

การจัดการซีรุ่มน้ำทิ้งโดยเทคโนโลยีการรักษาสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าและลดการเกิดแก๊สมีเทนในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

เจนจิรา ภูริรักษ์พิติกกร¹ และอรุวรรณ ศิริรัตน์พิริยะ²

¹สาขาวิชาเทคโนโลยีและการจัดการพลังงาน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

²สถาบันวิจัยสภาวะแวดล้อม จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

บทคัดย่อ

ซีรุ่มน้ำทิ้งเป็นน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการสกิมของโรงงานผลิตน้ำยางข้น ซึ่งเป็นแหล่งน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีมากที่สุด มีผลให้ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศเพื่อลดค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวมภายในโรงงานมากขึ้น ขณะเดียวกันซีรุ่มน้ำทิ้งดังกล่าวยังสามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืชได้ แต่ยังคงมีข้อจำกัดในการใช้ประโยชน์เนื่องจากเสียสภาพได้ในเวลาอันสั้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในซีรุ่มน้ำทิ้งเหล่านั้น ดังนั้นเทคโนโลยีการรักษาสภาพซีรุ่มน้ำทิ้งด้วยสารกันบูดจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจ ซึ่งนำไปสู่การลดการใช้พลังงานไฟฟ้าและการเกิดแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นได้เป็นอย่างดี จึงวางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ มี 10 ดำรับทดลอง ประกอบด้วยซีรุ่มน้ำทิ้งที่เติมสารกันบูด 3 ชนิด ชนิดละ 3 ระดับความเข้มข้น และซีรุ่มน้ำทิ้งที่ไม่เติมสิ่งทดลอง โดยหนึ่งหน่วยการทดลอง คือ ขวดพลาสติกประเภท High Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 1000 ซีซี อีกทั้งทำการตรวจวัดปริมาณแก๊สมีเทนจากซีรุ่มน้ำทิ้งโดยใช้เทคนิค Fourier Transform Infrared (FT-IR)

ผลการศึกษา พบว่า สารกันบูดที่รักษาสภาพซีรุ่มน้ำทิ้งได้ดีที่สุด คือ โฟแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้น 0.20% สามารถรักษาสภาพซีรุ่มน้ำทิ้งได้ยาวนานถึง 30 วัน โดยที่ยังคงรักษาปริมาณธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ของพืชภายในซีรุ่มน้ำทิ้งไว้ได้ และมีผลให้ปริมาณโพแทสเซียมในซีรุ่มน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) อีกทั้งสมบัติทางเคมีของซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังการรักษาสภาพ (pH = 7.50) อยู่ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช สำหรับค่าการนำไฟฟ้าพบว่าไม่แตกต่างทางสถิติกับซีรุ่มน้ำทิ้งที่ไม่ได้เติมสารกันบูด ทั้งนี้หากมีการบริหารจัดการโดยแยกซีรุ่มน้ำทิ้งออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน ส่งผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำทิ้งลดลง 24.78 – 42.37 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อลูกบาศก์เมตร และลดการเกิดแก๊สมีเทนขณะที่มีกระบวนการสกิมได้ถึง 4.76 มิลลิกรัมต่อลิตร

คำสืบค้น

กระบวนการผลิตน้ำยางข้น, พลังงานไฟฟ้า, แก๊สมีเทน, ซีรุ่มน้ำทิ้ง, เทคโนโลยีการรักษาสภาพ

Management of Serum Waste by Preservation Technology for Increasing Electric Energy Efficiency and Reducing Methane in the Concentrated Latex Process

Jenjira Phuriragpitikhon¹ and Orawan Siriratpiriya²

¹Energy Technology and Management Program, Graduate School, Chulalongkorn University

²Environmental Research Institute, Graduate School, Chulalongkorn University

ABSTRACT

Serum waste is the wastewater separated from skim process in the concentrated latex process. Because of high BOD within the serum the wastewater treatment system need more electricity consumption for aeration lead to reduction of BOD level. In the meantime, serum waste can be utilized as the nutrient sources for plant but its utilization has major limitation because of rapid deterioration. Therefore preservation technology by preservative materials for prolongs storage has high potential to maximize utility of the serum besides, reduction not only electricity consumption in the wastewater treatment but also greenhouse gases generated in the concentrated latex process. To clarify the possibility, the experimental research in randomized complete block design (RCBD) was conducted with 3 replication and 10 treatments (control and serum waste mixed with three concentration levels of three preservative materials). The one research unit was 1000 cc of High Density Polyethylene (HDPE) plastic bottle. In addition, methane and nitrous oxides from serum waste were measured by Fourier Transform Infrared Spectrometric (FTIR) technique.

The results showed that the best preservative material for prolong storage of the serum waste was 0.20% potassium sorbate because of preservation for 30 days, maintain macronutrient content (N, P, K) and increased potassium content in the serum waste significantly ($p \leq 0.05$). Moreover the pH was 7.50 suited for plant growth and electricity conductivity was not significant difference from the serum without preservative material. The management by draw away the serum waste instead of discharged to waste water treatment plant lead to reduction of electricity consumption in the wastewater treatment around 24.78 – 42.37 kWh/m³ and reduced methane generation about 4.76 mg/L.

KEYWORDS

Concentrated latex process, Electric energy, Methane, Serum waste, Preservation technology

1. บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศผู้ผลิตและส่งออกยางธรรมชาติมากที่สุดเป็นอันดับหนึ่งของโลก [1,2] โดยเฉพาะอย่างยิ่งทางภาคใต้ของประเทศไทยที่มีพื้นที่การปลูกยางพารามากกว่า 65 % ของพื้นที่การปลูกทั้งหมดของประเทศ [3] ทั้งนี้ในปัจจุบันอุตสาหกรรมยางรวมทั้งผลิตภัณฑ์ยางต่างๆมีแนวโน้มขยายตัวอย่างต่อเนื่องทั้งในด้านการบริโภคภายในประเทศและการส่งออก เนื่องจากยังมีความต้องการใช้ผลิตภัณฑ์จากอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางในปริมาณที่สูงขึ้น โดยยางธรรมชาติที่มีการส่งออก ได้แก่ ยางแผ่นรมควัน ยางแท่ง ยางผสม น้ำยางข้น และยางอื่นๆ

อุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยางถือเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ใช้พลังงานมาก ซึ่งรูปแบบการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางแตกต่างกันออกไปตามชนิดของผลิตภัณฑ์และระดับเทคโนโลยีที่ใช้ โดยทั่วไปจะใช้พลังงานความร้อนและพลังงานไฟฟ้าเป็นหลัก ทั้งนี้อุตสาหกรรมน้ำยางข้นซึ่งเป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมยางที่แปรรูปน้ำยางสดให้เป็นน้ำยางข้นเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น อุปกรณ์การแพทย์ ของใช้ในสำนักงาน ชิ้นส่วนรถยนต์นั้น มีการใช้พลังงานไฟฟ้ามากที่สุดถึงร้อยละ 86.55 ของพลังงานที่ใช้ทั้งหมด [4] โดยพลังงานไฟฟ้าทั้งหมดนอกจากจะใช้ในสำนักงานแล้ว ยังจะถูกใช้ในกระบวนการปั่นแยกน้ำยาง การกวนในถังเก็บน้ำยาง บีมน้ำ พัดลม และระบบบำบัดน้ำทิ้ง

เมื่อพิจารณาถึงการใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นแล้ว พบว่าระบบบำบัดน้ำทิ้งซึ่งใช้พลังงานไฟฟ้าประมาณร้อยละ 10 ของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น เป็นส่วนที่มีความเป็นไปได้ที่จะสามารถบริหารจัดการการใช้พลังงานได้โดยไม่มีผลต่อกำลังการผลิตของน้ำยางข้น โดยทั่วไปแล้วระบบบำบัดน้ำทิ้งที่นิยมใช้ในโรงงานผลิตน้ำยางข้น เป็นระบบบ่อหมักร่วมกับการใช้บ่อเติมอากาศ แม้ว่าจะเป็นระบบที่ค่าใช้จ่ายน้อยในการเดินระบบ แต่ต้องเสียค่าพลังงานไฟฟ้ามากเนื่องจากการใช้อุปกรณ์เครื่องเติมอากาศลงในน้ำทิ้งเหล่านั้น [5] เพื่อลดบีโอดีของน้ำทิ้งภายในโรงงานซึ่งมีค่าสูงถึง 4,430 – 6,900 มิลลิกรัมต่อลิตร [6,7] เมื่อพิจารณาแหล่งน้ำทิ้งต่างๆ ในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น อันได้แก่ น้ำล้างทำความสะอาดเครื่องจักร น้ำล้างพื้น น้ำจากการเติมสารเคมีเพื่อให้น้ำยางจับตัวหรือการปั่น และส่วนของหางน้ำยางภายหลังการเติมกรดซัลฟิวริกเพื่อจับตัวเนื้อยางที่เหลือกลับมาอีกครั้งในกระบวนการสกิม เรียกว่า ซีรัมน้ำยางพารา (ซีรัมน้ำทิ้ง) พบว่าบีโอดีของซีรัมน้ำทิ้งสูงถึง 13,670 – 27,650 มิลลิกรัมต่อลิตร [8-12] และมีปริมาณ 24% ของปริมาณน้ำทิ้งทั้งหมด [6] โดยซีรัมน้ำทิ้งและน้ำทิ้งจากแหล่งอื่นๆ จะเข้าสู่ระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานต่อไป การลดค่าบีโอดีของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นให้เป็นไปตามมาตรฐานคุณภาพสิ่งแวดล้อม คือ 20 มิลลิกรัมต่อลิตรก่อนปล่อยสู่สิ่งแวดล้อม ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์เติมอากาศในระบบบำบัดน้ำทิ้งเพื่อลดค่าบีโอดีจึงมีมากตามค่าบีโอดีด้วย และหากการจัดการน้ำทิ้งเหล่านั้นไม่เหมาะสมหรือไม่ได้ตามมาตรฐานดังกล่าว ย่อมส่งผลต่อปัญหาสิ่งแวดล้อม ทั้งมลพิษทางอากาศ มลพิษทางน้ำ มลพิษทางดิน ซึ่งล้วนต้องใช้พลังงานในการจัดการและแก้ไขปัญหาแทบทั้งสิ้น

ซีรัมน้ำทิ้ง นอกจากจะเป็นแหล่งน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีสูงแล้ว ยังมีองค์ประกอบของเศษยาง โปรตีน น้ำตาล ไขมันเกลืออินทรีย์และเกลืออนินทรีย์ [11,13,14] เมื่อสารอินทรีย์เหล่านั้นถูกแบคทีเรียย่อยสลายในสภาวะไร้ออกซิเจนทำให้เกิดผลพลอยได้เป็นแก๊สมีเทนซึ่งเป็นหนึ่งในแก๊สเรือนกระจก [15] ที่มีศักยภาพทำให้โลกร้อน 24 เท่าของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ แต่ในขณะเดียวกันซีรัมน้ำทิ้งยังมีส่วนประกอบของธาตุอาหาร เช่น ไนโตรเจน โปแทสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม สังกะสี [11, 16] สามารถใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารสำหรับพืชได้ ดังเช่น ใช้ปลูกต้นกล้าปาล์มน้ำมันระยะอนุบาลแรก [16] เพาะเห็ดนางฟ้า [17] ปลูกข้าว [18]

อย่างไรก็ตามการใช้ประโยชน์จากซีรัมน้ำทิ้งยังคงมีข้อจำกัด เนื่องจากมีกลิ่นเหม็นจากการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วของสารอินทรีย์ปริมาณมากในซีรัมน้ำทิ้งที่เกิดการย่อยสลายได้ในระยะเวลาอันสั้น อีกทั้งเทคโนโลยีรักษาสภาพซีรัมน้ำทิ้ง

เพื่อการใช้ประโยชน์ในแง่เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชในปัจจุบันยังมีการศึกษาวิจัยน้อยมาก โดยสาเหตุหลักของการเสื่อมสภาพของสารอินทรีย์นั้นเกิดจากการเพิ่มจำนวนและการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ประกอบกับเมื่อพิจารณาองค์ประกอบของชีวมวลน้ำทิ้ง พบว่าคล้ายคลึงกับองค์ประกอบของอาหารที่มีทั้งโปรตีน น้ำตาล ไขมัน ซึ่งเป็นแหล่งอาหารที่ดีเช่นเดียวกันกับองค์ประกอบของชีวมวลน้ำทิ้งที่จุลินทรีย์ใช้ในการเจริญเติบโต

ในปัจจุบันนิยมใช้สารเคมีที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตและทำลายจุลินทรีย์ในอาหาร เพื่อรักษาสภาพของอาหารให้มีอายุการเก็บรักษายาวนานขึ้น สารเคมีเหล่านั้นเรียกว่า “สารกันบูด” มีให้เลือกใช้หลายชนิดเพื่อให้เหมาะกับอาหารแต่ละประเภท เช่น กลุ่มของกรดเบนโซอิกและเกลือเบนโซเอท กลุ่มของกรดซอร์บิกและเกลือซอร์เบทมักใช้ในเครื่องดื่มและขนมปัง ใช้งานได้ง่ายเพราะละลายน้ำได้ดี กลุ่มของสารไนเตรทและ ไนไตรท์ใช้ได้ดีสำหรับอาหารกระป๋อง ส่วนกรดอะซีติกและกรดฟอริก นอกจากจะเพิ่มรสเปรี้ยวให้อาหารแล้วยังสามารถใช้เป็นสารกันบูดได้เช่นกัน สารกันบูดเหล่านั้นใช้ในปริมาณเพียงเล็กน้อยก็สามารถป้องกันการบูดเน่าของอาหารได้และยืดอายุการเก็บรักษาได้ [19] โดยไม่ทำให้คุณภาพหรือสภาพของอาหารเปลี่ยนแปลง การเลือกสารกันบูดที่ใช้ในการถนอมอาหารมาปรับประยุกต์ใช้เพื่อรักษาสภาพชีวมวลน้ำทิ้ง เป็นอีกวิธีหนึ่งที่มีความเป็นไปได้และน่าสนใจเพราะมีวิธีการใช้ที่ไม่ยุ่งยาก ไม่สิ้นเปลืองเวลาและพลังงานอื่นใดในขั้นตอนการรักษาสภาพเหมือนดังเช่นกรรมวิธีอื่น ๆ

ดังนั้นจึงเป็นประเด็นที่น่าสนใจที่จะปรับประยุกต์เทคโนโลยีการรักษาสภาพอาหารโดยการใช้สารกันบูดเพื่อรักษาสภาพชีวมวลน้ำทิ้ง ทั้งนี้การดึงชีวมวลน้ำทิ้งออกจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นและนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ย่อมส่งผลให้ปริมาณน้ำทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นลดลงควบคู่ไปกับการลดการใช้พลังงานไฟฟ้าภายในโรงงานผลิตน้ำยางข้นในส่วน of ระบบบำบัดน้ำทิ้ง นับเป็นทางเลือกหนึ่งในการบริหารจัดการการใช้พลังงานในอุตสาหกรรมผลิตน้ำยางข้น โดยการนำน้ำทิ้งที่เป็นแหล่งหลักของการใช้พลังงานไฟฟ้ามาใช้ให้เกิดประโยชน์ นอกจากนี้ยังช่วยลดการเกิดแก๊สเรือนกระจกที่เกิดจากชีวมวลน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำยางข้นได้อีกทางหนึ่งอีกด้วย

สำหรับงานวิจัยนี้เลือกใช้โซเดียมเบนโซเอท โพแทสเซียมซอร์เบทและกรดฟอริก เป็นสารกันบูดเพื่อรักษาสภาพชีวมวลน้ำทิ้งจากกระบวนการสกัดของโรงงานผลิตน้ำยางข้น เนื่องจากเป็นสารกันบูดที่ใช้ทั่วไปในอุตสาหกรรมอาหาร ทั้งนี้ทำการศึกษาประสิทธิภาพการใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำทิ้งจากผลของการแยกชีวมวลน้ำทิ้งทั้งหมดออกมากจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้น รวมทั้งตรวจวัดแก๊สมีเทนที่เกิดขึ้นจากกระบวนการสกัดอีกด้วย

2. วิธีการดำเนินการวิจัย

2.1 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณบีโอดีของน้ำทิ้ง (BOD Load) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัด

เก็บข้อมูลปริมาณบีโอดีของน้ำทิ้ง (BOD load: กิโลกรัม) ของโรงงานผลิตน้ำยางข้น อินเตอร์ รับเบอร์ ลาทีกซ์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี (BOD Load = ค่าบีโอดี (กิโลกรัม/ลิตร) x ปริมาณน้ำทิ้งรวม (ลิตร) รวมทั้งพลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำทิ้ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง) ในรอบปี 2553 – 2554 จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาประมวลผลทางสถิติ ด้วยชุดโปรแกรมสำเร็จรูป PASW Statistics 18 for Windows (SPSS) เพื่อพยากรณ์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีประเมินผลแบบ Curve Estimation ใช้ BOD load เป็นตัวแปรต้น (แกน X) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งเป็นตัวแปรตาม (แกน Y)

2.2 การเก็บตัวอย่างซีรัมน้ำทิ้งและการรักษาสภาพด้วยสารกันบูด

สุ่มเก็บตัวอย่างซีรัมน้ำทิ้งจากหลาย ๆ จุดจากบ่อกักซีรัมน้ำทิ้งในสายการผลิตยางสีกิม จากนั้นทำตัวอย่างรวม (Composite sample) และวิเคราะห์หาค่าบีโอดีของซีรัมน้ำทิ้งดังกล่าว สำหรับการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นการศึกษาวิจัยแบบทดลอง (Experimental research) วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design (RCBD) ทำ 3 ซ้ำ (replication) มี 10 ตำรับ ซึ่งจะแบ่งตัวอย่างซีรัมน้ำทิ้งทั้งหมดออกเป็น (10 x 3) 30 หน่วยการทดลอง หน่วยการทดลองละ 1000 ซีซี ประกอบด้วยซีรัมน้ำทิ้งที่เติมสารกันบูด 3 ชนิด ชนิดละ 3 ระดับ ความเข้มข้นในซีรัมน้ำทิ้ง ได้แก่ โซเดียมเบนโซเอท (SB) ที่ระดับความเข้มข้น 0.05% 0.10% และ 0.20% โพลีแซลไซมซอร์เบท (PS) ที่ระดับความเข้มข้น 0.10% 0.20% และ 0.30% รวมถึงกรดฟอร์มิก (FA) ที่ระดับความเข้มข้น 0.10% 0.20% และ 0.30% ตามลำดับรวมทั้งซีรัมน้ำทิ้งที่ไม่เติมสิ่งทดลอง หนึ่งหน่วยการทดลอง คือ ขวดพลาสติกประเภท High Density Polyethylene (HDPE) ขนาด 1000 ซีซี โดยเก็บรักษาตัวอย่างซีรัมน้ำทิ้งทั้งหมดไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 30 วัน

2.3 การวิเคราะห์สมบัติทางเคมีและธาตุอาหารหลักของพีชในซีรัมน้ำทิ้ง

ภายหลังเก็บรักษาตัวอย่างซีรัมน้ำทิ้งในข้อ 4.2 เป็นระยะเวลา 30 วันแล้ว นำซีรัมน้ำทิ้งทุกตำรับทดลองมาวิเคราะห์สมบัติทางเคมี ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) รวมทั้งธาตุอาหารหลักของพีช (ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม) จากนั้นนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองมาวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) หากพบว่าพารามิเตอร์ใดมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จะทำการเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ย โดยใช้ Duncan 's New Multiple Range Test (DMRT)

2.4 การศึกษาการเสื่อมสภาพของซีรัมน้ำทิ้งภายหลังการเติมสารกันบูด

แบ่งซีรัมน้ำทิ้งทั้ง 10 ตำรับทดลองในข้อ 4.2 ตำรับละ 400 มิลลิลิตร ใส่ในภาชนะแก้วสุญญากาศที่มีฝาปิดขนาด 750 มิลลิลิตร สังเกตการเปลี่ยนแปลงบนพื้นผิวของซีรัมน้ำทิ้งและประเมินการเสื่อมสภาพ โดยใช้แผ่นพลาสติกใสที่ถูกแบ่งเป็นช่องทั้งหมด 10 ช่อง และมีขนาดเท่าพื้นที่หน้าตัดของภาชนะที่บรรจุซีรัมน้ำทิ้งวางทาบให้พอดีบนปากภาชนะดังกล่าว จากนั้นนับจำนวนช่องที่เกิดแผ่นฟิล์มสีขาวปกคลุมพื้นผิวซีรัมน้ำทิ้งดังกล่าว ภายหลังการเก็บรักษาที่ระยะเวลา 30 วัน

2.5 การสกัดแก๊สจากซีรัมน้ำทิ้ง และการตรวจวัดปริมาณแก๊สมีเทน

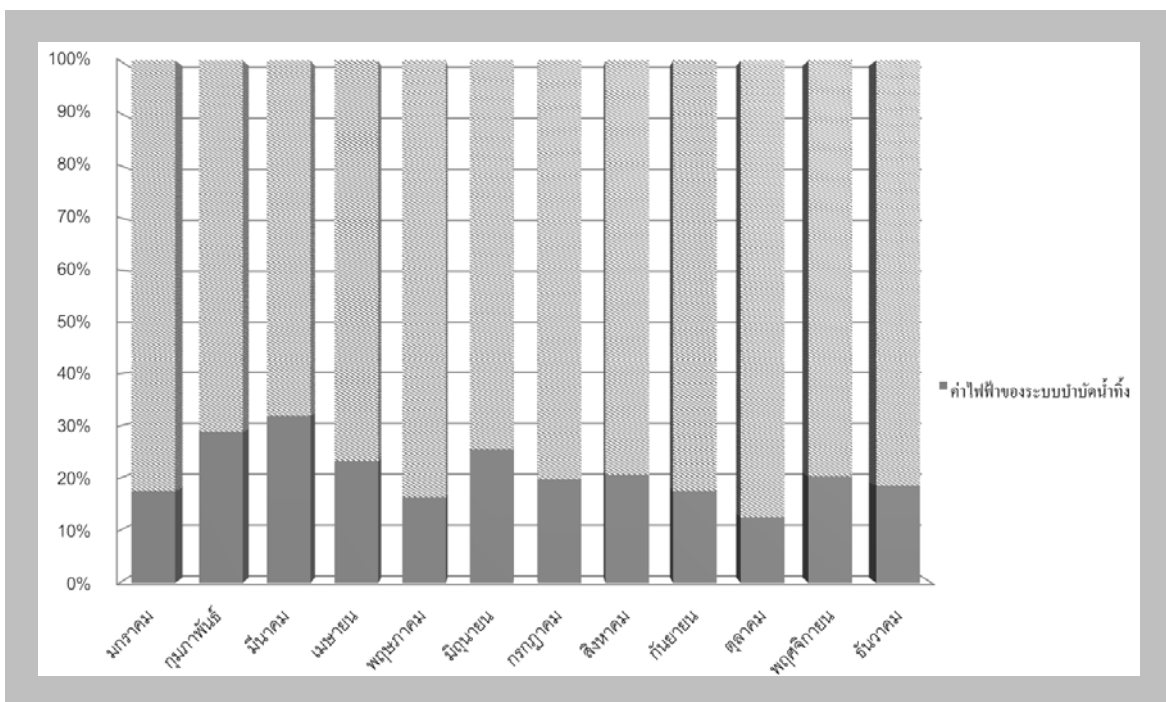
- 1) เก็บตัวอย่างแก๊สจากซีรัมน้ำทิ้งในบ่อกักซีรัมน้ำทิ้ง ทุกๆ 1 ชั่วโมงตลอดช่วงที่มีกระบวนการสีกิมและไม่มี การสีกิม ครั้งละ 10 ซีซี ใส่ในขวดแก้วขนาด 20 ซีซี ปิดปากหลอดด้วยจุกยางพิเศษ (Suba seal)
- 2) ดูดอากาศเหนือซีรัมน้ำทิ้งที่บรรจุในขวดแก้วออกด้วยเข็มฉีดยาที่ทำด้วยแก้ว เพื่อให้หลอดอยู่ในสภาวะสุญญากาศ จากนั้นเขย่าขวดแก้วที่บรรจุซีรัมน้ำทิ้งอย่างรุนแรงเป็นเวลา 3 นาที เก็บแก๊สเหนือน้ำด้วยหลอดสองทางไว้ในหลอดแก้วสุญญากาศขนาด 13 ซีซี (Evacuated Vacutainer) ปิดรอยเข็มด้วยกาวซิลิโคนและพันทับด้วยพาราฟิล์มอีกชั้นหนึ่ง [20]

3) นำตัวอย่างแก๊สจากหลอดเก็บสุญญากาศไปวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Fourier Transform Infrared (FT-IR) เพื่อหาปริมาณแก๊สมีเทนและไนตรัสออกไซด์ โดยมี Peltier cooled MCT เป็นตัวตรวจจับ (Detector) และใช้ Calcmet™ software ในการประมวลผล

3. ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง

3.1 การใช้พลังงานไฟฟ้าในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ในปี 2553 โรงงานผลิตน้ำยางข้น อินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่เป็นพื้นที่ศึกษาวิจัยแห่งนี้ พบว่า ค่าใช้ไฟฟ้าในส่วนของระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นนั้น คิดเป็นร้อยละ 14 – 34 ของค่าใช้ไฟฟ้าทั้งหมดภายในโรงงานผลิตน้ำยางข้น (รูปที่ 1)



รูปที่ 1 สัดส่วนค่าใช้ไฟฟ้าภายในโรงงานผลิตน้ำยางข้น ปี 2553 ของโรงงานผลิตน้ำยางข้นอินเตอร์รับเบอร์ลาเท็กซ์จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี

จากข้อมูลค่าใช้ไฟฟ้างดังกล่าว พบว่า การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบน้ำทิ้งแต่ละเดือนมีความผันแปรค่อนข้างมาก ทั้งนี้มาจากหลายสาเหตุ เช่น ปริมาณเนื้อมายในน้ำยางสดซึ่งขึ้นกับฤดูกาล ปริมาณน้ำฝนที่ตกในแต่ละเดือน ซึ่งปัจจัยทั้งสองมีผลให้น้ำทิ้งมีความเข้มข้นของค่าบีโอดีไม่แน่นอน หรือแม้แต่จังหวะการระบายน้ำออกจากระบบบำบัด โดยค่าใช้ไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งมากที่สุดในเดือนมีนาคม ซึ่งเป็นฤดูแล้ง คิดเป็นร้อยละ 34 ของค่าใช้ไฟฟ้าที่ใช้ทั้งหมดในโรงงานผลิตน้ำยางข้น (ค่าไฟฟ้าที่เหลืออีกร้อยละ 66 ของค่าใช้ไฟฟ้าทั้งหมดในเดือนเดียวกัน เป็นส่วนที่เกิดจากการใช้ไฟฟ้าภายในสำนักงานในช่วงเวลาทำงานคือ วันจันทร์-เสาร์ตั้งแต่เวลา 8.30 – 17.00 น. ซึ่งอยู่ในช่วงเวลา on peak มีค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วยสูงกว่าในช่วง off peak) โรงงานไม่มีการผลิตน้ำยางข้นแต่อย่างใด เป็นไปได้ว่าอาจมีการกักเก็บน้ำทิ้ง นำมาบำบัดในช่วงเดือนนี้ที่ไม่มีการผลิตน้ำยางข้น เพื่อลดพลังงานไฟฟ้าที่เกิดจากการผลิตน้ำยางข้นควบคู่กับการบำบัดน้ำทิ้งในเวลาเดียวกัน หรือช่วงเวลาในการเดินระบบ

บำบัดน้ำทิ้งเป็นช่วง off peak (วันจันทร์-เสาร์ เวลา 22.00-09.00 น. และวันอาทิตย์ทั้งวัน) ซึ่งเสียค่าพลังงานไฟฟ้าต่อหน่วย 1.1914-1.2246 บาท ในขณะที่ช่วง on peak (วันจันทร์-วันเสาร์ เวลา 09.00-22.00 น.) จะต้องเสียค่าใช้จ่ายต่อหน่วยถึง 2.6950 – 2.8408 บาท [21] เห็นได้ว่าการวางแผนเปิดปิดระบบบำบัดน้ำทิ้งมีผลต่อค่าใช้จ่ายด้านพลังงานทั้งสิ้น ไม่เพียงเท่านั้นหากมีการจัดการน้ำทิ้งภายในโรงงานโดยการดึงซีรัมน้ำทิ้งซึ่งเป็นแหล่งน้ำทิ้งที่มีค่าบีโอดีมากที่สุดกลับมาใช้ประโยชน์ นอกจากจะเป็นการลดค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวมของโรงงานลดปริมาณน้ำทิ้งลง 24 % [6] แล้วยังช่วยลดค่าใช้จ่ายไฟฟ้าได้ถึง 14- 34 % อีกด้วย

3.2 การใช้พลังงานไฟฟ้าของระบบบำบัดน้ำทิ้งในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

สำหรับกรณีของโรงงานผลิตน้ำยางข้นขนาด 50,000 ตัน/ปีแห่งนี้ ส่วนของซีรัมน้ำทิ้งจากกระบวนการสกิมและน้ำล้างอื่นๆ คิดเป็นร้อยละ 60 และ 33 ของปริมาณน้ำยางสดทั้งหมดที่เข้าสู่กระบวนการผลิต [22] ส่วนที่เหลืออีกร้อยละ 7 เป็นน้ำที่ยังอาจค้างอยู่ตามรางลำเลียงน้ำทิ้ง หรือที่เจ็งบองตามพื้นของโรงงาน ดังนั้นพลังงานไฟฟ้าที่ถูกใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งจึงเป็นพลังงานที่ใช้ในการบำบัดทั้งน้ำทิ้งส่วนอื่น ๆ รวมกับซีรัมน้ำทิ้ง

ในรอบปี 2553-2554 การใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำทิ้งมีเฉพาะบางเดือนเท่านั้น (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับฤดูกาลกรีดน้ำยางของเกษตรกรที่มีการหยุดพักการกรีดน้ำยางในช่วงฤดูแล้ง คือ ช่วงเดือนมีนาคมถึงเดือนพฤษภาคม เพราะเป็นช่วงเวลาที่ต้นยางผลัดใบและเริ่มสะสมน้ำยาง ทำให้ช่วงเวลานี้น้ำยางมีปริมาณน้อย ไม่คุ้มค่าในการเก็บเกี่ยว เช่นเดียวกับโรงงานแห่งนี้ที่หยุดพักการดำเนินการผลิตน้ำยางข้น ในบางช่วงที่เป็นฤดูพักการกรีดยางและจะกลับมาผลิตน้ำยางข้นอีกครั้งเมื่อเข้าสู่ฤดูกาลกรีดยางที่มีน้ำยางมากพอ

ตารางที่ 1 กำลังการผลิต ปริมาณน้ำทิ้ง ค่าบีโอดี (BOD) ของน้ำทิ้งรวม ปริมาณบีโอดี (BOD Load) และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงในระบบบำบัดน้ำทิ้งในรอบปี 2553 – 2554

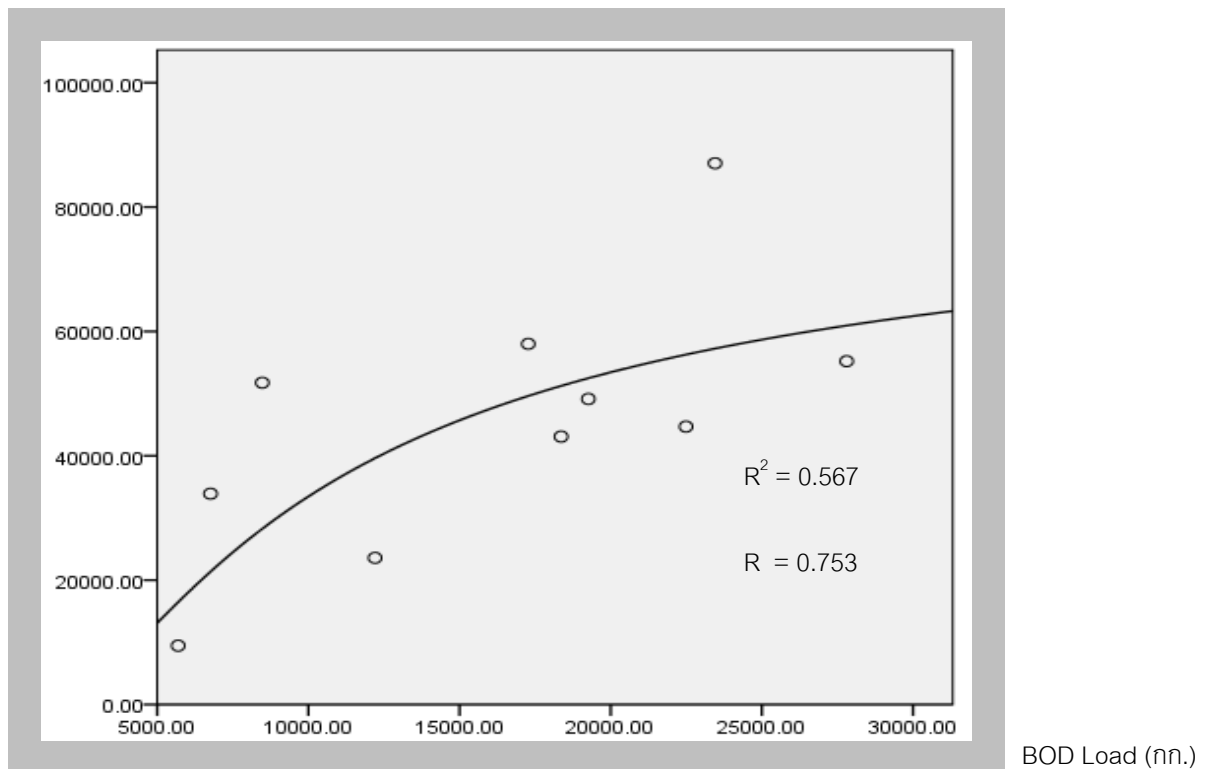
เดือน-ปี	กำลังการผลิต ($\times 10^6$ ลิตร)	ปริมาณน้ำทิ้งรวม ($\times 10^6$ ลิตร) ¹	BOD ของน้ำทิ้งรวม (มก./ลิตร)	BOD load ของ น้ำทิ้งรวม (กก.)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริง ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
มี.ย.-53	1.58	1.47	4,600	6,762	33,900
ก.ย.-53	3.35	3.12	7,208	22,489	44,688
ต.ค.-53	2.18	2.02	6,042	12,205	23,580
พ.ย.-53	1.20	1.12	5,083	5,693	9,454
ธ.ค.-53	4.65	4.32	4,250	18,360	43,080
ม.ค.-54	3.62	3.37	8,250	27,802	55,212
ก.พ.-54	3.34	3.11	7,541	23,453	87,048
พ.ค.-54	1.96	1.82	10,583	19,261	49,140
มี.ย.-54	2.43	2.26	3,750	8,475	51,756
ก.ค.-54	3.54	3.29	5,250	17,272	57,996

หมายเหตุ: ¹ ปริมาณน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น คิดเป็นร้อยละ 93 ของกำลังการผลิตต่อเดือน

(ซีรัมน้ำทิ้งร้อยละ 60 + น้ำทิ้งอื่น ร้อยละ 33 ของน้ำยางสดที่เข้าสู่กระบวนการผลิต)

เมื่อพิจารณาเบื้องต้นจากข้อมูลดังตารางที่ 1 พบว่า BOD Load ของน้ำทิ้งรวม และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้จริงในระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานในรอบปี 2553 และ 2554 มีลักษณะไม่สอดคล้องกันทุกเดือน เป็นไปได้ว่าการบำบัดน้ำทิ้งของระบบบ่อผึ่งอากาศซึ่งเป็นระบบเปิด ไม่ได้ใช้พลังงานไฟฟ้าสำหรับอุปกรณ์เติมอากาศอย่างต่อเนื่อง นอกจากนี้ปริมาณน้ำทิ้งในบ่อบำบัดอาจเจือจางด้วยน้ำฝน อย่างไรก็ตามเมื่อนำข้อมูลมาประมวลผลทางสถิติด้วยชุดโปรแกรมสำเร็จรูป PASW Statistics 18 for Windows (SPSS) เพื่อพยากรณ์ความสัมพันธ์ด้วยวิธีประเมินผลแบบ Curve Estimation ใช้ BOD load เป็นตัวแปรต้น พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งเป็นตัวแปรตาม พบว่ามีความสัมพันธ์เป็น S-curve (รูปที่ 2) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.753 และมีสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.567

พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)



รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งและ BOD load ของน้ำทิ้งรวมในระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบบ่อผึ่งเติมอากาศ

การพยากรณ์ความสัมพันธ์ในรูปแบบของ S-curve (รูปที่ 2) คือ $y = e^{(b_0 + b_1/x)}$
 เมื่อ y คือ พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
 x คือ BOD load ของน้ำทิ้งรวม (กิโลกรัม)
 e คือฐานของลอการิทึมธรรมชาติ e (ค่าคงที่ e เท่ากับ 2.71828182845904)
 b_0 และ b_1 คือ ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอยของตัวค่าจริง (Unstandardized Coefficients)

$$\text{พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง} = e^{(11.355 - [9.368 / \text{BOD load}]}) \quad (1)$$

ทั้งนี้สมการ S curve ข้างต้น เป็นสมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง และ BOD load ของน้ำทิ้งรวม ในกรณีที่โรงงานที่ทำการศึกษาคือเป็นโรงงานผลิตน้ำยางข้นขนาดกลางมีระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบบ่อฝุ้งเติมอากาศ และเมื่อนำค่า BOD Load มาแทนค่าในสมการ (1) สามารถประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งที่มี BOD Load 5,693-27,802 กิโลกรัม รวมทั้งพลังงานไฟฟ้าที่ใช้เพื่อบำบัดซีรัมน้ำทิ้งเพียงอย่างเดียวได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ปริมาณซีรัมน้ำทิ้ง ค่าบีโอดีของซีรัมน้ำทิ้งและน้ำทิ้งรวม ปริมาณบีโอดีของซีรัมน้ำทิ้ง และพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดจากการพยากรณ์ด้วยสมการ

เดือน-ปี	BOD load ของน้ำทิ้งรวม (กก.) ²	BOD ของซีรัมน้ำทิ้ง (มก./ล.)	BOD load ของซีรัมน้ำทิ้ง (กก.)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งที่ได้จากสมการ (1) (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)	พลังงานไฟฟ้าที่ใช้บำบัดเฉพาะซีรัมน้ำทิ้งอย่างเดียว	
					กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อเดือน	กิโลวัตต์-ชั่วโมง ต่อลูกบาศก์เมตร
มิ.ย.-53	6,762	12,693	11,195	21,367	36,983	41.93
ก.ย.-53	22,489		23,761	56,299	57,569	30.75
ต.ค.-53	12,205		15,384	39,634	46,446	38.32
พ.ย.-53	5,693		8,530	16,473	28,473	42.37
ธ.ค.-53	18,360		32,900	51,265	64,232	24.78
ม.ค.-54	27,802		25,665	60,964	59,278	29.32
ก.พ.-54	23,453		23,685	57,272	57,496	30.81
พ.ค.-54	19,261		13,861	52,503	43,440	39.78
มิ.ย.-54	8,475		17,212	28,272	49,549	36.54
ก.ค. 54	17,273		25,056	49,645	58,754	29.76

หมายเหตุ: ² ข้อมูลจากตารางที่ 1

ผลลัพธ์ของการประมวลทางสถิติ แสดงให้เห็นความสัมพันธ์ ระหว่างพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง และ BOD load นั้น น้ำทิ้งในโรงงานผลิตน้ำยางข้นดังกล่าว มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.753 บ่งบอกว่าพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งมีความสัมพันธ์กับค่า BOD load ของน้ำทิ้งในทิศทางเดียวกัน ประมาณ 75.30% ซึ่งมีความสัมพันธ์กันในระดับสูงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95% (F - value = 10.490*) กล่าวคือ เมื่อค่า BOD load มาก พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งก็จะมากขึ้นตามไปด้วย

จากการใช้สมการ (1) ประเมินพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้ง พบว่า ในกรณีที่ซีรัมน้ำทิ้งไม่มีน้ำทิ้งส่วนอื่นมาเจือจาง เพื่อช่วยลดค่าบีโอดีของซีรัมน้ำทิ้งให้น้อยลง มีผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้าต่อเดือน 28,473- 64,232 กิโลวัตต์-ชั่วโมง (ตารางที่ 2) ในการบำบัดน้ำทิ้ง และกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่า การแยกซีรัมน้ำทิ้งปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร (1 ลูกบาศก์เมตรเท่ากับ 1,000 ลิตร) ออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน มีผลให้ใช้พลังงานไฟฟ้าน้อยลง

24.78 – 42.37 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ในกรณีที่ระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานมีเพียงน้ำทิ้งจากแหล่งอื่น เช่น น้ำล้างเครื่องจักร น้ำล้างพื้น อาจไม่จำเป็นต้องใช้พลังงานในการบำบัดแต่อย่างใด

อย่างไรก็ตาม พบว่าสมการดังกล่าวสามารถพยากรณ์ความสัมพันธ์ได้โดยมีความถูกต้องเพียง 56.7% (ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ: R^2 เท่ากับ 0.567) บ่งบอกถึงการเปลี่ยนแปลงของพลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในระบบบำบัดน้ำทิ้งนั้น มีสาเหตุมาจากการเปลี่ยนแปลงของ BOD load ของน้ำทิ้งเพียง 56.7% ส่วนที่เหลืออีก 43.3% เป็นผลมาจากสาเหตุอื่น เช่น การที่อุตสาหกรรมผลิตน้ำยางขึ้นนั้นเป็นอุตสาหกรรมเกษตร การผลิตจะขึ้นอยู่กับวัตถุดิบซึ่งแปรผันตามฤดูกาล เช่น ปริมาณเนื้อยางในน้ำยางสด ปริมาณน้ำฝน จังหวะการระบายน้ำทิ้งจากบ่อบำบัดลงสู่อ่างน้ำในพื้นที่ปลูกพืช (ปาล์มน้ำมัน) หรือแม้แต่สัดส่วนของปริมาณชีวมวลน้ำทิ้งและน้ำทิ้งส่วนอื่นๆ (น้ำล้างเครื่องจักร น้ำล้างพื้น) ในแต่ละเดือนมีปริมาณที่ไม่แน่นอน ไม่ได้คงที่เป็นร้อยละ 60 และ 33 ตามลำดับเสมอไป ซึ่งปัจจัยดังที่ได้กล่าวมาต่างมีผลต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งทั้งสิ้น

ดังที่ได้กล่าวมาแล้ว สาเหตุที่สำคัญประการหนึ่งที่มีผลต่อค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวมของโรงงาน คือ ปริมาณชีวมวลน้ำทิ้งที่เข้าสู่ระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานที่ไม่เท่ากันในแต่ละเดือน โดยไม่ได้มีสัดส่วนคงที่เสมอไป ดังนั้นการพยากรณ์พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้ง จำเป็นต้องประเมินสัดส่วนของชีวมวลน้ำทิ้งและน้ำทิ้งส่วนอื่นให้ได้เสียก่อน เพื่อหา BOD load ที่แท้จริง โดยอาศัยหลักการของการเจือจาง (Dilution effect) ดังนี้

$$\text{BOD load} = \text{ค่าบีโอดี (มิลลิกรัมต่อลิตร)} \times \text{ปริมาณน้ำทิ้งรวม (ลิตร)}$$

$$\text{ปริมาณน้ำทิ้งรวม} = \text{ปริมาณชีวมวลน้ำทิ้ง} + \text{ปริมาณน้ำทิ้งส่วนอื่น}$$

$$\text{BOD}_t \times V_t = (\text{BOD}_s \times V_s) + (\text{BOD}_o \times V_o)$$

โดยให้	BOD_t	เป็น ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวม (ตารางที่ 1) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	BOD_s	เป็น ค่าบีโอดีของชีวมวลน้ำทิ้ง (ตารางที่ 2) (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	BOD_o	เป็น ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งส่วนอื่น ๆ (มิลลิกรัมต่อลิตร)
	V_t	เป็น สัดส่วนปริมาณน้ำทิ้งรวม (ตารางที่ 1) โดยให้มีค่าเท่ากับ 1
	V_s	เป็น สัดส่วนปริมาณชีวมวลน้ำทิ้ง (ตารางที่ 2)
	V_o	เป็น สัดส่วนปริมาณน้ำทิ้ง โดยให้มีค่าเท่ากับ $1 - V_s$

จากสมการข้างต้นสามารถจัดรูปแบบได้ ดังนี้

$$\text{BOD}_t \times 1 = (\text{BOD}_s \times V_s) + (\text{BOD}_o \times [1 - V_s]) \quad (2)$$

กรณีของ BOD_o ในการศึกษาครั้งนี้กำหนดให้มีค่าเท่ากับ 110 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งเป็นช่วงของค่าบีโอดีที่มากที่สุดของน้ำทิ้งที่ออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งเข้าสู่สวนปาล์มน้ำมันของโรงงานในรอบปี 2553 – 2554

จากนั้นนำค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวม (ตารางที่ 1) และค่าบีโอดีของชีวมวลน้ำทิ้ง (ตารางที่ 2) ในรอบปี 2553 – 2554 มาแทนค่าในสมการ (2) จะได้สัดส่วนของปริมาณชีวมวลน้ำทิ้งและน้ำทิ้งส่วนอื่น เพื่อประเมินหาปริมาณชีวมวลน้ำทิ้งที่แท้จริงดังผลในตารางที่ 3

เมื่อพิจารณา BOD load ของน้ำทิ้งรวม มีค่าใกล้เคียงกับ BOD load ของชีวมวลน้ำทิ้ง (ตารางที่ 3) นั้นหมายถึงชีวมวลน้ำทิ้งมีผลต่อ BOD load ของน้ำทิ้งรวมในโรงงานผลิตน้ำยางขึ้นมากกว่าน้ำทิ้งส่วนอื่นๆ ซึ่งมีค่าบีโอดีหรือสารอินทรีย์ในปริมาณน้อยมาก เช่นในกรณีของเดือนมิถุนายน ปี 2553 (ตารางที่ 3) การแยกชีวมวลน้ำทิ้งทั้งหมดออก

จากน้ำทิ้งรวมจะทำให้ BOD load จาก 6,762 กิโลกรัม ลดลงถึง 6,658 กิโลกรัม ในทำนองเดียวกันกับเดือนอื่นๆ การ ใช้ไฟฟ้าในการเติมอากาศเพื่อลดค่าบีโอดีในน้ำทิ้ง ก็นำมาโอกาสลดลงอย่างน้อย 98% เช่นกัน และมีความเป็นไปได้อย่างมากที่จะไม่ต้องใช้ไฟฟ้าในการบำบัดน้ำทิ้งที่เหลือเลย เนื่องจากค่าบีโอดีของน้ำล้างภายในโรงงาน โดยทั่วไปแล้วมีค่าต่ำกว่าค่ามาตรฐานน้ำทิ้ง น้ำทิ้งจึงสามารถบำบัดตัวเองตามธรรมชาติได้

ตารางที่ 3 สัดส่วนปริมาณซีรัมน้ำทิ้งในน้ำทิ้งรวม ปริมาณซีรัมน้ำทิ้ง BOD load ของซีรัมน้ำทิ้ง BOD load ของน้ำทิ้งรวม และสัดส่วน BOD Load ของซีรัมน้ำทิ้งต่อน้ำทิ้งรวม

เดือน-ปี	ซีรัมน้ำทิ้ง			BOD load ของน้ำทิ้งรวม (กก.) ⁴	สัดส่วน BOD load ของซีรัมน้ำทิ้ง ต่อน้ำทิ้งรวม
	สัดส่วนปริมาณ ในน้ำทิ้งรวม	ปริมาณ ($\times 10^6$ ลิตร)	BOD load (กก.) ³		
มิ.ย.-53	0.36	0.53	6,658	6,762	0.98
ก.ย.-53	0.56	1.74	22,339	22,489	0.99
ต.ค.-53	0.47	0.94	12,087	12,205	0.99
พ.ย.-53	0.40	0.45	5,618	5,693	0.99
ธ.ค.-53	0.33	1.43	18,041	18,360	0.98
ม.ค.-54	0.65	2.19	27,672	27,803	1.00
ก.พ.-54	0.59	1.83	23,312	23,453	0.99
พ.ค.-54	0.83	1.51	19,227	19,261	1.00
มิ.ย.-54	0.29	0.65	8,298	8,475	0.98
ก.ค. 54	0.41	1.35	17,058	17,273	0.99

หมายเหตุ: ³ ข้อมูลจากตารางที่ 2

⁴ ข้อมูลจากตารางที่ 1

สำหรับโรงงานแห่งนี้ น้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการบำบัดแล้ว จะระบายเข้าสู่พื้นที่สวนปาล์มน้ำมันบริเวณโดยรอบโรงงาน เพื่อใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารให้กับปาล์มน้ำมัน ดังนั้นค่าบีโอดีจึงอาจสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้ง (20 มิลลิกรัมต่อลิตร) นั้นหมายถึงในทางปฏิบัติโรงงานผลิตน้ำยางชั้นโดยทั่วไป พลังงานไฟฟ้าที่ใช้ลดค่าบีโอดีให้เป็นไปตามมาตรฐานน้ำทิ้งต้องมากกว่าในกรณีศึกษา










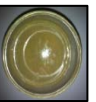
3.3 ผลของสารกันบูดต่อซีรัมน้ำทิ้ง

3.3.1 ผลของสารกันบูดต่อการเสื่อมสภาพของซีรัมน้ำทิ้ง

ลักษณะของซีรัมน้ำทิ้งภายหลังการเติมสารกันบูดภายหลังเก็บรักษาไว้เป็นเวลา 30 วัน (ตารางที่ 4) พบว่าลักษณะของซีรัมน้ำทิ้งที่ไม่ได้เติมสารกันบูด (control) เกิดแผ่นฟิล์มสีขาวปกคลุมมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 95 ของพื้นที่ผิวทั้งหมด (ประเมินโดยใช้แผ่นพลาสติกใส 100 ช่องวางทาบบนปากภาชนะ) โดยแผ่นฟิล์มสีขาวที่เกิดขึ้นนั้นเกิดจากการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ซึ่งบ่งบอกถึงการเสื่อมสภาพ [23] อย่างไรก็ตามซีรัมน้ำทิ้งที่เติมโซเดียม

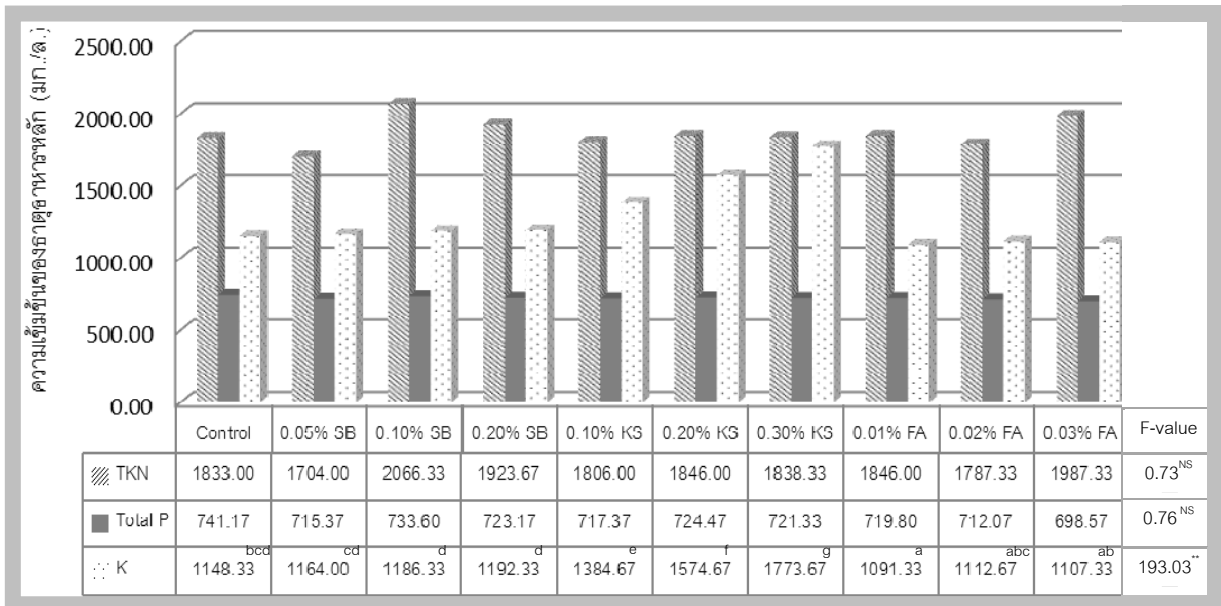
เบนโซเอตในทุกๆ ความเข้มข้นและโพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้น 0.10 % พบว่า ที่ระยะเวลาผ่านไป 30 วัน มีแผ่นฟิล์มสีขาวปกคลุมบนพื้นผิวซีรุ่มน้ำทิ้งเช่นกัน ทั้งนี้ผลการทดลองดังตารางที่ 4 ชี้ชัดว่าการเติมโพแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้น 0.20% และ 0.30% สามารถรักษาสภาพซีรุ่มน้ำทิ้งได้ดีที่สุด โดยไม่มีแผ่นฟิล์มสีขาวปกคลุมแต่อย่างใด

ตารางที่ 4 ลักษณะและสัดส่วนการเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (%แผ่นฟิล์มสีขาว) ของซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังการเติมสารกันบูด 30 วัน

ระยะเวลา	สารกันบูด									
	Control	0.05%	0.10%	0.20%	0.10%	0.20%	0.30%	0.01%	0.02%	0.03%
30 วัน		SB	SB	SB	PS	PS	PS	FA	FA	FA
ลักษณะของซีรุ่มน้ำทิ้ง										
% แผ่นฟิล์มสีขาว	95	35	20	3	2	-	-	20	2	2

3.3.2 ผลของสารกันบูดต่อธาตุอาหารหลักในซีรุ่มน้ำทิ้ง

ปริมาณไนโตรเจน (TKN) ฟอสฟอรัส (Total P) และโพแทสเซียม (K) ซึ่งธาตุอาหารหลักของพืชในซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังเติมสารกันบูด 3 ชนิด คือ โซเดียมเบนโซเอต (SB) โพแทสเซียมซอร์เบท (PS) และกรดฟอร์มิก (FA) พบว่าปริมาณของ TKN และ Total P ในทุกตัวรับทดลองไม่แตกต่างกันทางสถิติ (F-value ของ TKN = 0.73^{NS}, F-value ของ Total P = 0.76^{NS}) ในขณะที่ปริมาณ K ในซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังการเติมสิ่งทดลองมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99% (F-value ของ K = 193.03**) เป็นผลจากการเติมโพแทสเซียมซอร์เบทที่ทำให้ปริมาณโพแทสเซียมในซีรุ่มน้ำทิ้งเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ เนื่องด้วยการเติมโพแทสเซียมซอร์เบทลงในซีรุ่มน้ำทิ้งเป็นการเพิ่มปริมาณโพแทสเซียมไอออนให้กับซีรุ่มน้ำทิ้งจากการแตกตัวของโมเลกุลสารกันบูดชนิดดังกล่าว โดยสอดคล้องกับผลการทดลองที่ซีรุ่มน้ำทิ้งที่เติมโพแทสเซียมซอร์เบทในระดับความเข้มข้น 0.30% ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นสูงสุด มีปริมาณโพแทสเซียมมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับตัวรับทดลองอื่นๆ (รูปที่ 3)



รูปที่ 3 เปรียบเทียบความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก ไนโตรเจน (TKN), ฟอสฟอรัส (Total P) และ โพแทสเซียม (K) ในซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังการเติมสารกักนุ่น

หมายเหตุ: ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

^{NS} หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวนอนของค่า K หมายถึงมีความแตกต่างตามลำดับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ตามวิธีการ DMRT

3.3.3 ผลของสารกักนุ่นต่อสมบัติทางเคมีของซีรุ่มน้ำทิ้ง

สมบัติทางเคมีในการศึกษาครั้งนี้มี 2 พารามิเตอร์ คือ ความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) เพราะทั้งสองพารามิเตอร์บ่งบอกถึงโอกาสและข้อจำกัดในการนำซีรุ่มน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืช ความเป็นกรดต่างหรือค่า pH เป็นปัจจัยที่มีความสำคัญต่อการละลายได้และความเป็นประโยชน์ของธาตุอาหารในดินต่อพืช สำหรับพืชโดยส่วนใหญ่ พบว่าจะเจริญเติบโตได้ดีในช่วงที่มีค่าความเป็นกรดต่างค่อนข้างเป็นกลาง คือ 6.5 – 7.5 [24] ในสภาวะดังกล่าวนี้ธาตุอาหารจะมีสภาพเป็นไอออนละลายอยู่ในดิน ซึ่งพืชสามารถดูดซึ่มไปใช้ในการเจริญเติบโตได้โดยง่าย ผลการทดลอง (ตารางที่ 5) พบว่า การเติมสารกักนุ่นทั้ง 3 ชนิด (ไซเดียมเบนโซเอท, โพแทสเซียมซอร์เบท และกรดฟอร์มิก) มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของค่าความเป็นกรดต่างของซีรุ่มน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญ (F-value = 21.44**, ตารางที่ 5) ทั้งนี้ มีเพียงไซเดียมเบนโซเอทและโพแทสเซียมซอร์เบทเท่านั้น ที่ทำให้ซีรุ่มน้ำทิ้งมีค่าความเป็นกรดต่างอยู่ในช่วง 6.53 - 8.27 ถือว่าอยู่ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืช

ตารางที่ 5 ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) และค่าการนำไฟฟ้า (EC) ของซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังการเติมสารกันบูด

ตัวรับทดลอง	pH	EC (dSm ⁻¹)
ซีรุ่มน้ำทิ้ง (control)	4.70 ^a	12.40
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.05% โซเดียมเบนโซเอท	7.10 ^{bc}	12.14
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.10% โซเดียมเบนโซเอท	7.30 ^{bcd}	12.28
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.20% โซเดียมเบนโซเอท	7.83 ^{cd}	12.51
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.10% โฟแทสเซียมซอร์เบท	8.27 ^e	12.03
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.20% โฟแทสเซียมซอร์เบท	7.50 ^{bcd}	11.70
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.30% โฟแทสเซียมซอร์เบท	6.53 ^b	12.55
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.01% กรดฟอร์มิก	4.67 ^a	12.18
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.02% กรดฟอร์มิก	4.63 ^a	11.96
ซีรุ่มน้ำทิ้ง + 0.03% กรดฟอร์มิก	4.40 ^a	11.94
F-value ตามตัวรับทดลอง	21.44 ^{**}	2.18 ^{NS}

หมายเหตุ: ** หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 99%

^{NS} หมายถึง ไม่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95%

ตัวอักษรพิมพ์เล็กที่ต่างกันในแต่ละแถวของค่า pH (a-d) หมายถึง มีความแตกต่างตามตัวรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีการ DMRT

สำหรับค่าการนำไฟฟ้าเป็นปัจจัยหนึ่งแสดงถึงปริมาณไอออนของธาตุต่างๆ ที่ละลายอยู่ในสารละลาย หากมีปริมาณมากย่อมไม่เหมาะสมสำหรับการปลูกพืช เพราะดินมีธาตุอาหารมากเกินไป อาจทำให้พืชขาดน้ำและมีการสะสมไอออนที่เป็นพิษในพืชมากเกินไป รวมทั้งยังทำให้เกิดความไม่สมดุลของธาตุอาหารพืชอีกด้วย ซึ่งสภาพดังกล่าวมีผลต่อการเจริญเติบโตและผลผลิตของพืช โดยดินที่มีค่าการนำไฟฟ้าน้อยกว่า 2 dSm⁻¹ จะไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อพืชอันเนื่องมาจากความเค็ม และหากดินมีค่าการนำไฟฟ้ามากกว่า 16 dSm⁻¹ ถือว่าดินบริเวณนั้นเป็นดินเค็มจัด เหมาะเฉพาะกับพืชบางชนิดเท่านั้น เช่น โกงกาง แสม เป็นต้น [25]

สำหรับค่าการนำไฟฟ้า (Electroconductivity : EC) ภายหลังการเติมสารกันบูดลงในซีรุ่มน้ำทิ้งมีค่าอยู่ระหว่าง 11.70 - 12.55 dSm⁻¹ และเมื่อพิจารณาในรายละเอียดของค่าการนำไฟฟ้าของซีรุ่มน้ำทิ้งภายหลังการเติมสารกันบูด พบว่าการเติม 0.20% ของโซเดียมเบนโซเอทและ 0.30% ของโพแทสเซียมซอร์เบทเท่านั้นที่ทำให้ค่าการนำไฟฟ้าของซีรุ่มน้ำทิ้งสูงกว่าซีรุ่มน้ำทิ้งในตัวรับทดลองควบคุม (ไม่เติมสารกันบูด) เป็นไปได้ว่าทั้งโซเดียมเบนโซเอทและโพแทสเซียมซอร์เบทมีสภาพเป็นเกลือของกรดอ่อน จะแตกตัวเป็นไอออนในสารละลายได้ดีกว่ากรดฟอร์มิกที่เป็นเป็นเพียงกรดอ่อนเท่านั้น อย่างไรก็ตามการเติมโซเดียมเบนโซเอท โพแทสเซียมซอร์เบท และกรดฟอร์มิกนั้นไม่ก่อให้เกิดความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญของการนำไฟฟ้า (F-value = 2.18^{NS}, ตารางที่ 5) อย่างไรก็ตามหากนำซีรุ่มน้ำทิ้งที่เติมสารกันบูดทั้งสามชนิดนี้ไปใช้ประโยชน์โดยเติมลงดินเพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชเทียบได้กับการใช้ประโยชน์ในรูปแบบปุ๋ยน้ำชีวภาพ ซึ่งจำเป็นต้องเจือจางเพื่อลดความเค็มลงก่อนการนำไปใช้ [26]

กล่าวได้ว่า การเติมโซเดียมเบนโซเอต โฟแทสเซียมซอร์เบท และกรดฟอร์มิกมีผลต่อความค่าความเป็นกรดต่างของซีรุ่มน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่ส่งผลให้ค่าการนำไฟฟ้าของซีรุ่มน้ำทิ้ง

3.4 ประสิทธิภาพการใช้พลังงานในกระบวนการผลิตโดยเทคโนโลยีการรักษาสภาพซีรุ่มน้ำทิ้ง

การแยกซีรุ่มน้ำทิ้งออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงาน นอกจากจะช่วยลดปริมาณน้ำทิ้งในส่วนเฉพาะซีรุ่มน้ำทิ้งต่อเดือนถึง 1,310 ลูกบาศก์เมตรโดยประมาณ ยังลดพลังงานไฟฟ้าเพื่อการบำบัดน้ำทิ้งดังกล่าวได้ถึง 28,473 – 64,232 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือนอีกด้วย (ข้อมูลจากตารางที่ 2) อีกทั้งยังสามารถนำซีรุ่มน้ำทิ้งดังกล่าวไปใช้ประโยชน์เพื่อเป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชได้อีกด้วยหากมีการจัดการที่เหมาะสม แม้ว่าซีรุ่มน้ำทิ้งจะมีธาตุอาหารหลักที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม (รูปที่ 3) เป็นองค์ประกอบแต่ก็ยังมีข้อจำกัดในการนำไปใช้ การนำซีรุ่มน้ำทิ้งมาใช้ประโยชน์ในด้านดังกล่าวนี้เป็นทางหนึ่งในการลดการนำเข้าปุ๋ยเคมีจากต่างประเทศและลดการใช้พลังงานเพื่อการผลิตแม่ปุ๋ย (N, P, K) ได้อีกด้วย

ปริมาณซีรุ่มน้ำทิ้งที่เกิดขึ้น ทั้งหมด 1,310 ลูกบาศก์เมตรต่อเดือน ในโรงงานผลิตน้ำยางชั้นขนาดกลางที่ทำการศึกษาวิจัยแห่งนี้ เมื่อพิจารณาประกอบกับความเข้มข้นของธาตุอาหารหลัก คือ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม ที่วิเคราะห์ได้ดังแสดงในรูปที่ 3 พบว่า ซีรุ่มน้ำทิ้ง (คิดในกรณีที่ไม่ได้เติมสารกันบูด) มีปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 การประเมินพลังงานจากการนำซีรุ่มน้ำทิ้งทดแทนการผลิตธาตุอาหารของปุ๋ยเคมี

ธาตุอาหาร	ปริมาณที่มีในซีรุ่มน้ำทิ้งต่อเดือน (กิโลกรัม)	พลังงานที่ใช้ในกระบวนการผลิต (กิโลจูลต่อกิโลกรัม) ⁵	พลังงานในการนำซีรุ่มน้ำทิ้งทดแทนการผลิตธาตุอาหารหลักของปุ๋ยเคมี (กิโลวัตต์-ชั่วโมง)
ไนโตรเจน (N)	2,401.23	69,530	46,377
ฟอสฟอรัส (P)	970.93	7,700	2,077
โพแทสเซียม (K)	1,504.31	6,400	2,674
รวม			51,128

หมายเหตุ: ⁵ ข้อมูลจาก [27]

1 กิโลวัตต์-ชั่วโมง เท่ากับ 3600 กิโลจูล

กล่าวได้ว่า การแยกซีรุ่มน้ำทิ้งทั้งหมดในแต่ละเดือนออกจากกระบวนการผลิตน้ำยางชั้นและนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีเพื่อปลูกพืชนั้น สามารถทดแทนพลังงานในการผลิตธาตุอาหารของปุ๋ยเคมีด้วยปริมาณธาตุอาหารที่มีอยู่ในซีรุ่มน้ำทิ้งทั้งสิ้น 51,128 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ประกอบกับลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานได้ถึง 28,473 – 64,232 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน อีกทั้งการนำของทิ้งจากอุตสาหกรรมการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์ สามารถช่วยลดต้นเหตุของปัญหาสิ่งแวดล้อมอีกด้วย

3.5 การเกิดแก๊สมีเทนในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

การเกิดแก๊สมีเทนในชีรมน้ำทิ้งขณะที่มีกระบวนการสกิม และไม่มีกระบวนการสกิมบริเวณบ่อพักชีรมน้ำทิ้ง (ตารางที่ 7) พบว่าขณะที่มีกระบวนการสกิมอัตราการเกิดแก๊สมีเทนของชีรมน้ำทิ้งบริเวณบ่อพักชีรมน้ำทิ้งสูงกว่าช่วงเวลาที่ไม่มีการสกิมหรือไม่มีชีรมน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อพักชีรมน้ำทิ้งอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (F value = 7.33*) จึงอาจกล่าวได้ว่าชีรมน้ำทิ้งที่เกิดจากกระบวนการสกิมเป็นแหล่งผลิตแก๊สมีเทนในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น

ตารางที่ 7 อัตราการเกิดแก๊สมีเทนจากชีรมน้ำทิ้งในช่วงเวลาที่มีกระบวนการสกิมและไม่มีกระบวนการสกิม

ช่วงเวลา	อัตราการเกิดแก๊สมีเทน (มก./ล)
ขณะเกิดกระบวนการสกิม	4.76 ^a
ไม่มีกระบวนการสกิม	2.29 ^b
F-value	7.33 [*]

หมายเหตุ: ตัวอักษรพิมพ์เล็กในแนวตั้ง (a และ b) หมายถึง มีความแตกต่างตามตัวรับทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ตามวิธีการ DMRT

* หมายถึง มีนัยสำคัญทางสถิติที่ 95

ดังนั้นการแยกชีรมน้ำทิ้งออกจากกระบวนการผลิตน้ำยางข้นและนำไปใช้ประโยชน์ในแง่ของแหล่งธาตุอาหารของพืช เป็นอีกทางหนึ่งของการลดการเกิดแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น โดยจะกักเก็บแก๊สมีเทนเหล่านั้นในดินได้ถึง 4.76 มิลลิกรัมต่อลิตรแทนที่จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ มีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

4. สรุปผลการศึกษวิจัย

1) ชีรมน้ำทิ้งจากกระบวนการสกิมของโรงงานผลิตน้ำยางข้นของโรงงานอินเตอร์รีบเบอร์ ลาเท็กซ์ จำกัด มีค่าบีโอดีเท่ากับ 12,693 มิลลิกรัมต่อลิตร เมื่อเทียบกับค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวมของโรงงาน คือ 3,750 – 10,583 มิลลิกรัมต่อลิตร บ่งบอกให้ทราบว่าการแยกชีรมน้ำทิ้งออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานทั้งหมด มีผลให้ลดการใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศสำหรับลดค่าบีโอดีของน้ำทิ้งได้ทั้งสิ้น 28,473 – 64,232 กิโลวัตต์-ชั่วโมงต่อเดือน หรือกล่าวได้อีกทางหนึ่งว่า การแยกชีรมน้ำทิ้งออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นแห่งนี้ปริมาณ 1 ลูกบาศก์เมตร มีผลให้การใช้พลังงานไฟฟ้าในการบำบัดน้ำทิ้งลดลง 24.78 – 42.37 กิโลวัตต์-ชั่วโมง ทั้งนี้ยังมีแนวโน้มที่จะไม่ต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำทิ้งแต่อย่างใดหากมีการจัดการชีรมน้ำทิ้งดังกล่าว

2) สารกันบูดที่เหมาะสมที่สุดเพื่อใช้รักษาสภาพชีรมน้ำทิ้งในทางปฏิบัติ คือ โฟแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้น 0.20% เนื่องจากสามารถรักษาสภาพชีรมน้ำทิ้งได้ยาวนานถึง 30 วัน และเมื่อพิจารณาร่วมกับค่าใช้จ่ายในการลงทุน พบว่า หากเลือกใช้โฟแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้น 0.30% จะต้องเสียค่าใช้จ่ายต่อเดือนสูงกว่าการเลือกใช้มากกว่า 0.20% ของโฟแทสเซียมซอร์เบทถึง 200,000 บาท โดยที่สมบัติทางเคมี คือ pH และ EC รวมทั้งปริมาณไนโตรเจน และฟอสฟอรัสไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้คุณสมบัติทางเคมีดังกล่าวของชีรมน้ำทิ้งภายหลังเติมโฟแทสเซียมซอร์เบทที่ระดับความเข้มข้น 0.20% พบว่าอยู่ในช่วงที่ไม่ก่อให้เกิดปัญหาต่อการเจริญเติบโตของพืชหากนำไปใช้เติมลงดิน

3) หากมีการแยกชีวมวลน้ำทิ้งออกจากระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานผลิตน้ำยางข้นได้ทั้งหมดและนำไปใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมีโดยผ่านเทคโนโลยีการรักษาสภาพด้วยสารกันบูดดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น จะสามารถทดแทนพลังงานในการผลิตธาตุอาหารหลัก (N, P, K) ของปุ๋ยเคมีเทียบเท่ากับปริมาณธาตุอาหารหลักที่มีอยู่ในชีวมวลน้ำทิ้งทั้งสิ้น 51,128 กิโลวัตต์ – ชั่วโมงต่อเดือน นอกจากนี้ยังเป็นการช่วยลดการนำเข้าปุ๋ยจากต่างประเทศที่นับวันยังมีราคาสูงขึ้นทุกๆ วัน นอกจากนี้การนำชีวมวลน้ำทิ้งมาใช้เป็นแหล่งธาตุอาหารของพืชเพื่อทดแทนการใช้ปุ๋ยเคมี ทั้งนี้ยังเป็นอีกทางเลือกหนึ่งในการจัดการการใช้พลังงานไฟฟ้าในระบบบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอีกด้วย เนื่องจากการแยกชีวมวลน้ำทิ้งดังกล่าวออกมานั้นจะช่วยลด BOD load หรือความสกปรกของน้ำทิ้งรวมได้มากกว่าร้อยละ 98 ของ BOD load ทั้งหมดในน้ำทิ้งรวม ส่งผลให้ค่าบีโอดีของน้ำทิ้งรวมลดลงตามไปด้วย นั่นหมายถึงอาจไม่มีความจำเป็นต้องใช้พลังงานไฟฟ้าในการเติมอากาศเพื่อลดค่าบีโอดีของน้ำทิ้งแต่อย่างใด

4) ขณะที่มีการบวกรวมการสกิมเกิดขึ้นอัตราการเกิดแก๊สมีเทนของชีวมวลน้ำทิ้งบริเวณบ่อพักชีวมวลน้ำทิ้งสูงกว่าช่วงเวลาที่ไม่มีการบวกรวมการสกิมหรือไม่มีชีวมวลน้ำทิ้งเข้าสู่บ่อพักชีวมวลน้ำทิ้ง โดยขณะที่มีการบวกรวมการสกิมมีแก๊สมีเทนเกิดขึ้น 4.76 มิลลิกรัมต่อลิตร ขณะที่ช่วงเวลาที่ไม่มีการบวกรวมการสกิมเกิดแก๊สมีเทนเพียง 2.93 มิลลิกรัมต่อลิตรเท่านั้น ดังนั้นการแยกชีวมวลน้ำทิ้งออกจากระบบการผลิตน้ำยางข้นและนำไปใช้ประโยชน์ในแง่ของแหล่งธาตุอาหารของพืช เป็นอีกทางเลือกหนึ่งของการลดการเกิดแก๊สเรือนกระจกในกระบวนการผลิตน้ำยางข้น โดยจะกักเก็บแก๊สมีเทนเหล่านั้นไว้ในดินได้ถึง 4.76 มิลลิกรัมต่อลิตรแทนที่จะถูกปลดปล่อยสู่บรรยากาศ มีโอกาสก่อให้เกิดปัญหาสิ่งแวดล้อม

5. กิตติกรรมประกาศ

บทความวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการมหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เรื่อง “การจัดการของทิ้ง (Waste) จากอุตสาหกรรมเกษตรเพื่อการกักเก็บคาร์บอนในพื้นที่เกษตร” (CC720A) สนับสนุนงบประมาณโดยสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ บริษัท อินเทอร์เน็ตบริเวอส์ ลาเท็กซ์ จำกัด จังหวัดสุราษฎร์ธานี ที่ให้ความอนุเคราะห์พื้นที่การวิจัย พื้นที่ทำงาน และการอำนวยความสะดวกต่างๆ ระหว่างการปฏิบัติงานในพื้นที่วิจัย และสถาบันวิจัยพลังงาน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้ทุนอุดหนุนวิจัยบางส่วนในการศึกษาวิจัยครั้งนี้

บรรณานุกรม

- [1] สมาคมยางพาราไทย. (7 ตุลาคม 2555). *การผลิตยางธรรมชาติของประเทศไทยสำคัญ ปี 2554* [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.thainr.com/th/detail-stat.php?statID=155>
- [2] สมาคมยางพาราไทย. (7 ตุลาคม 2555). *การส่งออกยางธรรมชาติสุทธิของประเทศไทยสำคัญ ปี 2554* [ออนไลน์]. แหล่งที่มา : <http://www.thainr.com/th/detail-stat.php?statID=145>
- [3] สถาบันวิจัยยาง. (7 ตุลาคม 2555). *สถิติยางไทย: พื้นที่ปลูกยางของประเทศไทย ปี 2553* [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.rubberthai.com/statistic/stat_index.htm
- [4] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. 2550. *โครงการศึกษาเกณฑ์การใช้พลังงานในอุตสาหกรรมยางและผลิตภัณฑ์ยาง: 3*
- [5] กิตติพงษ์ หลงสะ. 2553. *สมบัติของน้ำทิ้งจากโรงงานผลิตน้ำยางชั้นเพื่อการเพาะเลี้ยงคลอเรลลาในระบบกึ่งต่อเนื่อง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2553
- [6] กรมควบคุมมลพิษ. 2548. *แนวปฏิบัติที่ดีด้านป้องกันและลดมลพิษอุตสาหกรรมยางน้ำข้น*. กรุงเทพมหานคร, กระทรวงทรัพยากรและสิ่งแวดล้อม, มกราคม. 2548
- [7] Danteravaich, S., Arrykul, S., Bunnual, P. and Prabnakorn, P.. 2009. *Primary treatment by air flotation in rubber trap of concentrated latex industry*. In S. Takizawa, F. Kurisu and H. Satoh (eds.), *Southeast Asian Water Environment 3*, United Kingdom: Page Bros Ltd, 2009., pp.198 – 201
- [8] กัลยา ศรีสุวรรณ. 2540. *การปรับปรุงระบบน้ำเสียแบบไร้อากาศของโรงงานน้ำยางชั้น*. รายงานการวิจัยประจำปี 2540. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2540.
- [9] จรรยา อินทมณี. 2540. *การบำบัดน้ำเสียจากอุตสาหกรรมน้ำยางชั้นโดยวิธีย่อยสลายแบบไร้อากาศ*. รายงานการวิจัยประจำปี 2540. ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [10] สุรรัตน์ แก้วสามดวง. 2552. *การหาสภาวะที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำเสียโรงงานน้ำยางชั้นด้วยระบบตะกอนเร่ง*. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, 2552.
- [11] Abraham, V.T., Nair, N. R. and Madhuc, G.. 2009. *Electrochemical treatment of skim serum effluent from natural rubber latex centrifuging units*. *Journal of Hazardous Materials*. 167(2009). pp. 494–499.
- [12] Ng Chiew Sum, Chen, S.F. and Ibrahim Ahmad. *PRIM Training Manual an Analytical Chemistry Latex and Rubber Analysis*. Rubb. Res. Ins. Of Malaysia, 1979. pp 201.
- [13] จิตต์ลัดดา ศักดาภิพาณิชย์. 2548. *การพัฒนาขบวนการสกัดและสารที่มีคุณค่าทางเศรษฐกิจจากของเสียที่ได้จากอุตสาหกรรมน้ำยางธรรมชาติ*. สถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2548):138-142.
- [14] Thongmak ,N., Sridang, P., Dantheravanich, S., Thaveepreeda, W., Wanichapichart P. and Annop, S..2009. *Filterability of latex serum and skim latex using lab scale plane organic membrane filtration: application to recovery value compound and to concentrate latex particle*. International Conference on Membrane Science and Technology (MST2009).
- [15] U.S. Environmental Protection Agency. 2010. *Methane Generation*. Technical support document for industrial wastewater treatment: final rule for mandatory reporting of greenhouse gases. pp. 4-1.

- [16] นฤมล ทิมทอง.2551. ผลของชีร้มน้ำยาราดต่อการเติบโตของต้นกล้าปาล์มน้ำม้นระยะอนุบาลแรก. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะบัณฑิตวิทยาลัย. จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2551.
- [17] รุจิรัตน์ ภากรศิลป์. 2542. การบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมยางด้วยวิธีทางเคมีและการประยุกต์ใช้ในการเพาะเห็ด. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2542.
- [18] กรองแก้ว สาครรัตน์. 2545. การใช้ชีร้มน้ำยาราดเป็นปุ๋ยในการปลูกข้าว. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2545
- [19] เวนนิภา เบ็ญจพงษ์. อันตรายจากสารกันบูด. วารสารอาหาร 25 (2538): 8-14.
- [20] Setter, T.L., Kupkanchanakul, T., Kupkanchandkul, K., Bhekasut, P., Wiengweera, A. and Greenway, H. 1988. *Environmental factors in deepwater rice areas in Thailand: oxygen, carbon dioxide, and ethylene.* Proceedings of the 1987 International Deepwater rice workshop. pp. 55-66
- [21] การไฟฟ้าส่วนภูมิภาค. (30 กรกฎาคม 2554). อัตราค่าใช้ไฟฟ้า [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: <http://www.pea.co.th/rates/Rate2011.pdf>
- [22] อนุชิต จิโรจน์โชติชัย. กรรมการผู้จัดการบริษัทอินเตอร์ริบบเอร์ลาเท็กซ์จำกัด. สัมภาษณ์, 5 กันยายน 2554.
- [23] Prescott SC .1912. *The bacterial of fermentation and putrefaction in relation to the conservation of food.* American Journal of Public Health. doi: 10.2105/AJPH.2.11.834. pp:834-839
- [24] Jensen, T.. 2010. Soil pH and The Availability of Plant Nutrients Soil. *Plant Nutrition Today* (Fall 2010): No.2.
- [25] อรุณี ยูวะนิยมและสมศรี อรุณินท์. เอกสารการวิจัยพืชทนเค็มและพืชชอบเกลือบางชนิดในดินเค็มจัดภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. กรุงเทพมหานคร: กรมพัฒนาที่ดิน กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2540.
- [26] สมพร แซ่ลี่. การศึกษาวิเคราะห์และทดสอบปุ๋ยน้ำชีวภาพที่มีจำหน่ายในท้องตลาด. วิทยานิพนธ์ปริญญาามหาบัณฑิต, ภาควิชาปฐพีศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2547.
- [27] Gellings, C.W. and Parmenter, K. E., *Energy Efficiency in Fertilizer Production and Use.* In Efficient Use and Conservation of Energy. Oxford: Eolss Publishers, 2004.