# บทที่ 5
# สรุปผลการศึกษา อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษาเรื่องการรีไซเคิลน้ำเสียจากการแปรรูปยางพาราในชุมชนด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาสมบัติของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราในชุมชน ศักยภาพของวัสดุสำหรับสร้างระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ ออกแบบและสร้างระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ ศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราในชุมชนด้วยระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ และศึกษาสมบัติของสารละลายที่ได้จากระบบกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ ซึ่งสรุปผลการศึกษา และอภิปรายผลได้ดังนี้

**สรุปผลการศึกษา**

1. น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารา จากบ่อพักน้ำเสีย มีกลิ่นเหม็นของกรด และกลิ่นคล้ายยางเน่า มีสีเทาขุ่น ค่า pH เท่ากับ 5.28 ค่า SS เท่ากับ 122 มก./ล. ค่า BOD เท่ากับ 7090 มก./ล. ส่วนน้ำเสียก่อนเข้าบ่อพักน้ำเสียมีกลิ่นเหม็นของกรด มีสีขาวขุ่น ค่า pH เท่ากับ 4.88, ค่า SS เท่ากับ 66 มก./ล. ค่า BOD เท่ากับ 5109 มก./ล.

2. ระบบกลั่นที่ออกแบบและสร้างเป็นระบบขนาดเล็ก (Lab scale) สามารถกลั่นได้ในช่วง 8.75-36 มล./วัน การระเหยน้ำเสีย 300 มล. ให้หมดใช้เวลา 7 วัน

3. ประสิทธิภาพการกลั่นของเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่ไม่มีตัวดูดซับความร้อนอยู่ในช่วง 50.5- 56.7 % ส่วนเครื่องกลั่นพลังงานแสงอาทิตย์ที่มีหินดำตัวดูดซับความร้อนอยู่ในช่วง 53.0-57.5 %

4. อุณหภูมิทั้ง 4 ตำแหน่งของระบบกลั่นทุกเครื่อง พบว่าอุณหภูมิบริเวณใต้น้ำมีค่าสูงที่สุด เฉลี่ย 44.43 องศาเซลเซียส ส่วนอุณหภูมิบรรยากาศมีค่าต่ำที่สุด เฉลี่ย 33.87 องศาเซลเซียส

5. ระบบกลั่นที่ไม่มีหินดำเป็นวัสดุดูดซับความร้อนจากดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิในระบบกลั่นต่ำกว่าระบบกลั่นที่มีหินดำเป็นวัสดุดูดซับความร้อนจากดวงอาทิตย์เล็กน้อย แต่ให้ปริมาณสารละลายไม่แตกต่างกัน และมีประสิทธิภาพในการระเหยน้ำเสียไม่แตกต่างกันมากนัก

6. สารละลายจากเครื่องกลั่นมีกลิ่นฉุนน้อยกว่าน้ำเสีย มีสีใสกว่าน้ำเสีย ค่า pH อยู่ในช่วง 4.22 - 5.26, ค่าของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 51-60 มก./ล. และมีค่า BOD อยู่ในช่วง 1940-2195 มก./ล. ซึ่งเกินค่ามาตรฐานควบคุมการระบายน้ำทิ้งจากระบบบำบัดน้ำเสียรวมของชุมชน

7. ประสิทธิภาพในการกำจัดของแข็งแขวนลอย อยู่ในช่วง 12.12-69.87 % และประสิทธิภาพในการกำจัด BOD อยู่ในช่วง 57.37-72.57 %

8. สารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่นทำให้น้ำยางสดแข็งตัวได้ โดยใช้เวลา 45 นาที นานกว่าการกรดซัลฟูริก และกรดฟอร์มิก ประมาณ 15 นาที

**อภิปรายผล**

ค่า pH ของน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ พบว่ามีค่า 5.28 สำหรับน้ำเสียจากบ่อพักน้ำเสีย และมีค่า 4.88 สำหรับน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสีย ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ขนิษฐา หทัยสมิทธ์ (2547) ที่รายงานค่า pH ของน้ำเสียจากการทำน้ำยางพาราข้นว่าอยู่ในช่วง 4-6 ส่วนค่าของแข็งแขวนลอยในน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสียมีค่า 122 มก./ล. ซึ่งสอดคล้องกับรายงานของ ขนิษฐา หทัยสมิทธ์ (2547) ที่ระบุไว้ 100-200 มก./ล. แต่สำหรับค่าของแข็งแขวนลอยของน้ำเสียก่อนเข้าบ่อพักน้ำเสียมีค่าเท่ากับ 66 มก./ล. ซึ่งต่ำกว่าค่าที่ขนิษฐา หทัยสมิทธ์ รายงานไว้ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากน้ำเสียส่วนนี้ยังไม่ได้ผ่านดิน และยังไม่ได้ถูกกักเก็บไว้ในบ่อดิน ส่วนค่า BOD ของน้ำเสียในบ่อพักน้ำเสีย และก่อนเข้าบ่อพักน้ำเสีย มีค่าเท่ากับ 7090 มก./ล. และ 5109 มก./ล. ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกันงานวิจัยของ ขนิษฐา หทัยสมิทธ์ (2547) ที่รายงานค่า BOD ของน้ำเสียจากการทำน้ำยางพาราข้นว่ามีค่าอยู่ในช่วง 5000-8000 มก./ล. ค่า BOD ของน้ำเสียที่ศึกษาครั้งนี้เป็นน้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพาราในชุมชนของเกษตรกร ซึ่งอาจมีค่าสูงกว่าน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำข้นลาเท็กซ์ ที่ สุเทพ สิริวิทยาปกรณ์ (2531) รายงานไว้ว่า น้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำข้นลาเท็กซ์ที่ มีค่าบีโอดีเฉลี่ย 800 มก./ล.

น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารามีกลิ่นของกรด และหากเก็บไว้นานจะมีกลิ่นเหม็น ทั้งนี้อาจเป็นเพราะโดยทั่วไปน้ำยางสดประกอบด้วยสารที่เป็นของแข็งทั้งหมดร้อยละ 36 เนื้อยางแห้งร้อยละ 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 และแร่ธาตุต่างๆ สารประกอบเหล่านี้บางส่วนจะจับตัวกับยาง แต่ส่วนใหญ่อยู่ในเซรุ่ม (ส่วนที่เป็นน้ำยาง) แม้จะมีปริมาณเพียงเล็กน้อยแต่ก็เป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียได้ โดยปกติน้ำยางที่อยู่ในต้นยางจะสะอาดปราศจากจุลินทรีย์ แต่เมื่อออกจากต้นยางแล้วจะมีจุลินทรีย์ปะปนทันทีโดยอาจจะมาจากรอยแผลที่กรีดเปลือกต้นยาง เนื่องจากในน้ำยางมีทั้งสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ต่างๆ จุลินทรีย์จึงสามารถเจริญเติบโตในน้ำยางได้อย่างรวดเร็ว จุลินทรีย์ที่พบในน้ำยางมีมากกว่า 100 ชนิด และที่พบมากคือ Micrococcus, Serratia, Bacillus และ Escherichia เมื่อทิ้งน้ำยางไว้นานๆ จะเกิดกลิ่นเหม็นมาก ดังนั้นจึงต้องมีการเติมสารเคมีต่างๆ ดังที่กล่าวมาแล้วในข้างต้น เพื่อเป็นการรักษาสภาพน้ำยางไม่ให้เน่าเสีย ด้วยเหตุนี้ในน้ำเสียจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นจึงมีสารเคมีต่างๆ ปะปนออกมากับน้ำเสียด้วย (ขนิษฐา หทัยสมิทธ์, 2547)

น้ำเสียจากกระบวนการแปรรูปยางพารามีค่า pH เป็นกรด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำจากเครื่องรีดยางเป็นน้ำที่ฉีดพ่นในการรีดยางเพื่อล้างกรดซัลฟูริก หรือ กรดฟอร์มิก ที่ติดอยู่ที่ยางสกิม เพื่อให้ยางสกิมที่ได้มีคุณภาพดี (สมดุล พวกเกาะ, 2551) และนอกจากนี้หลังจากต้นยางถูกกรีดในตอนเช้ามืดแล้ว เกษตรกรสวนยางจะทำการผลิตยางพาราแผ่น โดยการเติมกรดเข้มข้นลงไป ซึ่งมีการใช้กรดอินทรีย์และกรดกำมะถันเพื่อทำให้น้ำยางจับตัวกันเป็นก้อน ก่อนนำไปเข้าเครื่องรีดยางให้เป็นแผ่นตามขนาด

ที่ต้องการส่งขาย ดังนั้นขั้นตอนการผลิตยางพาราแผ่น จึงมีน้ำเสียปริมาณมากเกิดขึ้น เนื่องจากขั้นตอนการผสมกรดเข้มข้นร่วมกับน้ำยางสด และกระบวนการล้างยางแผ่นก่อนแปรรูปเป็นแผ่นยางพาราดิบ น้ำเสียที่เกิดขึ้นจึงมีความสกปรกในรูปของสารอินทรีย์ค่อนข้างสูงและมีค่าความเป็นกรดสูง (ไกรสร วงศรีลา, 2550)

สารละลายที่ได้จากเครื่องกลั่นทำให้น้ำยางสดแข็งตัวได้ โดยใช้เวลา 45 นาที นานกว่าการกรดซัลฟูริก และกรดฟอร์มิก ประมาณ 15 นาที ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเป็นกรดของสารละลายที่ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ พิเชต จินต์นุพงศ์ (2552) ที่ศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพจากผลไม้แทนน้ำส้มฆ่ายาง มีการนำน้ำหมักชีวภาพมาใช้แทนน้ำกรด ซึ่งพบว่าการใช้น้ำหมักชีวภาพแทนน้ำกรดได้ผลดี ทำให้ขี้ยางไม่มีกลิ่นเหม็น และไม่เป็นอันตรายต่อตัวเกษตรกร โดยน้ำหมักชีวภาพจากผลไม้สุกที่มีรสเปรี้ยว มีคุณสมบัติของความเป็นกรด หากยิ่งมีรสเปรี้ยวมากจะยิ่งมีความเป็นกรดสูง จะทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนได้ดีขึ้น เนื่องจากพบว่าการผลิตเศษยางหรือขี้ยาง ส่วนใหญ่เกษตรกรมักจะใช้กรดฟอร์มิกหยดลงในถ้วยน้ำยาง เพื่อทำให้น้ำยางจับตัวเป็นก้อนเร็วขึ้น แต่ไอระเหยจากกรดชนิดนี้มีผลต่อระบบทางเดินหายใจ และหากไม่ระมัดระวังทำน้ำกรดฟอร์มิกกระเด็นไปถูกหน้ายาง ก็จะทำให้เกิดอาการเปลือกแห้งได้ นอกจากนี้สุบิน สีทน และ สายสมร ลำลอง (2555) ศึกษาการใช้น้ำหมักชีวภาพมะม่วงดิบและน้ำหมักชีวภาพแตงโมเป็นสานจับตัวยางต่อสมบัติของยางดิบ น้ำยางธรรมชาติเป็นส่วนที่มาจากต้นไม้ชื่อ Hevea Basiliensis โดยปกติจะใช้กรดเพื่อเป็นสารจับตัวน้ำยางในกระบวนการผลิตยางแผ่นดิบ น้ำหมักชีวภาพเป็นผลิตภัณฑ์จากการหมักผลไม้ถูกนำมาใช้เป็นสารจับตัวยางเพื่อลดต้นทุนในกระบวนการผลิต เนื่องจากน้ำหมักชีวภาพเหล่านี้ เป็นผลิตจากวัสดุหมุนเวียนที่เป็นทางเลือกใหม่เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของราคาน้ำมัน งานวิจัยนี้ ได้ศึกษาผลของสารจับตัวน้ำยางต่อสมบัติทางกายภาพและสมบัติเชิงกลของแผ่นยางดิบ สีของยางแผ่นดิบที่จับตัวด้วยน้ำหมักชีวภาพมีสีเข้มกว่ายางแผ่นดิบที่จับตัวด้วยกรด

**ข้อเสนอแนะ**

1. ควรออกแบบ และสร้างระบบกลั่นแบบขยายขนาดของเครื่องกลั่นจาก Lab scale เป็น Field scale เพื่อให้สามารถนำไปใช้ในพื้นที่จริงได้

2. ควรศึกษาสมบัติทางเคมีของน้ำเสีย และสารละลาย เพิ่มเติม เช่น ค่า COD และ TKN เป็นต้น

3. ควรศึกษาสมบัติอื่น ๆ ของยางก้อนที่จับตัวด้วยสารละลายจากเครื่องกลั่น เปรียบเทียบกับยางก้อนที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิก หรือ กรดซัลฟูริก ทั้งสมบัติทางเคมี และกายภาพ

4. ควรทดลองใช้วัสดุดูดซับความร้อนชนิด และขนาดอื่น ๆ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการระเหย และกลั่นน้ำของระบบกลั่นน้ำ

5. ควรศึกษาอุณหภูมิในระบบกลั่นโดยเก็บข้อมูลต่อเนื่องทั้งวัน โดยแบ่งเก็บเป็นช่วง ช่วงละ 10 นาที

6. ควรศึกษา และออกแบบให้ระบบกลั่นให้มีอุณหภูมิภายในสูงขึ้น