั่นน้ำ ใช้ครอบภาชนะรองรับน้ำเสีย เลือกโดมที่ทำจากพลาสติกใสเพื่อให้แสงอาทิตย์ส่องผ่านเข้ามาได้ เจาะรูเพื่อสอดเทอร์โมมิเตอร์เข้าไปวัดอุณหภูมิ

3. อุณหภูมิของระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

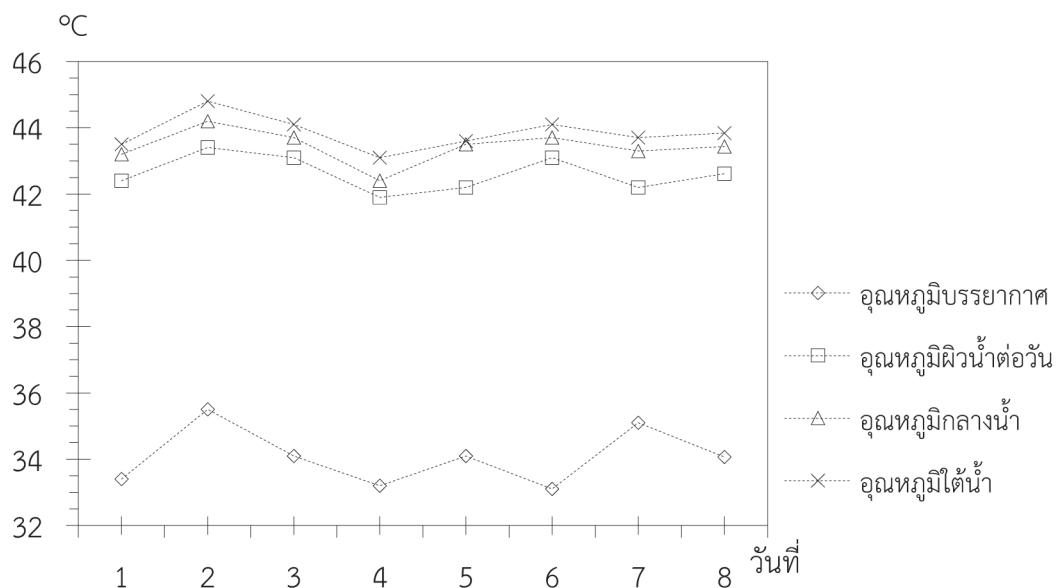
การศึกษาอุณหภูมิของระบบกลั่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์นี้ จะวัดอุณหภูมิ 4 ตำแหน่ง คือ อุณหภูมิบรรยากาศ อุณหภูมิผิวน้ำ อุณหภูมิกลางน้ำ และอุณหภูมิใต้น้ำ สำหรับระบบกลั่นเครื่อง A1 ค่าอุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่ง ดังแสดงในภาพที่ 5 จะพบว่าอุณหภูมิในเครื่อง A1 ตั้งแต่วันที่ 1-7 อุณหภูมิบรรยากาศอยู่ในช่วง 33.4–35.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวน้ำอยู่ในช่วง 41.9–43.2 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิเฉลี่ยอยู่ที่ 42.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางน้ำอยู่ในช่วง 42.6–44.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 43.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิใต้น้ำอยู่ในช่วง 42.8–44.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 43.8 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าอุณหภูมิบรรยากาศมีค่าต่ำกว่าอุณหภูมิในน้ำทุกตำแหน่งที่ตรวจวัด และในภาพรวมอุณหภูมิผิวน้ำจะมีอุณหภูมิต่ำกว่า อุณหภูมิในน้ำอีก 2 ตำแหน่ง สำหรับอุณหภูมิของระบบกลั่น A2 (ภาพที่ 6) จะพบว่าอุณหภูมิบรรยากาศอยู่ในช่วง 33.4–35.1 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวน้ำอยู่ในช่วง 42.2–43.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 42.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางน้ำ 42.4–43.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 43.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิใต้น้ำอยู่ในช่วง 43.1–44.7 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 43.8 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณต่าง ๆ มีแนวโน้มเช่นเดียวกับเครื่องกลั่น A1 ส่วนอุณหภูมิของระบบกลั่น A3 (ภาพที่ 7) จะพบว่าอุณหภูมิบรรยากาศอยู่ในช่วง 33.1–35.5 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 34 องศาเซลเซียส อุณหภูมิผิวน้ำอยู่ในช่วง 41.9–43.4 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 42.6 องศาเซลเซียส อุณหภูมิกลางน้ำอยู่ในช่วง 43.2–44.2 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 43.4 องศาเซลเซียส และอุณหภูมิใต้น้ำอยู่ในช่วง 43.5–44.8 องศาเซลเซียส อุณหภูมิเฉลี่ย 43.8 องศาเซลเซียส ความแตกต่างของอุณหภูมิบริเวณต่างๆ มีแนวโน้มเช่นเดียวกับเครื่องกลั่น A1 และ A2



ภาพที่ 5 อุณหภูมิของระบบเครื่องกลั่น A1



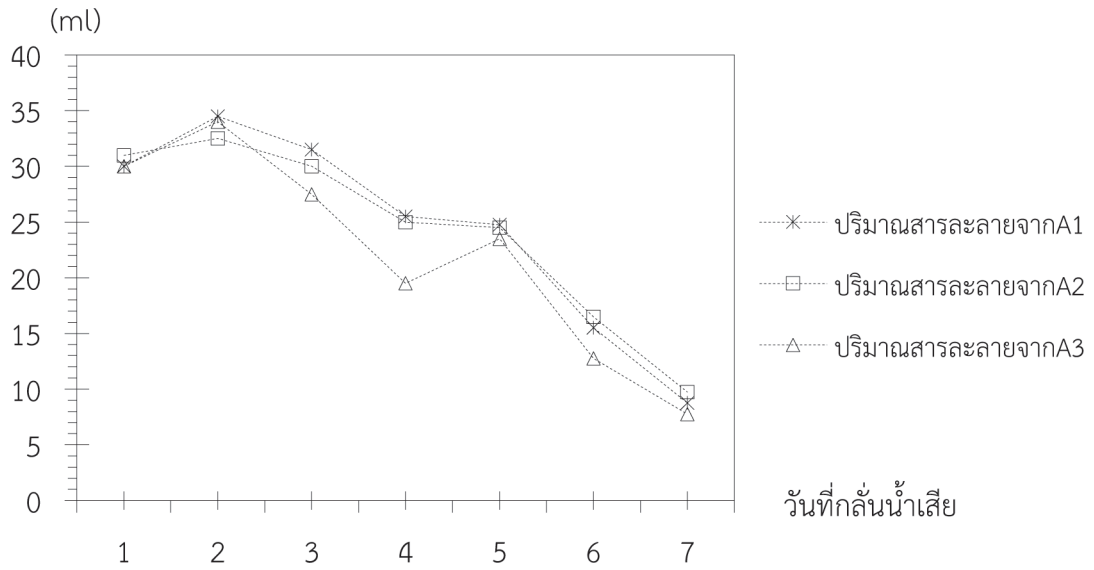
ภาพที่ 6 อุณหภูมิของระบบเครื่องกลั่น A2



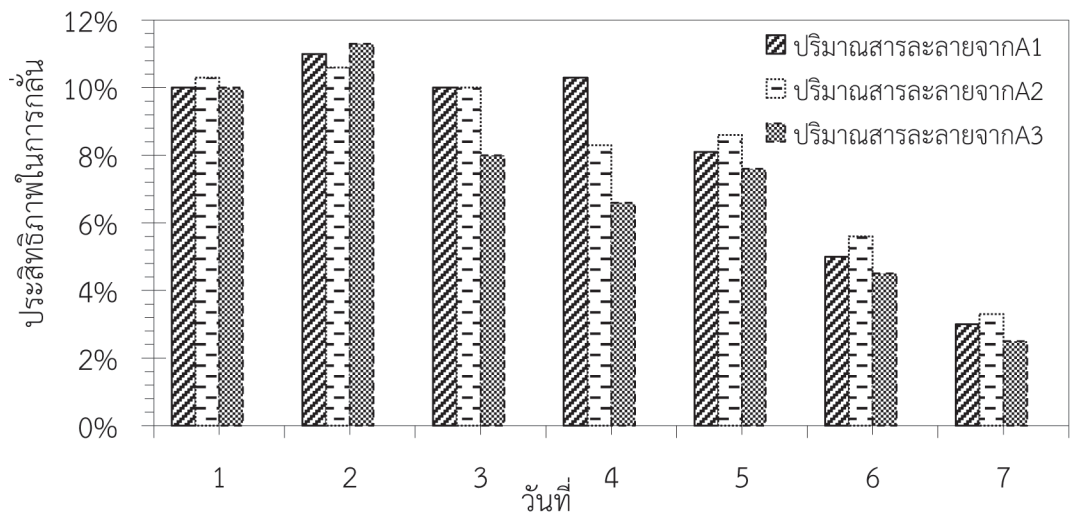
ภาพที่ 7 อุณหภูมิของระบบเครื่องกลั่น A3

4. ประสิทธิภาพการกลั่น

ประสิทธิภาพการกลั่น ดังแสดงในภาพที่ 8 ปริมาณสารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่น A1 อยู่ใน ช่วง 8.75 - 30 มล. ปริมาณสารละลายรวมใน 7 วัน เท่ากับ 169.5 มล. ส่วนเครื่องกลั่น A2 ได้ปริมาณ สารละลายอยู่ในช่วง 9.75-31 มล. ปริมาณสารละลายรวมใน 7 วัน เท่ากับ 171 มล. และเครื่องกลั่น A3 ได้ปริมาณสารละลายอยู่ในช่วง 7.75-30 มล. ปริมาณสารละลายรวมใน 7 วัน เท่ากับ 155 มล. และพบว่า วันที่กลั่นได้มากที่สุดคือวันที่ 2 โดยสามารถกลั่นได้ถึง 35 มล. ทั้งนี้เนื่องจากวันที่ 2 มีอุณหภูมิระหว่าง วันสูงที่สุดดังจะกล่าวต่อไป จึงอาจทำให้กลั่นได้ปริมาณมากขึ้น ส่วนวันที่กลั่นได้น้อยที่สุดคือวันที่ 7 และ พบว่าระบบกลั่นทั้ง 3 เครื่อง สามารถกลั่นสารละลายได้ปริมาณใกล้เคียงกัน และมีแนวโน้มไปในทิศทาง เดียวกัน ภาพที่ 9 แสดงประสิทธิภาพในการกลั่นของเครื่อง A1 พบว่าอยู่ในช่วง 3-10% ประสิทธิภาพรวม ของเครื่องกลั่น A1 ทั้ง 7 วันสามารถกลั่นได้รวม 56.4% เครื่องกลั่น A2 มีประสิทธิภาพการกลั่นอยู่ในช่วง 3.3-10.6% ประสิทธิภาพรวมของเครื่องกลั่น A2 ทั้ง 7 วันสามารถกลั่นได้ 56.7% และเครื่องกลั่น A3 มีประสิทธิภาพการกลั่นอยู่ในช่วง 2.5-11.3% ประสิทธิภาพรวมของเครื่องกลั่น A3 ทั้ง 7 วันสามารถกลั่นได้ 50.5% วันที่มีประสิทธิภาพการกลั่นดีที่สุดคือวันที่ 2 วันที่กลั่นน้ำได้น้อยที่สุดคือวันที่ 7 และจะเห็นได้ว่า เครื่องกลั่นน้ำ A2 มีประสิทธิภาพการกลั่นดีที่สุดแต่ไม่ต่างจากเครื่องกลั่นอื่นมากนัก



ภาพที่ 8 ปริมาณสารละลายจากเครื่องกลั่น



ภาพที่ 9 ประสิทธิภาพการกลั่นของเครื่องกลั่น

5. ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสีย

5.1 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าบ่อกักน้ำเสีย

จากตารางที่ 2 พบว่า เมื่อพิจารณาค่า pH ของน้ำเสีย และสารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่น A1-A3 พบว่า ค่า pH ของสารละลายมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาค่า SS ในสารละลาย พบว่าเครื่องกลั่น A1-A3 มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 12.12-22.73 และมีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ร้อยละ 58.33-62.03

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราก่อนเข้าบ่อกักด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

สมบัติ	A1			A2			A3		
	ก่อน	หลัง	% การกำจัด	ก่อน	หลัง	% การกำจัด	ก่อน	หลัง	% การกำจัด
pH	4.88	4.67		4.88	4.82		4.88	4.69	
SS (mg/l)	66	56	15.15	66	51	22.73	66	58	12.12
BOD (mg/l)	5,109	1,940	62.03	5,109	2,129	58.33	5,109	1,966	61.52

5.2 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากบ่อกักน้ำเสีย

จากตารางที่ 3 พบว่า เมื่อพิจารณาค่า pH ของน้ำเสีย และสารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่น A1-A3 พบว่า ค่า pH ของสารละลายมีค่าต่ำกว่าน้ำเสียเล็กน้อย และเมื่อพิจารณาค่า SS ในสารละลาย พบว่าเครื่องกลั่น A1-A3 มีประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย ร้อยละ 50.82-69.87 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าบ่อกักน้ำเสีย จะพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัดของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อกักน้ำเสียมีค่าต่ำกว่าการบำบัดน้ำเสียในบ่อกักน้ำเสีย เครื่องกลั่น A1-A3 มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD ร้อยละ 69.39-70.00 เมื่อเปรียบเทียบกับประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียก่อนเข้าบ่อกักน้ำเสีย จะพบว่า ประสิทธิภาพในการบำบัด BOD ของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อกักน้ำเสียมีค่าต่ำกว่าการบำบัดน้ำเสียในบ่อกักน้ำเสียเล็กน้อย

ตารางที่ 3 ประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากระบบการแปรรูปยางพาราในบ่อบำบัดด้วยระบบกลั่นน้ำ
พลังงานแสงอาทิตย์

สมบัติ	A1			A2			A3		
	ก่อน	หลัง	% การกำจัด	ก่อน	หลัง	% การกำจัด	ก่อน	หลัง	% การกำจัด
pH	5.28	5.25		5.28	5.22		5.28	5.26	
SS (mg/l)	122	58	52.46	122	54	55.74	122	60	50.82
BOD (mg/l)	7,090	2,170	69.39	7,090	2,136	69.87	7,090	2,127	70.00

6. สมบัติของสารละลายที่ได้จากระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

สมบัติของสารละลายที่ได้จากระบบกลั่น พบว่า ค่า pH ของสารละลายจากเครื่องกลั่น A1-A3 มีค่า pH อยู่ในช่วง 4.67–5.26 จะเห็นได้ว่าสารละลายจากน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสียมียุ่ค่า pH ต่ำกว่า สารละลายจากน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสีย (pH 5.5–9.0) ค่า SS ของสารละลายจากเครื่อง A1–A3 มีค่าอยู่ใน ช่วง 54–60 มก./ล. ค่า SS ของสารละลายจากน้ำเสียทั้งในบ่อบำบัดน้ำเสีย และก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสียมียุ่ค่า ไม่แตกต่างกันมากนัก ค่า BOD ของสารละลายจากเครื่องกลั่น A1–A3 มีค่าอยู่ในช่วง 1,940–2,170 มก./ล. ซึ่งสารละลายจากน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสียมียุ่ค่า BOD ต่ำกว่าสารละลายจากน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสีย เล็กน้อย ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สมบัติทางเคมีของสารละลายจากเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์

สมบัติ	หน่วย	A1		A2		A3		ค่า มาตรฐาน
		น้ำเสียก่อน เข้าบ่อบำบัด	น้ำเสียจาก บ่อบำบัด	น้ำเสียก่อน เข้าบ่อบำบัด	น้ำเสียจาก บ่อบำบัด	น้ำเสียก่อน เข้าบ่อบำบัด	น้ำเสียจาก บ่อบำบัด	
pH		4.67	5.25	4.82	5.22	4.69	5.26	5.5-9.0
SS	mg/l	56	58	51	54	58	60	30
BOD	mg/l	1,940	2,170	2,129	2,136	1,966	2,127	20

อภิปรายผลการวิจัย

ค่า pH ของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ พบว่ามีค่า 4.88 สำหรับน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย และมีค่า 5.28 สำหรับน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสีย ส่วนค่า SS ในน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่า 122 มก./ล. ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hathaisamit (2004) ที่รายงานค่า pH ของน้ำเสียจากการทำน้ำยางพาราชั้นว่าอยู่ในช่วง 4-6 ส่วนค่า SS ระบุไว้ 100-200 มก./ล. แต่สำหรับค่า SS ของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัดมีค่าเท่ากับ 66 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ Hathaisamit (2004) รายงานไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำเสียส่วนนี้ยังไม่ได้ผ่านดิน และยังไม่ได้ถูกกักเก็บไว้ในบ่อบำบัด ส่วนค่า BOD ของน้ำเสียในบ่อบำบัดน้ำเสีย และก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 7,090 มก./ล. และ 5,109 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hathaisamit (2004) ที่รายงานค่า BOD ของน้ำเสียจากการทำน้ำยางพาราชั้นว่ามีค่าอยู่ในช่วง 5,000-8,000 มก./ล. โดยสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราที่ศึกษานั้น มีค่าไม่ผ่านเกณฑ์ค่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากประกาศกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม เรื่องกำหนดมาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ที่กำหนดให้ ค่าความเป็นกรดและด่าง 5.5-9 ค่า BOD ไม่เกิน 20 มก./ล. ค่า SS ไม่เกิน 30 มก./ล.

ค่า pH ของน้ำเสียจากบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่ามากกว่าน้ำเสียก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย ส่วนค่า SS มีค่าสูงเกินค่ามาตรฐาน และพบว่าน้ำเสียจากจุดบ่อบำบัดน้ำเสียมีค่าสูงกว่าในน้ำเสียจุดก่อนเข้าบ่อบำบัดน้ำเสีย อาจเกิดจากการที่บ่อบำบัดน้ำเสียเป็นบ่อบำบัดซึ่งส่งผลต่อค่า SS นั้นเอง ซึ่งการที่น้ำเสียไหลผ่านดินอาจทำให้ค่า pH สูงขึ้นด้วย

น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารามีค่า pH เป็นกรด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำจากเครื่องรีดยาง เป็นน้ำที่ฉีดพ่นในการรีดยางเพื่อล้างกรดซัลฟูริก หรือ กรดฟอร์มิก ที่ติดอยู่ที่ยางสีกิม เพื่อให้ยางสีกิมที่ได้มีคุณภาพดี (Poukkoe, 2014) และนอกจากนี้หลังจากต้นยางถูกกรีดในตอนเช้าแล้วเกษตรกรจะทำการผลิตยางพาราแผ่น โดยการเติมกรดเข้มข้นลงไป ซึ่งมีการใช้กรดอินทรีย์และกรดกำมะถันเพื่อให้ยางจับตัวกันเป็นก้อน ก่อนนำไปเข้าเครื่องรีดยางให้เป็นแผ่นตามขนาดที่ต้องการส่งขาย ดังนั้นขั้นตอนการผลิตยางพาราแผ่น จึงมีน้ำเสียปริมาณมากเกิดขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการผสมกรดเข้มข้นร่วมกับน้ำยางสด และกระบวนการล้างยางแผ่นก่อนแปรรูปเป็นแผ่นยางพาราดิบ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงมีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูงและมีค่าความเป็นกรดสูง (Wongseela, 2014)

ค่า BOD จาก 2 จุดเก็บตัวอย่าง มีค่าที่สูงกว่าค่ามาตรฐานที่กำหนดไว้อย่างมาก น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารามีกลิ่นของกรด และหากเก็บไว้นานจะมีกลิ่นเหม็น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยทั่วไปน้ำยางสดประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 36 เนือยางแห้งร้อยละ 33 โปรตีน และไขมันร้อยละ 1.0-1.2 คาร์โบไฮเดรต และเถ้าร้อยละ 1.0 ความหนาแน่นประมาณ 0.975-0.980 กรัม/มิลลิลิตร และมีค่าความเป็นกรด-ด่าง 6.5-7.0 ซึ่งส่วนประกอบกลุ่มโปรตีน ไขมัน และคาร์โบไฮเดรตเกิดการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ ส่งกลิ่นเหม็นได้ น้ำยางที่ได้จากต้นยางประกอบด้วยส่วนที่เป็นยาง และส่วนที่ไม่ใช่ยาง ส่วนที่ไม่ใช่ยางนี้ เมื่อรวมตัวกันแล้วจะมีปริมาณ 4 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และแร่ธาตุ

ต่างๆ สารประกอบเหล่านี้บางส่วนจะจับตัวกับยาง แต่ส่วนใหญ่อยู่ในเซรุ่ม (ส่วนที่เป็นน้ำยาง) แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียได้ โดยปกติน้ำยางที่อยู่ในต้นยางจะสะอาดปราศจากจุลินทรีย์ แต่เมื่อออกจากต้นยางแล้วจะมีจุลินทรีย์ปะปนทันทีโดยอาจจะมาจากรอยแผลที่กรีดเปลือกต้นยาง เนื่องจากในน้ำยางมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ จุลินทรีย์จึงสามารถเจริญเติบโตในน้ำยางได้อย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์ที่พบในน้ำยางมีมากกว่า 100 ชนิด และที่พบมากคือ *Micrococcus*, *Serratia*, *Bacillus* และ *Escherichia* เมื่อทิ้งน้ำยางไว้นานๆ จะเกิดกลิ่นเหม็นมาก ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารเคมีต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น เพื่อเป็นการรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้เน่าเสีย ด้วยเหตุนี้ในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจึงมีสารเคมีต่างๆ ปะปนออกมากับน้ำเสียด้วย (Hathaisamit, 2004)

การศึกษาอุณหภูมิของระบบกลั่นโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ ทั้งนี้อาจจะเป็นเพราะอุปกรณ์ของเครื่องกลั่นส่วนใหญ่เป็นสแตนเลสซึ่งสามารถดูดซับความร้อนได้ดีจึงทำให้บริเวณที่ใกล้กับส่วนที่เป็นสแตนเลสอุณหภูมิสูงกว่าส่วนที่อยู่ไกลจากสแตนเลส วัสดุสแตนเลสในการดูดกลืนพลังงานแสงแดด และยังเป็นตัวช่วยในการเก็บกักความร้อนให้มีระยะเวลาการกลั่นน้ำที่นานขึ้น ตามทฤษฎีที่ว่า “บางส่วนสะท้อนกลับออกไปเลย บางส่วนสะท้อนเข้าไปในพื้นผิวสีดำ (Black Plate) เมื่อรังสีที่เข้ามากระทบ ณ บริเวณผิวของพื้นผิวสีดำ (Black Plate) จะเป็นคลื่นสั้นแต่เมื่อรังสีถูกส่งผ่านเข้ามาในวัตถุจะเปลี่ยนเป็นคลื่นยาว ซึ่งคลื่นยาวนี้จะให้ความร้อนกลายเป็นพลังงานความร้อนและรังสีความร้อนจะถูกกักเก็บไว้โดย Bright metallic electroplating” (Thanavinidjaroen & Sirisut, 2003) รวมทั้งอุณหภูมิในบรรยากาศมีผลต่ออัตราการกลั่น หากอุณหภูมิบรรยากาศไม่สูง จึงอาจทำให้กลั่นได้น้อย

เมื่อเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชนพบว่า สารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่นทั้ง 3 เครื่อง มีค่าเกินมาตรฐานดังกล่าวซึ่งไม่สามารถทิ้งลงสู่ลำรางสาธารณะได้ หากต้องการทิ้งสารละลายสู่ลำรางสาธารณะควรบำบัดด้วยระบบอื่นเพิ่มเติมก่อน แต่อย่างไรก็ตาม จากสมบัติของสารละลายดังกล่าวอาจสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำในกระบวนการแปรรูปยางพาราเพื่อทดแทนกรดฟอร์มิก หรือกรดซัลฟูริกได้

สรุปผลการวิจัย

น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราเสียก่อนเข้าบ่อกักมีกลิ่นเหม็นของกรด มีสีขุ่น ค่า pH เท่ากับ 4.88 ค่า SS เท่ากับ 66 มก./ล. ค่า BOD เท่ากับ 5,109 มก./ล. ส่วนน้ำเสียจากบ่อกัก มีกลิ่นเหม็นของกรด และกลิ่นคล้ายยางเน่า มีสีเทาขุ่น ค่า pH เท่ากับ 5.28 ค่า SS เท่ากับ 122 มก./ล. ค่า BOD เท่ากับ 7,090 มก./ล. ระบบกลั่นที่ออกแบบและสร้างเป็นระบบขนาดเล็ก สามารถกลั่นได้ในช่วง 8.75-36 มล./วัน การระเหยน้ำเสีย 300 มล. สามารถระเหยให้หมดภายในเวลา 7 วัน ประสิทธิภาพการกลั่นของเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่อยู่ในช่วง 50.5-56.7 % อุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบกลั่นทุกเครื่อง พบว่าอุณหภูมิบริเวณได้น้ำมีค่าสูงที่สุด เฉลี่ย 44.43 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิบรรยากาศมีค่าต่ำที่สุด เฉลี่ย 33.87 องศาเซลเซียส สารละลายจากเครื่องกลั่นมีกลิ่นน้อยกว่าน้ำเสีย มีสีใสกว่า

น้ำเสีย ค่า pH อยู่ในช่วง 4.22-5.26 ค่า SS อยู่ในช่วง 51-60 มก./ล. และมีค่า BOD อยู่ในช่วง 1,940-2,195 มก./ล. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน ดังนั้นหากต้องการบำบัดให้น้ำได้ต่ำกว่าค่ามาตรฐานจึงจำเป็นต้องมีระบบบำบัดขั้นที่ 2 หรือ 3 ต่อไปอีก ส่วนสารละลายจากเครื่องกลั่นอาจสามารถนำกลับไปใช้ซ้ำในกระบวนการแปรรูปยางพาราเพื่อทดแทนกรดฟอสฟอริก หรือกรดซัลฟูริกได้ ส่วนประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 12.12-69.87% และประสิทธิภาพในการกำจัด BOD อยู่ในช่วง 57.37-72.57%

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำเสีย และสารละลาย เพิ่มเติม เช่น ค่า COD และ TKN เป็นต้น
2. ควรศึกษาสมบัติอื่น ๆ ของยางก้อนที่จับตัวด้วยสารละลายจากเครื่องกลั่น เปรียบเทียบกับยางก้อนที่จับตัวด้วยกรดฟอสฟอริก หรือ กรดซัลฟูริก ทั้งสมบัติทางเคมี และกายภาพ
3. ควรทดลองใช้วัสดุดูดซับความร้อนเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระเหย และกลั่นน้ำของระบบกลั่น
4. ควรศึกษาอุณหภูมิในระบบกลั่นโดยเก็บข้อมูลต่อเนื่องทั้งวัน โดยแบ่งเก็บเป็นช่วง ช่วงละ 10 นาที
5. ควรศึกษาและออกแบบให้ระบบกลั่นให้มีอุณหภูมิภายในสูงขึ้นเพื่อให้ได้สารละลายจากเครื่องกลั่นมากขึ้น
6. ควรออกแบบและสร้างระบบกลั่นแบบขยายขนาดของเครื่องกลั่นจากห้องปฏิบัติการ (Lab scale) เป็นต้นแบบเพื่อให้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่จริงได้ (Pilot scale) เพื่อสามารถกลั่นให้ได้สารละลายมากเพื่อนำมาทดแทนกรดที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปยางพารา

References

- APHA. AWWA & WEF. (1995). *Standard Methods for Examination of Water and Wastewater*. 19th ed. Washington DC: Publication Office American Public Health Association.
- Billy, W. (1999). *Disposal of Leachate by Evaporation Process*. (Master's thesis) Chulalongkorn University Bangkok. (in Thai).
- Department of Health. (2005). *Manual of Public Health ACT, B.E. 2535*. 3rd ed. Bangkok: Express Transportation Organization of Thailand Press. (in Thai).
- Dind, P H. & Schmid, H. (1978). Application of solar evaporation to waste water treatment in galvanoplasty. *Solar Energy*, 20, 208-211.

- Haralambopoulos, D. A., Biskos, G., Halvadakis, C. & Lekkas, T.D. (2002). Dewatering of wastewater sludge through a solar still. *Renewable Energy*, 26, 247-256.
- Hathaisamit, K. (2004). *Wastewater Treatment from Latex Industry by 2 Stage UASB*. (Master's thesis). KMUTT, Bangkok. (in Thai)
- Nimpraya, W., Sukruksa & Theerakarunnawong, C. (2013). Photocatalytic degradation of maleic acid in synthetic wastewater using TiO₂ under UV light. *SDU Res. J.*, 6(2: Jul-Dec), 85-96. (in Thai).
- Pochanajan, P. (2008). A Study of the Use of Cattail (*Typha angustifolia* Linn.) for Treatment of Domestic Wastewater in Nonthaburi Province. *SDU Res. J.*, 1(1: Jan-Dec), 31-44. (in Thai).
- Potoglou, D., A., Kouzeli-Katsiri & Haralambopoulos, D. (2003). Solar distillation of olive mill wastewater. *Renewable Energy*, 29, 569-579.
- Poukkoe Somdull. (2014). *How to produce rubber sheet rubber*. Retrieved September 3, 2014, from <http://www.aopdr01.doe.go.th/sheet%20%20rubber.htm> (in Thai).
- Rirayakan, I. (2013). Wastewater Treatment by Effective Microorganism Ball: A Case Study of Wastewater Sample from San Sab Canal. *SDU Res. J.*, 6(2: Jul-Dec), 153-168. (in Thai).
- Suksabye, P. (2012). Wastewater Treatment from Steel Pipe Joint Factory by Chemical Coagulation and Adsorption. *SDU Res. J.*, 5(1: Jan-Jun), 1 – 12. (in Thai)
- Thanavinidjaroen, M. & Sirisut, T. (2003). *A Development of an Evaporation System to Reduce Wastewater Volume*. (Bachelor of Engineering Project). RU, Thailand. (in Thai).
- Thomas, D. L., Guinn, G. R. & Thomason, B. O. (1990). Analysis of a Ventilated Solar Evaporator for Concentrating Dilute Hazardous Waste. *Solar Energy*, 45(2), 101-104.
- Thongphrom, S. (2014). Efficiency of Peat Swamp Forest as Natural Wetland for Wastewater Treatment of Ban Mai Khao Community, Thalang District in Phuket Province. *SDU Res. J.*, 7(3: Sep-Dec), 1 - 16. (in Thai).
- Tomaya, S. & Murase, K. (2004). *Solar stills made from waste materials*. *Desalination*, 169, 61-67.

- Tuprakay, S., Tuprakay, S. R. & Santisilisombun, J. (2004). *Management Wastewater from Laboratory by a Solar Energy Distillation System*. Proceedings of 13th IE Network (20-22 Oct 2004). Chiang Mai : Daungtawan Hotel. (in Thai).
- Tuprakay, S. & Tuprakay, S. R. (2012a). A Study on the Efficiency of a Solar Energy Distillation System for Wastewater Contaminated Heavy Metal. *Ramkhamhaeng Research Journal: Science and Technology*, 15(1: Jan-Jun), 40-52. (in Thai).
- Tuprakay, S. R., & Tuprakay, S. (2008). Adsorption of Lead in Sugarcane Wastewater using Bagasse Ash Adsorbents. *SDU Res. J.*, 1(1: Jan-Dec), 1 – 11. (in Thai).
- Tuprakay, S., Tuprakay, S. R. & Jaibun, C. (2012b). A Study on the Efficiency of a Dome Solar Energy Distillation System for Wastewater Contaminated Heavy Metal. *Ramkhamhaeng Journal : Technology and Science*, 23(1: Jan-Jun), 44-45. (in Thai).
- Udomsinrot, K. (2003). Wastewater Treatment by a Green House. *Technic magazine*, 221(Mar), 133-136. (in Thai).
- Wongsrila Kaisorn. (2014). *Rubber*. Retrieved September 3, 2014, from <http://www.ertc.deqp.go.th /ertc/images/stories/user/water/water8/เอกสารเผยแพร่/บทความยางพารา.pdf> (in Thai).

คณะผู้เขียน

ดร.สิรวัลล์ เรืองช่วย คู่ประกาย

หลักสูตรสิ่งแวดล้อมเมืองและอุตสาหกรรม

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสวนดุสิต

228/1-3 ถนนสิรินธร แขวงบางพลัด เขตบางพลัด กรุงเทพฯ 10700

e-mail: sirawanr@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสรีย์ คู่ประกาย

สาขาวิชาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง

ถนนรามคำแหง หัวหมาก บางกะปิ กรุงเทพฯ 10240

e-mail: seree.t@gmail.com