รายงานสืบเนื่อง
จากการประชุมวิชาการ (Proceedings)
การประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ

ราชภัฏวิจัย ครั้งที่ ๖
RUNRAC VI

ราชภัฏ ราชภักดิ์
สืบสานศาสตร์พระราชา
สู่การพัฒนาท้องถิ่นที่ยั่งยืน

๓ ยุทธศาสตร์การพัฒนาท้องถิ่น

๑๗-๑๘ สิงหาคม ๒๕๖๓
มหาวิทยาลัยราชภัฏจันทรเกษม

หน้า

อิทธิพลของสาร BAP และ NAA ต่อการเพิ่มปริมาณยอดของเนตรม่วงในสภาพปลอดเชื้อ
พรพรรณ สุขุมพินิจ และสราวุธ แสงสว่างโชติ 242
ภาพสะท้อนสังคมจากสำนวนเปรียบเทียบเชิงตำหนิในภาษาไทยถิ่นใต้
ชนางลักษณ์ ขุนทอง, สุจินต์ แก้วเกิด และกีรกิต จิตสมบูรณ์ 246
การจัดการการสื่อสารและการประชาสัมพันธ์การท่องเที่ยวเชิงเกษตรในจังหวัดจันทบุรีผ่านแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ
อนุพล สิงขรเขตต์ และบุษรา บรรจงการ 255
การดูดซึมน้ำมันดิบโดยใช้ฟองน้ำที่ผลิตจากซังข้าวโพด
ประยุกต์ เดชสุทธิกร, รจฤดี โชติกาวินทร์ และโกวิท สุวรรณหงษ์ 263
ความหลากหลายของโพรโทซัวในแม่น้ำวังช่วงที่ไหลผ่านเขตเทศบาลนครลำปาง
สุรกานต์ พยัคฆบุตร, ศาสตรา ลาดปะละ, ชัดนารี มีสุขโข, ณัฐริกา กันธิยะ, ปุณยนุช จิติ และปณิตตรา กันอินต๊ะ 269
ผลของน้ำมันสมุนไพรตำรับยาหมอพื้นบ้าน ซง สะกะแย ต่ออาการปวดเข่าและระดับความบวมของเข่าในผู้สูงอายุ ตำบลท่าแร้ง อำเภอบ้านแหลม จังหวัดเพชรบุรี
จรินทร์ทิพย์ โตใหญ่ดี, อัยณีย์ นาแวบือเจาะ, จัฟนีย์ ยานยา, มารีฮัน เจ๊ะเตะ, ฮัทมีย์ หะยีเจะอะมะ, อาแว ยีเฮง, ปรีดี มะมิง, วรัฏฐา เหมทอง และกิติศักดิ์ รุจิกาญจนรัตน์ 277
ประสิทธิภาพของน้ำมันหอมระเหยจากข่าในการยืดอายุการเก็บรักษาขนมปัง
สิทธินนท์ ไทยเขียว, นัชชา เซาะมัน, วรพรรณ บุญปก, สุกัญยา พานทอง, ณัฐธิดา เขียวบ้านยาง, ปัณฑมาศ ผดุงชอบ, สุเทียม เครือวัลย์ และธิติพงศ์ วุฒิศาสตร์ 284
การศึกษาฤทธิ์ต้านแบคทีเรียของสารสกัดจากพืชสมุนไพรที่พบได้ในจังหวัดสุราษฎร์ธานี
ศิริวรรณ เคี่ยมพันธ์, อัจฉรา สร้อยหอม, พัชรี หลุ่งหม่าน, วีณา จิรัตฐิวรุตม์กุล ชัยสาร, ดอกรัก ชัยสาร และจีรนันท์ กล่อมนรา แก้วรักษา 289
สีย้อมเส้นไหมจากครามธรรมชาติ
ยรรยง เจริญยิ่ง, สุภาภรณ์ ฤกษ์ดี, ศิริกุล อัมพะวะสิริ, นลินทิพย์ มากเขียว และพิเดช กมุติรา 297
แนวทางปฏิบัติสำหรับพ่อแม่หลังครอบครัวหย่าร้าง
ตฤณ แจ่มถิน 303
ความรู้ ทัศนคติ และพฤติกรรมการใช้บริการทันตกรรมของผู้ประกันตนสิทธิประกันสังคม อำเภอบางกล่ำ จังหวัดสงขลา
ภัชชนก รัตนกรปรีดา, วรพล หนูนุ่น, จิรารัตน์ พรหมจรรย์ และนามิเดียร์ แอเดียว 308
การรับรู้ต่อการจัดบริการและประสบการณ์การใช้บริการสุขภาพระดับปฐมภูมิสำหรับผู้สูงอายุในตำบลทุ่งหวัง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา
วรพล หนูนุ่น, ภัชชนก รัตนกรปรีดา, ซารีนา บินรัตแก้ว และฟาริดา แก้วเรืองศรี 316
ประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการบำบัดน้ำทิ้ง จากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา
หัสลินดา บินมะแอ, ปาตีเมาะ ดือมาลี และรอฮานี อาลี 323

ประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการบำบัดน้ำทิ้ง จากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา

The Efficiency of Bacteria for Wastewater Treatment from Concentrated Latex Processing Plant in Betong District Yala Province

หัสลินดา บินมะแอ, ปาตีเมาะ ดือมาลี และรอฮานี อาลี
หลักสูตรจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากน้ำทิ้ง เพื่อใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา เมื่อนำตัวอย่างน้ำทิ้งมาแยกเชื้อแบคทีเรียและทดสอบความสามารถในการย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมันของเชื้อที่แยกได้ พบว่าสามารถแยกเชื้อได้ทั้งหมด 13 ไอโซเลต เป็นเชื้อที่สร้างเอนไซม์อะไมเลสได้ 6 ไอโซเลต ในขณะที่เชื้อสามารถสร้างเอนไซม์โปรติเอสได้ 7 ไอโซเลต จากจำนวนของเชื้อที่แยกได้ พบว่าไอโซเลต CLS3 และ CLP9 มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์อะไมเลสและโปรติเอสได้สูงสุด โดยให้ความกว้างวงใสรอบโคโลนี เท่ากับ 11.50 และ 16.45 มิลลิเมตร ตามลำดับ ไม่พบเชื้อที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ไลเปส ลักษณะของแบคทีเรียพบว่าส่วนใหญ่เป็นติดสีแกรมลบ รูปท่อน ผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการบำบัดน้ำทิ้ง พบว่าไอโซเลต CLP9 มีประสิทธิภาพในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้ดีโดยสามารถลดค่า BOD และ COD ได้ร้อยละ 65.03 และ 68.17 ตามลำดับ ดังนั้นจึงควรพิจารณานำเชื้อแบคทีเรียไอโซเลตที่คัดเลือกได้ไปประยุกต์ใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

คำสำคัญ: แบคทีเรีย การบำบัดน้ำทิ้ง โรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

Abstract

The purpose of the research was studied the efficiency of bacterial isolates for wastewater treatment in the concentrated latex process effluent in Betong district, Yala province. The wastewater samples were collected from concentrated latex processing plant and processed for bacteria isolation. All bacterial isolates were tested for their ability to degrade of starch, protein and lipid. A total of 13 bacterial isolates, 6 were able to produce amylolytic enzyme while 7 isolated bacteria were able to produce proteolytic enzyme. Among bacterial isolates, CLS3 and CLP9 were showed the highest of inhibition zone on the degradation of starch and skim milk in 11.5 and 16.45 mm, respectively. No bacterial isolates were able to produce lipase. Most of the isolates were gram-negative, rod shape bacteria. The result of the effect of treatment efficiency in concentrated latex process effluent showed that CLP9 produced the highest BOD and COD removal at 65.03% and 68.17%, respectively. Thus, the application of bacterial isolates has been considered as potential to treat concentrated latex process effluent processing wastewater.

Keywords: Bacteria, Wastewater Treatment, Concentrated Latex Process Effluent

1. บทนำ

ยางพารา เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งและนำรายได้เข้าประเทศในแต่ละปีไม่น้อยกว่าพืชชนิดอื่นๆ ประเทศไทยเป็นประเทศที่ผลิตยางพาราเป็นลำดับหนึ่งของโลก รองลงมาคือ อินโดนิเซีย อินเดียและมาเลเซีย (Tanikawa, *et al*., 2016; Mokhtar *et al*., 2015) ซึ่งรัฐบาลไทยมีการสนับสนุน และได้กำหนดยุทธศาสตร์ยางพาราระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560-2579) เพื่อนำไปเสนอต่อคณะอนุกรรมการจัดทำยุทธศาสตร์ยางพารา กำหนดวิสัยทัศน์ไว้ว่า “เป็นผู้นำของโลกในด้านการผลิตและการส่งออกยางธรรมชาติ และผลิตภัณฑ์ยาง/ ไม้ยางพารา และทำให้เกษตรกรชาวสวนยางมีรายได้ที่ยั่งยืน” ยางพาราปลูกมากทางภาคใต้ โดยจังหวัดสุราษฎร์ธานีเป็นจังหวัดที่ปลูกมากที่สุด รองลงมา คือ สงขลา ทั้งนี้จังหวัดยะลาปลูกยางพารามากเป็นอันดับ 5 (สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร, 2563) มีพื้นที่ปลูกทั้งหมดในปี 2561 จำนวน 1,293,277 ไร่ อำเภอเบตงมีพื้นที่เพาะปลูกยาพารามากที่สุด ทั้งหมด 381,400 ไร่ (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดยะลา, 2562) ส่วนใหญ่มีการผลิตเป็นยางก้อนถ้วย น้ำยางสด และยางแผ่นดิบ ส่งจำหน่ายต่างจังหวัด เช่น จังหวัดสงขลา บางส่วนแปรรูปส่งไปจำหน่ายต่างประเทศผ่านทางด่านเบตง ยางพาราเป็นพืชที่ให้น้ำยาง (Latex) ซึ่งเป็นผลิตผลที่ได้จากท่อลำเลียงอาหารในส่วนเปลือกของต้นยางพารา และมีคุณสมบัติในด้านการยืดตัวความคงทน (abrasiverisistant) และความยืดหยุ่น (flexibility) เมื่อกรีดยางน้ำยางที่ออกมามีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวจนถึงขาวเหลืองขุ่นและข้น สามารถนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการ ผลิตผลิตภัณฑ์ยางชนิดต่างๆ สำหรับใช้ในอุตสาหกรรมหลายประเภท ได้แก่ อุตสาหกรรมไม้ยางพารา อุตสาหกรรมถุงมือยาง และอุตสาหกรรมยางพารา เช่น ยางรถยนต์ และเครื่องมือแพทย์ เป็นต้น ทั้งนี้หากมีการสนับสนุนให้มีการใช้ยางพาราสำหรับผลิตผลิตภัณฑ์ใหม่ๆ เช่น ใช้ในการสร้างเขื่อนยาง หรือใช้ยางพาราทำถนน จะทำให้มีแนวทางการใช้ยางพารามากขึ้น ทำให้อุตสาหกรรมน้ำยางข้น ซึ่งเป็นอุตสาหกรรมต้นของอุตสาหกรรมแปรรูปอื่นๆ มีการขยายตัวและกำลังการผลิตเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยจังหวัดยะลามีโรงงานแปรรูปยางที่ได้รับอนุญาตทั้งสิ้น 26 โรงงาน ส่วนใหญ่เป็นการแปรรูปยางขั้นกลางเพื่อส่งออกเป็นหลัก จำนวน 11 โรงงาน มีลูกค้าที่สำคัญ ได้แก่

จีน มาเลเซีย และสหรัฐอเมริกา มีโรงงานน้ำยางข้นจำนวน 5 โรงงาน และโรงงานอื่นๆ เช่น โรงงานยางแผ่นรมควัน, ยางแท่ง, ยางเครฟ และยางคอมปาวด์ (สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดยะลา, 2560) ทั้งนี้อุตสาหกรรมยางพาราก่อให้เกิดปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมที่สำคัญได้แก่ การจัดการน้ำเสียของโรงงานก่อนปล่อยสู่แหล่งธรรมชาติ โดยทั่วไปพบว่าน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยาง มีลักษณะคือมีกลิ่นเหม็น สีขาวขุ่น มีความหนืดเล็กน้อย ค่า pH อยู่ระหว่าง 3.9-7.5 มีปริมาณสารอินทรีย์สูง (Biochmical Oxygen Demand :BOD ถึง 890-7,000 มิลลิกรัมต่อลิตร Chemical Oxygen Demand : COD มีค่าสูงถึง 1,650-14,000 มิลลิกรัมต่อกรัม) และในน้ำทิ้งยังมีซีรั่ม (Serum) จากเนื้อยาง ซึ่งเป็นของเหลวสีขาวขุ่นประกอบไปด้วยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต ไขมัน คาโรทีนอย เป็นต้น (Mokhtar *et al*., 2015; Rosman *et al*., 2013; Mohammadi *et al*., 2010; Vijayaraghavan *et al*., 2008; Ramanan & Vijayan, 2016) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีวิธีบำบัดน้ำทิ้งดังกล่าวที่เหมาะสม เพื่อลดสารอินทรีย์ให้มีค่าใกล้เคียงกับค่ามาตรฐานน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมให้เป็นตามเกณฑ์กำหนด การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำยาง มีหลายวิธีการ เช่น กระบวนการทางกายภาพ-เคมี และกระบวนการทางชีวภาพ (Ramanan & Vijayan, 2016) ปัจจุบันมีการบำบัดน้ำทิ้งโดยกระบวนการทางชีวภาพมีมากขึ้น โดยการใช้จุลินทรีย์ทั้งที่ต้องการ และไม่ต้องการออกซิเจนในการเจริญในการย่อยสลายสารอินทรีย์ต่างๆ ที่มีอยู่ในน้ำทิ้ง เนื่องจากมีจุลินทรีย์หลายสายพันธุ์สามารถใช้สารอินทรีย์เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโตได้ มีการวิจัยศึกษาเกี่ยวกับการศึกษาการบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมยางพารา โดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงทางการค้า พบว่าเมื่อใช้ปริมาณของเชื้อแบคทีเรียที่ความเข้มข้นร้อยละ 6 (ปริมาตรต่อปริมาตร) จะส่งผลให้มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งสูงสุด โดยพบว่าในวันที่ 10 สามารถลด COD ได้ร้อยละ 92.9 (กนกวรรณ เสรีรักษ์, 2555) นอกจากนี้จากการศึกษาการเติมจุลินทรีย์ทางการค้าภายใต้ชื่อทางการค้า BIO100 ในบำบัดน้ำทิ้งยางก้อนถ้วยทีในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศ พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD และCOD ได้สูงสุดถึงร้อยละ 68.85 และ 72.02 ตามลำดับ ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 55 วัน (สุธาริณี สุริยนต์และคณะ, 2562) ตลอดจนมีการใช้แบคทีเรียที่คัดเลือกได้ 4 สายพันธุ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปยางพารา ได้แก่ *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., และ *Pseudomonas* sp. พบว่า เมื่อเพาะเลี้ยงแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ ในน้ำทิ้งดังกล่าว สามารถลด BOD และ COD ได้ร้อยละ 74.1 และ 79.92 ในวันที่ 15 ของการเลี้ยง ตามลำดับ (Pillai & Girish, 2014) ดังนั้นการบำบัดน้ำทิ้งด้วยวิธีทางชีววิทยาโดยใช้จุลินทรีย์ จึงเป็นวิธีการที่มีความเป็นไปได้ในการกำจัดสารอินทรีย์ต่างๆ จากน้ำทิ้งโรงงานยางพารา ทำให้ปริมาณสารอินทรีย์ (ค่า BOD, ค่า COD) ลดลงได้ ดังนั้นในงานวิจัยจึงนี้มีจุดมุ่งหมายในการคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์พวกแป้ง โปรตีน และไขมัน จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น แล้วนำแบคทีเรียที่คัดแยกได้มาบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น เพื่อเป็นแนวทางขั้นต้นในการบำบัดน้ำทิ้ง และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในระบบบำบัดน้ำเสียโรงงานอุตสาหกรรมน้ำยางให้มีประสิทธิภาพในการกำจัดน้ำทิ้งให้ดีขึ้น ทำให้ช่วยลดปัญหาด้านการบำบัดน้ำทิ้งและด้านมลภาวะสิ่งแวดล้อมที่เกิดจากการมียางปนเปื้อนอยู่ในน้ำทิ้งตลอดจนจะส่งผลทำให้เกิดสภาพแวดล้อมที่ดีต่อไป

2. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคัดแยกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น และศึกษาลักษณะบางประการของแบคทีเรียที่คัดแยกได้ ตลอดจนนำแบคทีเรียที่คัดแยกได้มาทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น ในระดับห้องปฏิบัติการ

3. ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา และนำน้ำทิ้งดังกล่าวมาคัดแยกแบคทีเรีย จากนั้นทดสอบความสามรถในการย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน คัดเลือกแบคทีเรียที่มีความสามารถในการย่อยแป้ง โปรตีน และไขมันสูงมาศึกษาลักษณะบางประการ และ ทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

4. กรอบแนวคิดในการวิจัย

ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำทิ้งโดยจุลินทรีย์ ขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ และสภาพแวดล้อมในการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์นั้น ดังนั้นการคัดแยกจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารอาหารในน้ำทิ้งจากแหล่งที่อยู่เดิมของเชื้อ มาใช้เติมลงในน้ำทิ้งจะส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพการบำบัดน้ำทิ้งให้สูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้จึงทำการคัดแยกแบคทีเรียจากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น ทดสอบความสามารถในการย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน จากนั้นนำแบคทีเรียที่คัดแยกได้มาทดสอบบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นในระดับห้องปฏิบัติการ

5. วิธีดำเนินการวิจัย

5.1 การแยกเชื้อแบคที่เรียจากตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา จากนั้นศึกษาลักษณะของน้ำทิ้ง โดยวัดค่า pH และอุณหภูมิ นำมาเพาะเลี้ยงเชื้อในอาหารเหลว (Nutrient broth :NB) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียล) นาน 48 ชั่วโมง จากนั้นแล้วเจือจางตัวอย่างในน้ำกลั่นให้ได้ความเข้มข้นเท่ากับ 10^{-3} 10^{-4} 10^{-5} และ10^{-6} เท่า แล้วใช้อาหารเลี้ยงเชื้อ starch agar, skim milk agar

และ tributyrin agar สำหรับคัดเลือกจุลินทรีย์ที่สามารถย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมันได้สูง ตามลำดับ ด้วยวิธีการ spread plate ดังนี้

5.1.1 การแยกเชื้อที่มีความสามารถในย่อยสลายแป้ง

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทิ้งที่เจือจางแล้ว จากนั้นทำการ spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ starch agar ในจานที่เพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างเชื้อที่เจริญได้ดีและมีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อ starch agar slant ตรวจสอบความสามารถในการย่อยสลายแป้ง โดยหยดสารสะลายไอโอดีน ลงบนโคโลนี หากเชื้อใดมีบริเวณรอบโคโลนีใสแสดงว่าเชื้อแบคทีเรียมีการย่อยแป้งได้

5.1.2 การแยกเชื้อที่มีความสามารถในย่อยสลายโปรตีน

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทิ้งที่เจือจางแล้ว จากนั้นทำการ spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ skim milk agar ในจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างของเชื้อที่เจริญได้ดีและสังเกตรอบโคโลนีหากมีบริเวณใสแสดงว่าเชื้อแบคทีเรียมีการย่อยสลายโปรตีน และเก็บลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อ skim milk agar slant

5.1.3 การแยกเชื้อที่มีความสามารถในย่อยสลายไขมัน

เพาะเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียในตัวอย่างน้ำทิ้งที่เจือจางแล้ว จากนั้นทำการ spread plate บนอาหารเลี้ยงเชื้อ tributyrin agar ในจานเพาะเชื้อ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล เป็นเวลานาน 48 ชั่วโมง แล้วเก็บตัวอย่างของเชื้อที่เจริญได้ดีและสังเกตรอบโคโลนีหากมีบริเวณใสแสดงว่าเชื้อแบคทีเรียมีการย่อยสลายไขมัน และเก็บลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน ในอาหารเลี้ยงเชื้อ tributyrin agar slant

5.2 การคัดเลือกจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพสูงในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส โปรติเอสและไลเปส

นำแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากข้อ 5.1 ทดสอบความสามารถในการผลิตเอนไซม์อะไมเลส โปรติเอสและไลเปส โดยเพาะเชื้อแบบ Point inoculation ลงในอาหารแข็ง starch agar, skim milk agar และ tributyrin agar ตามลำดับ บ่มที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียล เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง ทำการวัดความกว้างของบริเวณใสและเส้นผ่านศูนย์กลางของโคโลนี และเลือกเก็บเฉพาะเชื้อที่ให้ความกว้างของบริเวณใสมากที่สุด มาทดสอบประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งต่อไป

5.3 การศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยา และการติดสีแกรมของแบคทีเรียที่แยกได้จากน้ำทิ้งโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น นำเชื้อบริสุทธิ์ที่แยกได้จากข้อ 5.2 ย้อมสีแกรม และสังเกตภายใต้ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง

5.4 การทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น เก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา ปริมาณ 10 ลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง ตรวจสอบลักษณะของน้ำทิ้ง บันทึกสี วัด pH และอุณหภูมิ รวมทั้งวิเคราะห์ค่า BOD และ COD (APHA, AWWA & WEF, 1998) จากนั้นนำเชื้อแบคทีเรียจากข้อ 5.2 ที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยแป้ง โปรตีน และไขมัน มาทดสอบประสิทธิภาพการบำบัดจากน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น โดยการนำเชื้อแบคทีเรียดังกล่าวมาเลี้ยงแยกกันในอาหาร Nutrient broth (NB) บ่มที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียล) เป็นเวลานาน 24 ชั่วโมง บนเครื่องเขย่า ที่ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที แล้วนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสง (optical density) ที่ความยาวคลื่น 660 นาโนเมตร แล้วเติมเชื้อแบคทีเรียที่ต้องการ ความเข้มข้นของแต่ละเชื้อที่ร้อยละ 5 ลงในน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น 400 มิลลิลิตร เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ค่า pH อุณหภูมิ BOD และ COD ที่ 0 2 4 และ 6 วัน

6. ผลการวิจัย

6.1 ผลการแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

ผลการแยกเชื้อแบคทีเรียจากตัวอย่างน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น ด้วยวิธีการ spread plate แยกเชื้อได้ทั้งหมด 22 ไอโซเลต โดยพิจารณาจากแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ย่อยแป้ง และโปรตีน ได้จำนวน 10 และ 12 ไอโซเลต ตามลำดับ และไม่พบแบคทีเรียที่มีความสามารถในการผลิตเอนไซม์ย่อยไขมัน

6.2 ผลการคัดเลือกแบคทีเรียที่มีผลิตเอนไซม์อะไมเลส และโปรติเอสได้ดี

นำเชื้อแบคทีเรียที่แยกได้จากข้อ 6.1 มาทดสอบโดยวิธี point inoculum plate เพื่อทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ย่อยแป้ง และโปรตีน พบว่า แบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งในอารหาร starch agar ได้มีจำนวนทั้งหมด 6 ไอโซเลต ได้แก่ CLS1, CLS 2, CLS3, CLS5, CLS6 และ CLS7 โดย CLS3 แสดงความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนีมากที่สุด คือ 11.50 มิลลิเมตร และ CLS2 ให้ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนีน้อยที่สุด คือ 4.65 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 1 ส่วนแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนในอาหาร skim milk agar พบว่ามีจำนวนทั้งหมด 7 ไอโซเลต ได้แก่ CLP1, CLP2, CLP4, CLP6, CLP7, CLP8 และ CLP9 โดยไอโซเลต CLP9 ให้ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนีมากที่สุด คือ 16.45 มิลลิเมตร และ CLP6 ให้ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนีน้อยที่สุด คือ 6.30 มิลลิเมตร ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ความสามารถในการผลิตเอนไซม์ย่อยแป้งของแบคทีเรียที่แยกจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น จ. ยะลา

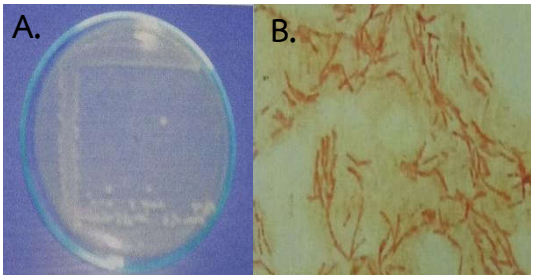
ไอโซเลต	ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนี (มิลลิเมตร)
CLS1	4.96±0.10
CLS2	4.65±0.21
CLS3	11.50±0.41
CLS5	9.05±0.43
CLS6	10.54±0.06
CLS7	7.93±0.33

ตารางที่ 2 ความสามารถในการผลิตเอนไซม์ย่อยโปรตีนของแบคทีเรียที่แยกจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น จ. ยะลา

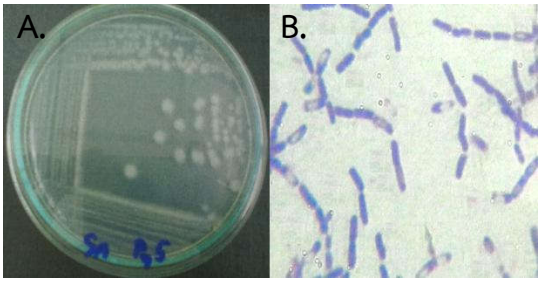
ไอโซเลต	ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนี (มิลลิเมตร)
CLP1	9.45±0.07
CLP2	7.70±0.22
CLP4	7.96±0.16
CLP6	6.30±0.24
CLP7	5.40±0.29
CLP8	5.55±0.19
CLP9	16.45±0.07

6.3 ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาบางประการของแบคทีเรียที่คัดแยกได้

จากการศึกษาลักษณะโคโลนีของแบคทีเรียที่คัดแยกได้จากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น ที่เจริญบนอาหาร Starch agar และ Skim milk agar นั้น มีลักษณะโคโลนีที่แตกต่างกัน คือมีโคโลนีมีสีขาว, ขาวขุ่น, ขาวนวล, ขาวใส, เหลือง และขาวขุ่นออกเหลือง ขอบโคโลนีมีทั้งขรุขระและเรียบ ผิวหน้าของโคโลนีมีทั้งขรุขระและเรียบ เมื่อนำมาศึกษาการติดสีแกรม พบว่าเป็นกลุ่มแกรมลบ (gram negative) ได้แก่ CLS1, CLS2, CLS3, CLP1, CLP4 และ CLP6 และกลุ่มแกรมบวก (gram positive) ได้แก่ CLS5, CLS7, CLP2, CLP7 และ CLP9 โดยลักษณะเซลล์และการจัดเรียงตัวของเซลล์ใต้กล้องเป็นแบบท่อน ดังภาพที่ 1 และ 2



ภาพที่ 1 ลักษณะโคโลนีของไอโซเลต CLS3 (A.) และรูปร่างเซลล์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (B.)



ภาพที่ 2 ลักษณะโคโลนีของไอโซเลต CLP9 (A.) และรูปร่างเซลล์ที่กำลังขยาย 1,000 เท่า (B.)

6.4 ผลทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

ผลการศึกษาลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา เบื้องต้นพบว่า น้ำทิ้งมีสีเทาขุ่น มีลักษณะหนืดเล็กน้อยและมีกลิ่นเหม็น เมื่อนำมาวัดค่า pH ได้เท่ากับ 6.4, BOD มีค่าเท่ากับ 3,300 มิลลิกรัมต่อลิตร และ COD เท่ากับ 5,800 มิลลิกรัมต่อลิตร

นำแบคทีเรียที่คัดแยกได้ที่มีประสทธิภาพในการย่อยแป้งและโปรตีนสูง โดยการคัดเลือกเฉพาะแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพสูงในการย่อยแป้ง โดยการตรวจสอบจากเชื้อที่ให้ความกว้างของวงใสตั้งแต่ 9 มิลลิเมตรขึ้นไป ซึ่งได้แก่ CLS3, CLS5 และ CLS6 และแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการย่อยโปรตีนได้สูงคือไอโซเลตที่ให้ความกว้างของวงใสตั้งแต่ 7 มิลลิเมตรขึ้นไป ได้แก่ CLP1, CLP2, CLP4 และ CLP9 นำมาเลี้ยงในอาหาร nutrient broth (NB) บ่มเป็นเวลา 48 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) และเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที จากนั้นนำมาวัดค่า optical density (OD) ที่ความยาวคลื่น 600 นาโนเมตร วัดการเจริญของแบคทีเรีย พบว่าเชื้อ CLS3, CLS5, CLS6, CLP1, CLP2, CLP4 และ CLP9 เจริญเติบโตได้เมื่อเวลาครบ 24 ชั่วโมง จากนั้นนำแบคทีเรียที่เลี้ยงในน้ำทิ้งจากโรงงาน แปรรูปน้ำยางข้นที่ผ่านการฆ่าเชื้อ ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 วัน เขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที เก็บตัวอย่างวันที่ 0, 2, 4 และ 6 พบว่าเมื่อใช้เชื้อ CLS3, CLS5, CLS6, CLP1, CLP2, CLP4 และ CLP9 ค่า pH ของน้ำทิ้งไม่มีการเปลี่ยนแปลงมากนักโดย pH จะอยู่ในช่วง 6.04 – 6.83 ส่วนผลการวิเคราะห์ค่า BOD ที่ผ่านการเลี้ยงเชื้อตั้งแต่วันที่ 0, 2, 4 และ 6 พบว่า ในวันที่ 6 เมื่อใช้เชื้อ CLS3, CLS5, CLS6, CLP1, CLP2, CLP4 และ CLP9 ส่งผลให้ค่า BOD ซึ่งมีค่าเริ่มต้น 3,300 มิลลิกรัมต่อลิตร ลดลง ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ผลค่า BOD ของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น เมื่อบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย

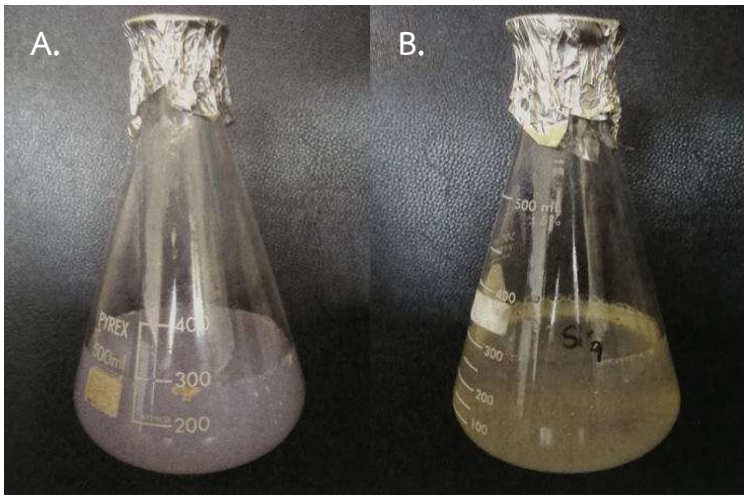
เชื้อทดสอบ	BOD เริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การเปลี่ยนแปลงค่า BOD หลังการบำบัดด้วยจุลินทรีย์ (วัน)			
		0	2	4	6
CLS3	3,300	3,303	2,175	1,940	1,325
CLS5	3,300	3,308	2,275	1,595	1,240
CLS6	3,300	3,305	2,170	1,925	1,290
CLP1	3,300	3,300	2,195	1,750	1,196
CLP2	3,300	3,300	2,280	1,675	1,490
CLP4	3,300	3,303	2,345	2,085	2,075
CLP9	3,300	3,307	2,150	1,225	1,154

จากตารางพบว่า เชื้ออทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นได้ต่ำที่สุด คือ CLP4 คิดเป็นร้อยละ 37.12 ในขณะที่เชื้ออทดสอบที่มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD ของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นได้สูงที่สุด คือ CLP9 คิดเป็นร้อยละ 65.03

ตารางที่ 4 ผลค่า COD ของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น เมื่อบำบัดด้วยเชื้อแบคทีเรีย

เชื้อทดสอบ	COD เริ่มต้น (มิลลิกรัมต่อลิตร)	การเปลี่ยนแปลงค่า ฉOD หลังการบำบัดด้วยจุลินทรีย์ (วัน)			
		0	2	4	6
CLS3	5,800	5,836	3,200	2,640	2,192
CLS5	5,800	5,828	3,040	2,520	2,145
CLS6	5,800	5,832	2,540	2,416	2,175
CLP1	5,800	5,832	2,934	2,280	2,080
CLP2	5,800	5,826	2,560	2,400	2,275
CLP4	5,800	5,824	3,600	3,360	3,106
CLP9	5,800	5,822	2,240	2,120	1,846

เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของแบคทีเรียในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นต่อค่า COD ดังตารางที่ 4 พบว่าแบคทีเรียไอโซเลต CLP9 มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้สูงสุด มีค่าเท่ากับ 1,846 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 68.17 ตลอดจนทำให้น้ำทิ้งมีความใสมากขึ้น ดังภาพที่ 1 รองลงมาคือแบคทีเรียไอโซเลต CLP1 และ CLS3 ของวันที่ 6 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นของ COD เท่ากับ 2,080 และ 2,145 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 64.13 และ 63.01 ตามลำดับ ในขณะแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียได้น้อยที่สุด คือแบคทีเรียไอโซเลต CLP4 พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นของ COD เท่ากับ 3,106 มิลลิกรัมต่อลิตร หรือลดลงร้อยละ 46.44



ภาพที่ 1 การเปรียบเทียบลักษณะของ น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นก่อนการบำบัด (A) และ น้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นหลังการบำบัด (B) ด้วยแบคทีเรียไอโซเลต CLP9 บนเครื่องเขย่าที่ความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง (28±2 องศาเซลเซียส) เป็นเวลา 6 วัน

7. สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

7.1 การแยกและคัดเลือกเชื้อแบคทีเรียจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

จากการนำน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นมาแยกเชื้อของแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน โดยการเลี้ยงเชื้อในอาหารเลี้ยง starch agar, skim milk agar และ tributyrin agar ตามลำดับ พบว่า สามารถแยกแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายแป้ง และโปรตีน ได้จำนวน 10 และ 12 ไอโซเลต ตามลำดับ ในขณะที่ไม่สามารถแยกเชื้อแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ย่อยไขมันได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของยุพดี ชัยสุขสันต์, เจริญ ภคธีรเธียร และสมรักษ์ พันธ์ผล (2547) คัดแยกแบคทีเรียจากน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น และแยกเชื้อแบคทีเรียมีการย่อยสลายแป้งและโปรตีนได้จำนวน 10 และ 17 ไอโซเลต ตามลำดับ และพบแบคทีเรียที่สร้างเอนไซม์ย่อยไขมัน จำนวน 7 ไอโซเลต ทั้งนี้เนื่องจากในน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมยาง จะมีส่วนประกอบของโปรตีน, น้ำตาลและไขมัน (Pillai & Girish, 2014) จึงทำให้จุลินทรีย์ผลิตเอนไซม์ย่อยสารอินทรีย์ดังกล่าวเพื่อใช้ในการเจริญเติบโต ทำให้มีบริเวณใสเมื่อเพาะเลี้ยงในอาหารเลี้ยงเชื้อเฉพาะ แสดงว่าเชื้อแบคทีเรียมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ ผลการทดสอบความสามารถในการสร้างเอนไซม์ที่ย่อยสลายแป้ง โปรตีน และไขมัน โดยวิธี point inoculum plate พบว่าแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยแป้งได้ มีจำนวนทั้งหมด 6 ไอโซเลต ได้แก่ CLS1, CLS 2, CLS3, CLS5, CLS6 และ CLS7 โดย CLS3 ให้ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนีมากที่สุด ส่วนแบคทีเรียที่สามารถสร้างเอนไซม์ย่อยโปรตีนได้มีจำนวนทั้งหมด 7 ไอโซเลต CLP1, CLP2, CLP4, CLP6, CLP7, CLP8 และ CLP9 โดยเชื้อ CLP9 ให้ความกว้างบริเวณวงใสรอบโคโลนีมากที่สุด

7.2 การศึกษาลักษณะบางประการของแบคทีเรียที่คัดแยกได้

ผลการศึกษาการติดสีแกรมของแบคที่เรียที่คัดได้ พบว่าไอโซเลตที่ติดสีแกรมลบ ได้แก่ CLS1, CLS2, CLS3, CLP1, CLP4 และ CLP6 และมีบางไอโซเลตที่ติดสีแกรมบวก ได้แก่ CLS5, CLS7, CLP2, CLP7 และ CLP9 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาการคัดแยกแบคทีเรียน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปยางพารา ที่พบทั้งแบคทีเรียแกรมบวกและแกรมลบ โดยแบคทีเรียแกรมบวก เชื้อที่จำแนกชนิดแล้วพบว่าได้แก่สายพันธุ์ *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp. และ*Lactobacillus* sp. (Pillai, H. P. S. & Girish. K., 2014) ส่วนแกรมลบ *Pseudomonas* sp. (Pillai & Girish, 2014; Shruthi *et al*., 2012) ผลการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาแบคทีเรีย พบว่ามีลักษณะเป็นรูปท่อนทั้งหมด สอดคล้องกับงานวิจัยการคัดแยกแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งของโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น พบว่าไอโซเลต W-1, W-25 และ W-25 มีความสามารถลด BOD และ COD สูง มีลักษณะเซลล์เป็นรูปท่อนทั้งหมด (ยุพดี ชัยสุขสันต์, เจริญ ภคธีรเธียร และสมรักษ์ พันธ์ผล, 2547)

7.3 ทดสอบประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่คัดเลือกได้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น

จากการศึกษาลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา พบว่า น้ำทิ้งมีกลิ่นเหม็น สีขุ่น มีความหนืดเล็กน้อย ค่า pH เป็น 6.4 BOD 3300 มิลลิกรัมต่อลิตร และค่า COD เป็น 5,800 มิลลิกรัมต่อกรัม ทั้งนี้ pH ของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นที่ศึกษามีค่าต่ำกว่ากับค่า pH ที่รายงานวิจัยอื่นๆ ที่ผ่านมา เปรียบเทียบกับน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นจากแหล่งอื่นๆ พบว่าน้ำทิ้งจากแต่ละแหล่งมีสมบัติที่แตกต่างกัน ดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ลักษณะของน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา เปรียบเทียบน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นจากแหล่งอื่น

คุณลักษณะของน้ำทิ้ง	การศึกษาครั้งนี้	1	2	3	4
สี	ขุ่น	-	-	-	-
pH	6.4	3.9	7.35	3.7-5.5	7.5
BOD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	3,300	1,500	890	1,500-7,000	1,380
COD (มิลลิกรัมต่อลิตร)	5,800	1,650	1,850	3,500-14,000	2,960

1: Mokhtar *et al*., 2015
2: Rosman *et al*., 2013
3: Mohammadi *et al*., 2010
4: Vijayaraghavan *et al*., 2008

จากตารางที่ 5 พบว่าน้ำทิ้งที่ใช้ในงานวิจัยนี้ มีทั้งความขุ่น ค่า pH ค่อนข้างเป็นกรดเล็กน้อยรวมทั้งค่า BOD และ COD สูงกว่าสมบัติของน้ำทิ้งที่เคยมีผู้วิจัยก่อนหน้านี้ไว้ (Mokhtar *et al*., 2015; Rosman *et al*., 2013; Mohammadi *et al*., 2010; Vijayaraghavan *et al*., 2008)

เมื่อศึกษาประสิทธิภาพของแบคทีเรียที่คัดเลือกได้มาใช้บำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น พบว่าไอโซเลต CLP9 มีความสามารถในการลดค่า BOD และ COD ได้ประสิทธิภาพ ในวันที่ 6 ของบำบัด กล่าวคือสามารถลดได้ถึงร้อยละ 65.03 และ 68.17 ตามลำดับ รองลงมา คือการบำบัดน้ำทิ้งด้วยไอโซเลต CLP1 ซึ่งมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้ง ในวันที่ 6 ที่สามารถลดค่าของ BOD และ COD ได้ลดลงร้อยละ 63.75 และ 64.13 ตามลำดับ ทั้งนี้ไอโซเลต CLP9 มีประสิทธิภาพบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นใกล้เคียงกับการใช้จุลินทรีย์ทางการค้ายี่ห้อ BIO100 ที่พบว่าประสิทธิภาพในการบำบัดค่า BOD ลดลงร้อยละ 68.85 และCOD ลดลงร้อยละ 72.02 ที่ระยะเวลาเก็บกักน้ำทิ้ง 55 วัน เมื่อบำบัดในระบบบำบัดน้ำเสียชนิดไร้อากาศ (สุธาริณี สุริยนต์และคณะ, 2562) นอกจากนี้ยังเคยมีการศึกษาการใช้ *Pseudomonas* sp. ในการบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมยางพารา พบว่า *Pseudomonas* sp. สามารถลดค่าของ BOD และ COD มากที่สุด ในวันที่ 15 หลังการบำบัด ลดลงร้อยละ 72.1 และ 79.4 ตามลำดับ (Shruthi *et al*., 2012) นอกจากนี้ยังเคยมีการศึกษาการใช้แบคทีเรียผสมระหว่าง *Arthrobacter* sp., *Bacillus* sp., *Lactobacillus* sp., และ *Pseudomonas* sp. ในการบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปยางพารา พบว่า กลุ่มแบคทีเรียทั้ง 4 สายพันธุ์ สามารถลด BOD ได้ร้อยละ 74.1 และ COD ได้ร้อยละ 79.92 ในวันที่ 15 ของการเลี้ยง (Pillai & Girish, 2014) ซึ่งให้ผลใกล้เคียงกับการใช้แบคทีเรียไอโซเลต CLP9 อย่างไรก็ตามงานวิจัยของ Pillai & Girish (2014) ใช้ระยะเวลาในการหมักนานถึง 15 วัน แต่ CLP9 ใช้เวลาในการบำบัดน้ำ 6 วัน และเมื่อพิจารณาลักษณะน้ำทิ้งจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้นก่อนการบำบัดจะเป็นของเหลว สีขุ่น มีกลิ่นเหม็น มีความหนืดเล็กน้อย แต่เมื่อผ่านการบำบัดแล้วลักษณะของน้ำจะใสขึ้น ดังภาพที่ 1 ซึ่งเนื่องมาจากจุลินทรีย์ใช้สารอาหารในน้ำทิ้งเพื่อการเจริญ

8. ข้อเสนอแนะและการนำไปใช้ประโยชน์

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาขั้นต้นในการบำบัดน้ำเสียโดยใช้จุลินทรีย์ การศึกษาเพิ่มเติมต่อไปในรายละเอียดของเชื้อแต่ละไอโซเลตต่างๆ เช่น สภาวะที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต การหาปริมาณเอนไซม์อะไมเลส และโปรติเอสเชิงปริมาณ ตลอดจนศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตเอนไซม์ บำบัดน้ำทิ้งในโรงงานอุตสาหกรรมผลิตยางต่อไป

9. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น อำเภอเบตง จังหวัดยะลา ที่อนุเคราะห์ตัวอย่างน้ำทิ้ง และขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่ให้ความอนุเคราะห์สนับสนุนทุนสำหรับการดำเนินการวิจัย ตลอดจนขอขอบพระคุณหลักสูตรจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา ที่อำนวยความสะดวกในการใช้วัสดุอุปกรณ์ทางห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้การศึกษาในครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

10. เอกสารอ้างอิง

กนกวรรณ เสรีรักษ์. (2555). *การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานผลิตน้ำยางข้นและยางแท่งโดยแบคทีเรียสังเคราะห์แสงทางการค้า*. (วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สงขลา.

ยุพดี ชัยสุขสันต์, เจริญ ภคธีรเธียร และสมรักษ์ พันธ์ผล. (2547). การคัดเลือกแบคทีเรียที่มีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียจากโรงงานแปรรูปน้ำยางข้น. *วารสารวิทยาศาสตร์, 58(5)*, 345-357.

สุธาริณี สุริยนต์, พฤกษ์ ตัญตรัยรัตน, ฤทธิรงค์ จังโกฎิ และสุทิน ชนะบุญ. (2562). ผลของหัวเชื้อจุลินทรีย์ต่อประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียยางก้อนถ้วยด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบตรึงฟิล์มจุลินทรีย์ชนิดไม่ใช้อากาศ. *วารสารวิจัยสาธารณสุขศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 12(2)*, 19-30.

สำนักงานเกษตรและสหกรณ์จังหวัดยะลา. (กันยายน 2562). ข้อมูลรายสินค้าของจังหวัดยะลา ประจำปีงบประมาณ 2562 “ยางพารา”. [รายงานข้อมูล]. สืบค้นจาก https://www.opsmoac.go.th/yala-dwl-files-412791791834

สำนักงานพัฒนาการวิจัยการเกษตร. (13 กรกฎาคม 2563). *คลังข้อมูลสารสนเทศระดับภูมิภาค (ภาคใต้):ยางพารา*. [รายงานการสำรวจ]. สืบค้น จาก http://www.arda.or.th/kasetinfo/south/para/controller/01-09.php

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดยะลา. (สิงหาคม 2560). รายงานความเคลื่อนไหวการลงทุนอุตสาหกรรม ของจังหวัดยะลา ประจำเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2560. [รายงานข้อมูล]. สืบค้นจาก http://www.industry.go.th/yala/index.php/doc01/2560/23607-11-2560-pdf/file

APHA, AWWA and WEF. (1998). *Standard Method for the Examination of Water and Wastewater*. 18th ed. N. Y. : American Public Health Association.

Mohammadi, M., Man, H. C., Hassan, M. A., & and Yee, P. L. (2010). Treatment of wastewater from rubber industry in Malaysia. *African Journal of Biotechnology,9(38),* 6233-6243.

Mokhtar, N.M., Lau, W.J., Ismail, A.F., & Veerasamy, D. (2015). Membrane distillation technology for treatment of Wastewater from rubber industry in Malaysia. *Procedia CIRP, 26,* 792 – 796.

Pillai, H. P. S. & Girish. K., (2014). Rubber processing industry effluent treatment using a bacterial consortium. *International Journal* of *Current* Microbiology and *Applied Sciences, 3(10),* 775-782.

Ramanan, G., & Vijayan, N. (2016). Treatment of waste water from natural rubber processing plant. *International Journal of Scientific Engineering and Research,4(6)*, 45-48.

Rosman, N. H., Anuar, A. N., Othman, I., Harun, H., Sulong (@ Abdul Razak), M. Z., Elias, S. H., Hassan, M. A. H. M.

Chelliapan, S., & Ujang, Z. (2013). Cultivation of aerobic granular sludge for rubber wastewater treatment. *Bioresource Technology, 129*, 620–623

Shruthi, S., Raghavendra, M.P., Smitha, H.S. S., & Girish, K. (2012). Bioremediation of rubber processing industry effluent by *Pseudomonas* sp. *International Journal of Research in Environmental Science and Technology, 2(2)*, 27-30.

Tanikawa, D., Syutsubo, K., Hatamoto, M., Fukuda, M., Takahashi, M., Choeisai, P. K., & Yamaguchi, T. (2016). Treatment of natural rubber processing wastewater using a combination system of a two-stage up-flow anaerobic sludge blanket and down-flow hanging sponge system. *Water Science & Technology.73(8),* 1777-1784.

Vijayaraghavan K., Ahmad, D., & Ahmad Yazid, A.Y., (2008). Electrolytic treatment of Standard Malaysian Rubber process wastewater. *Journal of* Hazardous Materials,*150*, 351–356.