นิพนธ์ต้นฉบับ

ปัญหาน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพในจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง

Survey of Wastewater Problems from Bioresource Industrial Factories in Songkhla and Pattalung Provinces

คำสำคัญ (Key word) : โรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพ, น้ำทิ้ง, สงขลา, พัทลุง, ระบบตะกอนเร่ง

นุกูล อินทระสังขา* มาณี แก้วชนิด ปนัดดา พรหมรักษ์*** และ ธวัฒน์ชัย เทพนวล******

* **PhD (Microbiology)** อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

** วท.บ(เทคโนโลยีการเกษตร) นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

*** วท.บ. (ชีววิทยา) นักวิทยาศาสตร์ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

**** วท.ม. (ฟิสิกส์) อาจารย์ประจำภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

Abstract

This study is aimed at the problems arising from bioresource industry in two provinces in Southern Thailand, namely, Songkhla and Pattalung, during 2000. Initially, it was found that this industry has a major proportion up to 62% among overall industries. Up to 41% of the bioresource industry is rice mill industry. Some industries have caused environmental problems in two provinces, namely, seafood processing industry and rubber latex industry. The preliminary investigation of the effluents discharged from their wastewater treatment plants was conducted from 3 factories, i.e. Seafood canning (Factory A1), Seafood processing (Factory B1) and Rubber latex processing (Factory C1). It was found that the Biochemical Oxygen Demand (BOD) from their discharges was still below the limit of the governmental guidelines. However, the nutrient levels (both Nitrogen and Phosphorus) in their effluents were remarkably high in three factories. It was very obvious that high nutrient levels wastewater can cause eutrophication problems in the natural receiving waterways which mean the overgrowth of aquatic plants and seaweed are occurring. In addition, bacteriological quality results of these three factories were also found in high levels of faecal indicating bacteria, namely coliform bacteria especially from Factory A1. The survey of the incidence of operational problems in 5 Activated sludge treatment plants from the bioresource industry was also conducted in Songkhla province. These factories were all seafood industries. It was found that Factories B2 and E were encountering the sludge bulking and foaming problems, which effected the quality of their effluents. The identification of filamentous bacteria in the activated sludge were found in a majority of *Norcardia* spp and *Microthrix parvicella* which mostly cause the bulking and foaming problems.

บทคัดย่อ

จากจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุงในปี พ.ศ. 2543 พบว่ามีโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพร้อยละ 62 ส่วนใหญ่เป็นโรงสีข้าวร้อยละ 41 โรงงานที่สร้างปัญหาทางสิ่งแวดล้อมคือ โรงงานแปรรูปอาหารทะเลและโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำทิ้ง (Effluent) จากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพตัวอย่าง 3 แห่ง คือ โรงงานอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง (โรงงาน ก) โรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง (โรงงาน ข) และโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา (โรงงาน ค) พบว่า มีค่าปริมาณบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand) ยังอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งที่กรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ แต่พบปริมาณสารอาหารในรูปของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูงมาก ซึ่งถ้าปล่อยลงสู่แหล่งน้ำตามธรรมชาติจะส่งผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศคือทำให้เกิดการแพร่ระบาดของพืชและสาหร่ายในแหล่งน้ำ นอกจากนั้นพบว่ามีปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม (Coliform bacteria) ดังกล่าวในปริมาณสูงมากโดยเฉพาะโรงงาน ก เนื่องมาจากโรงงานตัวอย่างทั้งสามแห่งไม่มีขั้นตอนการทำลายเชื้อโรคในระบบบัดน้ำทิ้ง ผลการสำรวจปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพจำนวน 5 แห่ง พบว่าโรงงานทั้ง 5 แห่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล (โรงงาน A-E) โดยศึกษาปัญหาของการเกิดตะกอนลอยตัวและการเกิดโฟมของแต่ละโรงงาน พบว่ามีเพียง 2 แห่งที่มีปัญหา คือโรงงาน B และโรงงาน E โดยพบแบคทีเรียชนิดเส้นใยเป็นจำนวนมาก คือ *Norcardia* spp. และ *Microthrix parvicella* ตามลำดับ แบคทีเรียทั้งสองชนิดมีรายงานว่าเป็นต้นเหตุของการเกิดตะกอนลอยตัวและการเกิดโฟม

คำนำ

ประเทศไทยมีทรัพยากรชีวภาพที่อุดมสมบูรณ์ทั้งพืช สัตว์ และจุลินทรีย์ ทรัพยากรชีวภาพเหล่านี้จึงเป็นวัตถุดิบที่สำคัญในการประกอบกิจการอุตสาหกรรมที่เรียกว่า อุตสาหกรรมชีวภาพ (Bioresource industry) ตัวอย่างเช่น อุตสาหกรรมแปรรูปน้ำยางพารา อุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล อุตสาหกรรมแปรรูปวัตถุดิบทางเกษตร เป็นต้น ในภาคใต้จังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุงมีความอุดมสมบูรณ์จากทรัพยากรชีวภาพมาก สามารถปลูกพืชและเลี้ยงสัตว์เศรษฐกิจหลายชนิด จึงเป็นศูนย์กลางธุรกิจด้านประมงและการเพาะเลี้ยงสัตว์น้ำโดยเฉพาะกุ้งกุลาดำ ในปัจจุบันมีการขยายตัวอย่างรวดเร็วของชุมชน โรงงานอุตสาหกรรมและกิจกรรมการเกษตร ทำให้เกิดภาวะเสื่อมโทรมของทรัพยากรธรรมชาติโดยเฉพาะแหล่งน้ำ ถึงแม้ว่าโรงงานอุตสาหกรรมส่วนใหญ่จะมีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้งตามข้อกำหนดของทางราชการ แต่ยังมีการร้องเรียนจากประชาชนเกี่ยวกับการปล่อยน้ำทิ้งลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะและทำให้เกิดการเน่าเสียอยู่เสมอ เนื่องจากระบบการบำบัดน้ำทิ้งที่ใช้อยู่มีประสิทธิภาพต่ำ ขาดผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีความรู้ รวมถึงการมีข้อกำหนดทางกฎหมายที่ผ่อนผันให้ผู้ประกอบการไม่ต้องเข้มงวดกับการลงทุนเรื่องการจัดการสิ่งแวดล้อมที่เหมาะสม เนื่องจากมีข้อจำกัดทางเศรษฐกิจของประเทศไทย เพื่อไม่เป็นการปิดกั้นการลงทุนของภาคเอกชน (สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12, 2540)

น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพหลายประเภท เช่น โรงงานแปรรูปผลิตภัณฑ์ประมงและโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา นอกจากจะมีสารอินทรีย์ที่ตรวจวัดในรูปของค่าบีโอดี (Biochemical Oxygen Demand, BOD) หรือ ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) ในปริมาณที่สูงแล้วยังมีสารอนินทรีย์โดยเฉพาะในรูปของไนโตรเจน และฟอสฟอรัสสูงอีกด้วย หากน้ำทิ้งดังกล่าวไม่ได้รับการกำจัดที่ถูกต้องจะส่งผลให้แหล่งน้ำเกิดปรากฏการณ์ที่เรียกว่า Eutrophication อันเนื่องมาจากสารไนโตรเจนและฟอสฟอรัสไปกระตุ้นสาหร่ายและพืชน้ำให้เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วและส่งผลกระทบต่อคุณภาพของแหล่งน้ำนั้นๆ อย่างรุนแรง นอกจากนี้พบว่าส่วนใหญ่น้ำทิ้งจากกิจการประมงมีความเค็มสูงเนื่องจาก

มีการใช้น้ำทะเลและผลิตภัณฑ์จากทะเลทำให้การบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานประเภทนี้มีความยุ่งยากมากขึ้น (Intrasungkha, 1998)

ในปัจจุบันระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบชีวภาพเป็นที่นิยมมากขึ้น โดยใช้จุลินทรีย์เป็นตัวการสำคัญในการลดสิ่งสกปรกในน้ำทิ้ง ระบบนี้มีทั้งระบบที่ใช้เครื่องมือทันสมัยในการควบคุมการเติมอากาศ การควบคุมตะกอนจุลินทรีย์ เช่น ระบบตะกอนเร่ง (Activated sludge system) และระบบที่มีเทคโนโลยีต่ำ เช่น ระบบบ่อเติมอากาศ (Aerated lagoon) และ ระบบบ่อธรรมชาติ (Stabilization pond) ระบบบำบัดน้ำทิ้งที่โรงงานอุตสาหกรรมในเขตพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลาส่วนมากใช้เป็นระบบที่มีเทคโนโลยีต่ำ เนื่องจากมีข้อได้เปรียบเรื่องมีพื้นที่กว้างขวาง ใช้งบลงทุนและดำเนินการไม่สูง แต่ระบบดังกล่าวมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งต่ำ แต่ปัจจุบันที่ดินมีราคาแพงมากขึ้น และการที่ชุมชนมีการขยายตัวออกไปใกล้กับเขตอุตสาหกรรมมากขึ้น อีกทั้งรัฐธรรมนูญใหม่ได้ให้สิทธิประชาชนมีส่วนร่วมในการดูแลจัดการปัญหาสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ดังนั้นภาคอุตสาหกรรมจึงจำเป็นต้องปรับปรุงระบบบำบัดน้ำทิ้งที่มีคุณภาพสูงขึ้น ระบบตะกอนเร่งเป็นระบบที่ยอมรับกันว่ามีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดและมีศักยภาพในการเข้ามาทดแทนระบบแบบง่ายที่ต้องใช้พื้นที่มาก แม้จะใช้เงินลงทุนสูงแต่ระบบดังกล่าวมีรูปแบบปลีกย่อยมากมายสามารถปรับใช้ให้เข้ากับสถานการณ์ของแต่ละโรงงานได้ อย่างไรก็ตามมีปัญหาที่เกิดกับระบบนี้เช่นกันคือการขาดความเข้าใจในระบบทางชีวภาพอย่างแท้จริง ที่ผ่านมามักเป็นหน้าที่ของวิศวกรในการออกแบบและควบคุมระบบและทำตามตำราต่างประเทศเป็นส่วนใหญ่ ระบบดังกล่าวนี้มีปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอนของจุลินทรีย์ที่เป็นที่รู้จักกันดีคือ ตะกอนจุลินทรีย์ลอยตัว (Bulking) และการเกิดโฟม (Foaming) ซึ่งเกิดจากแบคทีเรียชนิดที่เป็นเส้นใย (Filamentous bacteria) ทำให้สูญเสียตะกอนจุลินทรีย์ของระบบ ทำให้ประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำทิ้งลดลง นอกจากนี้ยังมีรายงานว่า แบคทีเรียชนิดที่เป็นเส้นใยบางชนิดสามารถก่อให้เกิดโรคติดต่อได้ เช่น *Rhodococcus* spp. (Blackall และ คณะ , 1988; Prescott, 1991)

งานวิจัยนี้จึงต้องการรวบรวมข้อมูลทั่วไปของการจัดการปัญหาน้ำทิ้งจากกลุ่มโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพ โดยการศึกษาข้อมูลจากผลงานที่มีผู้ทำการศึกษามาแล้ว (Secondary data) รวมกับข้อมูลที่จะศึกษาเพิ่มเติม (Primary data) โดยการสอบถามสังเกตและสัมภาษณ์ผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรม และตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติของน้ำทิ้งจากตัวแทนโรงงานอุตสาหกรรมเพื่อศึกษาคุณภาพของน้ำทิ้งและการหาแนวทางการบำบัดที่เหมาะสมต่อไป พร้อมกับศึกษาปัญหาด้านการตกตะกอนจุลินทรีย์ในโรงงานที่มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง โดยเน้นการตรวจหาชนิดของจุลินทรีย์แบบเส้นใยที่อาจเป็นสาเหตุการเกิดตะกอนลอยตัวและการเกิดโฟม

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

1. ศึกษาข้อมูลและเอกสารเกี่ยวกับโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพจากหน่วยงานราชการและเอกชน ในจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง

2. เก็บข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามเกี่ยวกับการจัดการน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม รวมทั้งการสัมภาษณ์ผู้ประกอบการและเจ้าหน้าที่ของภาครัฐ

3. คัดเลือกโรงงานอุตสาหกรรมตัวแทน จำนวน 3 แห่ง ขอความร่วมมือจากผู้ประกอบการในการตรวจวิเคราะห์สภาพทั่วไปของระบบการบำบัดน้ำทิ้งที่มีอยู่ และเพื่อเก็บตัวอย่างน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดน้ำทิ้งมาแล้วจากแต่ละโรงงาน จำนวน 3 ครั้ง ในช่วงเวลา 1 เดือน แต่ละโรงงานจะทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ณ จุดเก็บตัวอย่าง ได้แก่ อุณหภูมิ ค่าความเค็มและความนำไฟฟ้า นอกจากนั้นทำการเก็บตัวอย่างน้ำประมาณ 2.5 ลิตร โดยแยกเก็บในขวดแก้วบีโอดีจำนวน 3 ขวด อีกประมาณ 1 ลิตรใส่ในขวดพลาสติก และเก็บใส่ขวดแก้วที่ทำให้ปราศจากเชื้อล่วงหน้าอีกประมาณ 0.5 ลิตร ทำการเก็บรักษาในกระติกน้ำแข็งที่อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส ช่วงเวลาเก็บตัวอย่างประมาณ 11-14 นาฬิกานำกลับมา

ทำการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ที่สำคัญบางประการในห้องปฏิบัติการ ดังนี้

- บีโอดี วิเคราะห์โดยวิธี Axide modification method (APHA, 1992)

- ไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต และฟอสฟอรัสในรูปของฟอสเฟต วัดโดยวิธี Spectroquant test kits (Merck Ltd., Darmstadt, Germany)

- ความเค็ม ค่าการนำไฟฟ้า และอุณหภูมิ วัดโดยใช้ Salinometer-Conductometer (LF320 WTW, Germany)

- ค่าความเป็นกรด-ด่าง วัดโดยใช้ pH meter (WTW, Germany)

- ค่าออกซิเจนที่ละลายในน้ำ โดยใช้ DO meter (OXI 320, Germany)

- ค่าตะกอนแห้ง โดยใช้วิธีการกรองด้วยกระดาษกรอง GF/C และอบแห้งเพื่อหาน้ำหนักแห้งของตะกอน (Mixed liquor suspended solids; MLSS) (APHA, 1992)

- ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* โดยวิธีเยื่อกรอง (HMSO, 1982)

4. สำรวจปัญหาของระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง จากโรงงานอุตสาหกรรมที่มีระบบนี้จำนวน 5 โรง โดยตรวจหาชนิดและความหนาแน่นของแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยตามวิธีของ Jenkins และคณะ (1993) พร้อมทั้งตรวจหาลักษณะของการตกตะกอนของสลัดจ์ (Activated sludge) ในระบบ เช่น มีการตรวจหาค่า SVI (Sludge Volume Index) นอกจากนั้นทำการตรวจสอบชนิดของแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยโดยเปรียบเทียบรูปร่างของเซลล์ การติดสีย้อม บันทึกภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์

5. รวบรวมข้อมูลการดำเนินการบำบัดน้ำทิ้งของระบบตะกอนเร่งจากวิศวกรผู้ควบคุมระบบ เพื่อประกอบการวินิจฉัยสาเหตุของปัญหาการเกิดตะกอนลอยตัวและการเกิดโฟม

ผลการศึกษาและการอภิปรายผล

ข้อมูลทั่วไปของโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพในจังหวัดสงขลาและพัทลุง

จากการศึกษาจำนวนและประเภทโรงงานอุตสาหกรรมในจังหวัดสงขลาและพัทลุงจากเอกสารทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมของทั้งสองจังหวัด ในปี พ.ศ. 2541 มีโรงงานทั้งหมดจำนวน 2,347 โรง เป็นโรงงานในจังหวัดสงขลาจำนวน 1,579 โรงและในจังหวัดพัทลุงจำนวน 768 โรง เมื่อพิจารณาจากประเภทของโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าเป็นโรงงานที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมชีวภาพโดยนับรวมโรงสีข้าวด้วยมีจำนวนทั้งสิ้น 1,463 โรง คิดเป็นร้อยละ 62.3 แต่โรงสีข้าวส่วนใหญ่ไม่มีการปล่อยน้ำทิ้ง ดังนั้นถ้าคิดเฉพาะโรงงานที่มีการปล่อยน้ำทิ้งพบว่าจะมีเพียง 485 โรง หรือเพียงร้อยละ 21 ของจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมทั้งหมดในสองจังหวัดดังกล่าว (ตารางที่ 1) ในจังหวัดสงขลามีโรงงานอุตสาหกรรมประเภทที่เกี่ยวข้องกับการแปรรูปไม้สูงที่สุด คือ 176 โรง (คิดเป็นร้อยละ 36) รองลงมาเป็นอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม คือ มี 89 โรง (คิดเป็นร้อยละ 18) ส่วนโรงงานที่เกี่ยวข้องกับอาหารทะเล การแปรรูปน้ำยางพารา และอุตสาหกรรมการเกษตร (ยกเว้นโรงสี) มีจำนวนทั้งหมด 68, 66 และ 5 โรง ตามลำดับ (คิดเป็นร้อยละ 14, 13.6 และ 1 ตามลำดับ) ประเภทของโรงงานในจังหวัดพัทลุงส่วนใหญ่ เป็นโรงงานแปรรูปไม้จำนวน 61 โรง (คิดเป็นร้อยละ 12.6) รองลงมาเป็นโรงงานเกี่ยวข้องกับอาหารและเครื่องดื่ม จำนวน 15 โรง และโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา มีทั้งหมด 5 โรง (คิดเป็นร้อยละ 3 และ 1 ตามลำดับ)

ตารางที่ 1 สรุปข้อมูลจำนวนโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพที่เกี่ยวข้องกับการปล่อยน้ำทิ้งในจังหวัดสงขลาและพัทลุงในปี พ.ศ. 2541 (สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา, 2541; สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพัทลุง, 2541)

ประเภทอุตสาหกรรม	จังหวัดสงขลา	จังหวัดพัทลุง
อุตสาหกรรมการแปรรูปน้ำยางพารา	66	5
อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่ม *	89	15
อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารทะเล	68	-
อุตสาหกรรมแปรรูปไม้	176	61
อุตสาหกรรมการเกษตร (ยกเว้นโรงสีข้าว)	5	-
รวม	404	81

*ยกเว้นอุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับอาหารทะเล

ข้อมูลคุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพในจังหวัดสงขลา

ผลการสำรวจข้อมูลเบื้องต้นทั้งจากเอกสารที่ได้จากโดยหน่วยงานราชการที่เกี่ยวข้องโดยตรงและจากคณะที่ปรึกษาของโครงการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา (The EMSONG Project) และบริษัทที่ปรึกษารับจัดทำแผนปฏิบัติการและจัดลำดับความสำคัญของการลงทุนเพื่อแก้ไขปัญหาสิ่งแวดล้อมของจังหวัดสงขลาและจังหวัดพัทลุง พบว่าโรงงานในเขตดังกล่าวนี้ส่วนใหญ่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมแปรรูปอาหารทะเล และอุตสาหกรรมแปรรูปยางพารา ซึ่งส่วนมากเป็นโรงงานขนาดใหญ่มีกำลังผลิตสูง และมีการใช้น้ำในการผลิตสูงทำให้มีการปลดปล่อยน้ำทิ้งออกมาเป็นจำนวนมาก คณะผู้วิจัยได้เลือกโรงงาน 3 แห่งในจังหวัดสงขลาเพื่อทำการศึกษาคุณสมบัติทางเคมี กายภาพและจุลชีววิทยาบางประการของน้ำทิ้งที่ผ่านออกจากโรงงาน (Effluent) โดยเป็นน้ำที่ผ่านการบำบัดของระบบกำจัดน้ำทิ้งของแต่ละโรงงานแล้ว เพื่อตรวจสอบคุณสมบัติที่สำคัญในการเป็นสาเหตุทำให้สภาพแวดล้อมทางน้ำเสียไป

ผลการวิเคราะห์คุณลักษณะทางเคมีและกายภาพของน้ำที่ผ่านการกำจัดของโรงงานทั้งสามแห่งโดยทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้งในรอบ 1 เดือน ดังแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1) คุณภาพน้ำทางเคมี และกายภาพ พบว่าในน้ำที่ผ่านการบำบัดด้วยระบบตะกอนเร่งคือ จากโรงงาน ก และ ข มีคุณภาพดีกว่าโรงงาน ค ซึ่งใช้ระบบแบบบ่อแบบธรรมชาติ โดยใช้เกณฑ์ของค่าบีโอดี ซึ่งในสองโรงงานแรกมีค่าเฉลี่ยต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำของกรมโรงงานอุตสาหกรรมที่กำหนดให้ค่าบีโอดี ไม่เกิน 20 มก./ล. คือ โรงงาน ก มีค่าเฉลี่ย 7 มก./ล. และ โรงงาน ข มีค่าเฉลี่ย 8 มก./ล. ในขณะที่โรงงาน ค มีค่าเฉลี่ยที่ 27 มก./ล. นอกจากนี้เมื่อพิจารณาจากค่าความเข้มข้นของปริมาณธาตุอาหารทั้งไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำที่ผ่านการบำบัดจากทั้งสามโรงงานตัวอย่างพบว่าทุกโรงงานมีปริมาณสูงมาก กล่าวคือ มีค่าเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนระหว่าง 14-203 มก./ล. ค่าเฉลี่ยของไนไตรต์-ไนโตรเจนระหว่าง 20.5-41.6 มก./ล. ค่าเฉลี่ยของไนเตรต-ไนโตรเจนระหว่าง 5.6-10.2 มก./ล. และค่าเฉลี่ยของฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสระหว่าง 30.7-53.6 มก./ล. ส่วนคุณสมบัติทางเคมีและกายภาพอื่นๆ ไม่มีข้อแตกต่างที่เด่นชัด ยกเว้นแต่จากโรงงาน ค ซึ่งใช้ระบบแบบบ่อธรรมชาติทำให้มีปริมาณสาหร่ายปะปนอยู่ในน้ำที่ผ่านการบำบัดในบ่อสุดท้ายเป็นจำนวนมากสังเกตได้จากน้ำมีสีเขียว ในขณะในโรงงานอีกสองแห่งมีปริมาณสาหร่ายบ้างแต่ไม่มากเท่าในโรงงาน ค

2) คุณสมบัติทางจุลชีววิทยา ผลจากการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียบ่งชี้ (Indicator bacteria) สำหรับ

การปนเปื้อนของอุจจาระคนและสัตว์เลือดอุ่น โดยใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* พบว่า แบคทีเรียโคลิฟอร์มในโรงงานทั้งสามแห่งมีปริมาณสูงมาก โดยเฉพาะจากโรงงาน ก คือ มีปริมาณเฉลี่ยของแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมดสูงสุดถึง 150,000 โคโลนี/100 มล. ส่วนแบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์มมีสูงถึง 83,000 โคโลนี/100 มล. และ *E. coli* สูงถึง 63,000 โคโลนี/100 มล. ส่วนโรงงาน ค มีปริมาณเฉลี่ยแบคทีเรียทั้งสามประเภทน้อยที่สุด คือมีแบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด 34,000 โคโลนี/100 มล. แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม 3,700 โคโลนี/100 มล. และ *E. coli* 3,700 โคโลนี/100 มล. เนื่องจากปัจจุบันจะยังไม่มีการกำหนดมาตรฐานด้านจุลชีววิทยาของน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม แต่จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าโรงงานตัวอย่างทั้งสามแห่งขาดระบบการกำจัดเชื้อโรคจึงทำให้มีแบคทีเรียดังกล่าวหลงเหลืออยู่เป็นปริมาณมาก ซึ่งเป็นข้อมูลบ่งชี้ว่าอาจมีเชื้อโรคจากระบบทางเดินอาหาร แพร่กระจายและก่อให้เกิดโรคติดต่อทางน้ำชนิดต่างๆ ในแหล่งรองรับน้ำทิ้งตามธรรมชาติได้ ดังนั้นจึงควรมีขั้นตอนการบำบัดเชื้อจุลินทรีย์เพิ่มเติม เช่น การเติมคลอรีน หรือ การเพิ่มบ่อผึ่งแดดในระยะสุดท้าย (Maturation pond) เป็นต้น

การสำรวจปัญหาของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่ง จากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพในจังหวัดสงขลาจำนวน 5 แห่ง

ข้อมูลเบื้องต้นของโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพที่มีการติดตั้งระบบตะกอนเร่งมีดังนี้

โรงงาน A เป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลจำพวกกุ้งและปลาแช่เยือกแข็ง เป็นโรงงานขนาดกลางตั้งอยู่ใกล้ชายฝั่งทะเล

โรงงาน B เป็นโรงงานผลิตอาหารทะเลจำพวกกุ้ง ปู หอยลาย และปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง เป็นโรงงานขนาดใหญ่และตั้งอยู่ในเขตชุมชน โรงงานได้ติดตั้งระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งร่วมกับระบบบำบัดแบบเคมี-กายภาพที่เรียกว่า Dissolved Air Floatation System

โรงงาน C เป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเน้นกุ้งแช่เยือกแข็ง เป็นโรงงานขนาดกลางตั้งอยู่ในเขตชุมชน โรงงานได้ติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบผสมคือระบบจานหมุนชีวภาพ (Bio-Rotor System) และระบบตะกอนเร่ง

โรงงาน D เป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเน้นปลาทูน่าบรรจุกระป๋อง เป็นโรงงานขนาดใหญ่ ตั้งอยู่ห่างจากเขตชุมชน มีระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง โดยต่อเชื่อมกับระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบบ่อหมักไร้อากาศ

โรงงาน E เป็นโรงงานแปรรูปอาหารทะเลเน้นกุ้งทะเล เป็นโรงงานขนาดกลาง มีการติดตั้งระบบบำบัดน้ำทิ้งที่ทันสมัยมาก กล่าวคือมีการติดตั้งระบบ Upflow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) รวมกับระบบตะกอนเร่งแบบ Sequencing Batch Reactor (SBR)

ผลการสำรวจพบสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นกับระบบบำบัดน้ำทิ้งแตกต่างกันออกไปมีข้อน่าสังเกตว่าผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำทิ้งส่วนใหญ่เป็นช่างไฟฟ้า หรือคนงานธรรมดาโดยมีผู้ควบคุมคือวิศวกรของโรงงานหรือวิศวกรที่ปรึกษาที่ทางโรงงานจ้างไว้เป็นครั้งคราว ความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับระบบบำบัดมีน้อย ปัญหาที่พบส่วนใหญ่คือ ระบบทำงานเกินกว่าความสามารถในการบำบัด (Overloading) นอกจากนี้ยังขาดความรู้ทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ในระบบบำบัดน้ำเสีย ปัญหาที่เกิดตามมาได้แก่ น้ำที่ผ่านการบำบัดมีตะกอนแขวนลอย (Suspended solids) และ/หรือมีค่าบีโอดีสูงเกินกว่าที่กฎหมายกำหนดไว้ มีกลิ่นเหม็นจากระบบเนื่องจากมีการย่อยสลายแบบไร้อากาศ มีการเกิดตะกอนลอยตัว และการเกิดโฟม (Foam) อันเนื่องจากจุลินทรีย์ชนิดเส้นใย ผลการศึกษาดังสรุปในตารางที่ 3

ผลการทดสอบค่าดัชนีการตกตะกอนของจุลินทรีย์ (Sludge Volume Index, SVI) จากระบบบำบัดน้ำทิ้งจากโรงงานทั้ง 5 แห่ง พบว่าปัญหาเรื่องการเกิดตะกอนลอยตัว (Sludge bulking) และการเกิดโฟมมีอัตราความรุนแรงแตกต่างกันออกไป ทั้งๆที่วัตถุดิบในการผลิตของโรงงานที่ทำการศึกษาเป็นอาหารทะเลคล้ายคลึงกัน โรงงาน B และ โรงงาน E พบการเกิดปัญหาตะกอน

ตารางที่ 2 คุณสมบัติของน้ำที่ผ่านการบำบัดจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพบางแห่งในจังหวัดสงขลา
(ทำการเก็บตัวอย่าง 3 ครั้ง ระหว่างเดือน พฤษภาคม - มิถุนายน 2543)

โรงงาน		คุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัด (mg/l)												
		pH	Temp. (°C)	Conduct. (mS/cm)	Salinity (ppt)	TDS	DO	BOD	NH_4-N	NO_2-N	NO_3-N	PO_4-P	TC (cfu/ 100 ml)	FC (cfu/ 100 ml)	EC (cfu / 100 ml)
ก	ค่าเฉลี่ย	7.38	31.5	3.02	1.53	1674	0.6	7	86.0	20.5	5.6	30.7	1.5×10^5	8.3×10^4	6.3×10^4
	SD	0.25	0.6	0.14	0.12	92	0.7	6	13.5	17.0	6.0	2.6			
ข	ค่าเฉลี่ย	7.89	29.3	1.68	0.73	936	7.8	8	14.4	34.6	9.7	53.6	6.7×10^4	3.7×10^3	3.7×10^3
	SD	0.47	0.9	0.15	0.06	44	7.6	10	3.3	8.8	7.5	4.5			
ค	ค่าเฉลี่ย	8.18	32.4	2.44	1.23	1453	9.5	27	203.0	41.6	10.2	42.4	3.4×10^4	3.7×10^3	3.7×10^3
	SD	0.14	0.5	0.67	0.47	444	1.5	1	70.2	26.1	8.4	6.4			

หมายเหตุ โรงงาน ก = โรงงานแปรรูปอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง (มีระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง)
โรงงาน ข = โรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง (มีระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง)
โรงงาน ค = โรงงานแปรรูปน้ำยางพารา (มีระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบบ่อธรรมชาติ)
TC = Total coliform bacteria
FC = Faecal coliform bacteria
EC = *Escherichia coli*

ตารางที่ 3 ผลการสำรวจปัญหาเกี่ยวกับการตกตะกอนและการเกิดโฟมของระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่งในจังหวัดสงขลา

โรงงาน	SV_{30} (มล.)	MLSS (มก/ล)	SVI (มล./ก.)	ลักษณะตะกอน จุลินทรีย์ในถังเติมอากาศ	ค่าคะแนนความหนาแน่นของแบคทีเรียแบบเส้นใย*
A	910	6,845	133	-สีดำเข้ม -มีโฟมลอยเล็กน้อย	3
B	988	5,615	179	-สีน้ำตาลอมดำ -มีโฟมลอยเล็กน้อย	6
C	240	3,270	74	-สีน้ำตาลอ่อน -มีโฟมลอยเล็กน้อย	0
D	360	3,185	113	-สีดำคล้ำ -มีโฟมลอยเล็กน้อย	5
E	760	2,021	376	-สีน้ำตาลอมเหลือง -มีโฟมลอยมากมาย	6

* Subjective scoring of filamentous abundance ตามข้อเสนอของ Jenkins และ คณะ (1993)

0 หมายถึง ไม่พบจุลินทรีย์ชนิดที่เป็นเส้นใย
1 หมายถึง พบจุลินทรีย์ที่เป็นเส้นใยเล็กน้อย โดยพบเพียงในบาง floc
2 หมายถึง พบจุลินทรีย์ชนิดเป็นเส้นใยได้โดยทั่วไป โดยพบเพียงบาง floc
3 หมายถึง พบจุลินทรีย์ชนิดเป็นเส้นใยได้โดยทั่วไป โดยพบเกือบทุก floc แต่มีปริมาณน้อย (1-5 เส้น/ floc)
4 หมายถึง พบจุลินทรีย์ชนิดเป็นเส้นใยได้โดยสม่ำเสมอ โดยพบในปริมาณหนาแน่นราว 5-20 เส้น/floc
5 หมายถึง พบจุลินทรีย์ชนิดเป็นเส้นใยมาก โดยพบในความหนาแน่นมากกว่า 20 เส้น/ floc
6 หมายถึง พบจุลินทรีย์ชนิดเป็นเส้นใยหนาแน่นมาก โดยพบมากมายในทุก floc และมีมากกว่าจุลินทรีย์อื่นๆ

ลอยตัว โดยพิจารณาจากค่า SVI ที่เกินกว่า 150 มล./ก. (US EPA, 1987) ในขณะที่อีก 3 โรงงานมีค่าต่ำกว่า 150 มล./ก. สาเหตุความแตกต่างน่าจะมาจากรูปแบบการทำงานของระบบที่แตกต่างกัน หรือเพราะปัจจัยที่ใช้การควบคุมระบบที่ไม่เหมือนกัน เช่น อายุของตะกอนจุลินทรีย์ ความเข้มข้นของน้ำทิ้ง และปริมาณความเข้มข้นของออกซิเจนที่ให้กับระบบ การตรวจสอบข้อมูลในรายละเอียดเพื่อทำการเปรียบเทียบจึงทำได้ยาก อย่างไรก็ตาม การตรวจสอบลักษณะทางชีวภาพของตะกอนจุลินทรีย์สามารถช่วยบอกถึงปัจจัยเกื้อหนุนที่ทำให้เกิดปัญหาการตกตะกอนจุลินทรีย์และการเกิดโฟมได้

ผลการวิเคราะห์ตะกอนจุลินทรีย์ในระบบตะกอนเร่งได้แก่ แบคทีเรีย (ทั้งแบบรูปร่างเป็นท่อน ทรงกลม และที่เป็นเส้นใยยาว) โปรโตซัว สาหร่าย และหนอนตัวกลม

จากการตรวจวัดค่าความหนาแน่นของจุลินทรีย์แบบเส้นใย พบว่ามีความสัมพันธ์กับลักษณะปัญหาการตกตะกอนของระบบ (ตารางที่ 3) กล่าวคือ โรงงาน B และ E มีปัญหาเรื่องตะกอนลอยตัว เนื่องจากมีแบคทีเรียแบบเส้นใยเป็นปริมาณมาก ทำให้เกิดการเกาะเกี่ยวกันระหว่างก้อนจุลินทรีย์ ที่เรียกว่า "ฟลอค (Floc)" ในขณะที่โรงงานอื่นๆ (A, C, D) มีในปริมาณน้อยกว่าจึงทำให้ก้อนจุลินทรีย์ตกตะกอนได้ดีกว่า นอกจากนี้ในตัวอย่างโฟมที่เก็บมาพบว่าส่วนใหญ่ประกอบด้วยจุลินทรีย์แบบเส้นใยโดยเฉพาะโรงงาน E จากการจำแนกชนิดแบคทีเรียที่เป็นเส้นใย พบว่าตะกอนจุลินทรีย์จากระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่งประกอบด้วยแบคทีเรียที่เป็นเส้นใยหลายชนิดแต่ทำการศึกษาเฉพาะชนิดที่เด่นและที่พบเป็นปริมาณมาก เพื่อวิเคราะห์สาเหตุของการแพร่ระบาดเป็นจำนวนมากและผลกระทบต่อการตกตะกอนและการเกิดโฟม เพื่อเป็นการหาแนวทางการแก้ปัญหาต่อไป

การเกิดปัญหาตะกอยลอยตัวพบในโรงงาน B และ E ทราบได้จากการวัดค่า SVI ซึ่งมีค่าสูงเกินกว่าค่าที่ทาง US EPA (1987) กำหนดไว้ที่ 150 มล./ก. โดยเฉพาะจากโรงงาน E วัดได้สูงถึง 376 มล./ก. ขณะที่โรงงาน B วัดได้เพียง 179 มล./ก. แบคทีเรียชนิดเส้นใยที่พบมากจากตะกอนจุลินทรีย์ทั้ง 2 แห่งก็แตกต่างกัน โดยที่โรงงาน B พบ *Norcadia* spp. ส่วนโรงงาน E พบ *Microthrix parvicella* แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้ก่อให้เกิดการเกิดปัญหาตะกอนลอยตัวและ/หรือเกิดโฟมมีลักษณะคล้ายคลึงกันคือเนื่องจากอายุของตะกอนจุลินทรีย์ยาวนาน (Long sludge age) หรือตะกอนจุลินทรีย์อยู่ในระบบยาวนานเกินไป รวมถึงมีค่าปริมาณอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ (F/M Ratio) ต่ำ ซึ่งหมายถึงมีปริมาณจุลินทรีย์ในระบบมากขณะที่มีอาหาร (ในรูปของน้ำเสียที่ทำการบำบัด) น้อย (Seviour, 1999, Jenkins และ คณะ, 1993) นอกจากนี้ในกรณีโรงงาน E การตรวจพบเชื้อ *Microthrix parvicella* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดทั้งตะกอนลอยตัวและการเกิดโฟมนั้นมีความเกี่ยวข้องชนิดของระบบบำบัดน้ำเสียแบบตะกอนเร่งที่ดำเนินการอยู่ โดยมีลักษณะที่เรียกว่า Sequencing Batch Reactor (SBR) ซึ่งเป็นระบบที่อาศัยการปรับเปลี่ยนระยะเวลาของช่วงต่างๆ ของระบบให้เป็นช่วงเติมน้ำเสีย (Feeding) ช่วงเติมอากาศ (Aeration) ช่วงตกตะกอน (Settling) และช่วงไหลออก (Decanting) ให้เกิดในถังปฏิกิริยาเดียวกัน ซึ่งระบบ SBR มีข้อดีหลายประการแต่ข้อเสียคือกระตุ้นหรือส่งเสริมจุลินทรีย์แบบเส้นใยบางชนิดให้เจริญเติบโตมาก เช่น *Microthrix parvicella* ซึ่งมีรายงานการพบเชื้อนี้ในระบบที่ช่วงสลับระหว่างระยะเติมอากาศ (Aerobic) ระยะไม่เติมอากาศแต่เป็น Anoxic (ระยะที่ใช้สารไนเตรตเป็นตัวรับอิเลคตรอนตัวสุดท้ายแทนออกซิเจนอิสระ) และระยะที่ไม่มีออกซิเจน (Anaerobic) (Jenkins และ คณะ, 1993)

สรุปและข้อเสนอแนะ

ผลการศึกษาพบว่าในจังหวัดสงขลามีโรงงานอุตสาหกรรมมากกว่าจังหวัดพัทลุง และทั้งสองจังหวัดมีโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพในสัดส่วนสูงถึงร้อยละ 62 ส่วนใหญ่เป็นโรงสีข้าวถึงร้อยละ 41 ซึ่งไม่มีการปล่อยน้ำทิ้ง ซึ่งพบว่าส่วนใหญ่เป็นโรงงานแปรรูปไม้ และโรงงานอุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มโดยเฉพาะโรงงานอาหารแปรรูปอาหารทะเล พบว่าโรงงานประเภทที่สร้างปัญหาทางสิ่งแวดล้อมในเขตจังหวัดสงขลาและพัทลุงอย่างมากคือกลุ่มโรงงานแปรรูปอาหารทะเลและโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา คือในบางเวลาจะส่งกลิ่นเหม็นออกมารบกวนประชาชนในบริเวณใกล้เคียง มีการร้องเรียนให้หน่วยงานราชการหรือสื่อมวลชนรับรู้และแก้ไขอยู่เป็นประจำ ผลการศึกษาคุณสมบัติของน้ำทิ้งหรือน้ำที่ผ่านการบำบัดจากตัวอย่างโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพ 3 แห่ง คือ โรงงานแปรรูปอาหารทะเลบรรจุกระป๋อง (โรงงาน ก) โรงงานแปรรูปอาหารทะเลแช่แข็ง (โรงงาน ข) และโรงงานแปรรูปน้ำยางพารา (โรงงาน ค) พบว่า มีค่าปริมาณบีโอดี หรือความต้องการออกซิเจนในปฏิกิริยาชีวเคมี ยังอยู่ในเกณฑ์ที่ทางกรมโรงงานอุตสาหกรรมกำหนดไว้ คือ

ไม่เกิน 20 มก./ล. ยกเว้นโรงงาน ค โรงงาน ก และ ข มีค่าเฉลี่ยของบีโอดี ประมาณ 7-8 มก./ล. ในขณะที่โรงงาน ค มีค่าเฉลี่ยสูงถึง 27 มก./ล. สาเหตุที่มีค่าบีโอดีต่ำเนื่องมาจากโรงงาน ก และ ข ใช้ระบบบำบัดน้ำทิ้งแบบตะกอนเร่ง ซึ่งมีประสิทธิภาพในการลดค่าบีโอดีสูง (มากกว่าร้อยละ 90) ส่วนโรงงาน ค ใช้ระบบบ่อแบบธรรมชาติซึ่งมีประสิทธิภาพต่ำกว่า (ประมาณร้อยละ 70-80) ผลการศึกษาเรื่องปริมาณธาตุอาหารในรูปของไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในน้ำที่ผ่านการบำบัดของโรงงานทั้งสามแห่งพบว่ามีปริมาณสูงมาก เนื่องจากไม่มีการติดตั้งขั้นตอนการบำบัดสารอาหารซึ่งเรียกว่า การบำบัดขั้นที่สาม (Tertiary treatment) กล่าวคือ พบปริมาณไนโตรเจนในรูปของแอมโมเนีย ไนไตรต์ ไนเตรต และฟอสฟอรัสในรูปออโธฟอสเฟตในปริมาณสูงเกินกว่าระดับความเข้มข้นที่มีมาตรฐานน้ำทิ้งกำหนดไว้ โดยเฉพาะในโรงงาน ค มีปริมาณเฉลี่ยของแอมโมเนีย-ไนโตรเจนสูงที่สุดถึง 203 มก./ล. ไนไตรต์-ไนโตรเจน 41.6 มก./ล. และไนเตรต-ไนโตรเจน 10.2 มก./ล. ส่วนปริมาณฟอสเฟต-ฟอสฟอรัสมีสูงถึง 42.4 มก./ล. ซึ่งถ้าน้ำทิ้งดังกล่าวนี้มีการปลดปล่อยสู่แหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติจะส่งผลกระทบต่อความสมดุลของระบบนิเวศทำให้เกิดการระบาดของพืชน้ำและสาหร่ายในแหล่งน้ำนั้นๆ เรียกว่า Eutrophication จึงควรมีการบำบัดสารดังกล่าวควบคู่ไปกับการบำบัดสารอินทรีย์ในรูปของค่าบีโอดีด้วย ผลการตรวจสอบปริมาณแบคทีเรียบ่งชี้ สำหรับการปนเปื้อนของอุจจาระคนและสัตว์เลือดอุ่น โดยใช้แบคทีเรียโคลิฟอร์มทั้งหมด แบคทีเรียฟีคัลโคลิฟอร์ม และ *Escherichia coli* พบว่าโรงงานตัวอย่างทั้งสามแห่งมีปริมาณแบคทีเรียบ่งชี้ดังกล่าวในปริมาณสูงมาก โดยเฉพาะโรงงาน ก มีปริมาณเฉลี่ยของเชื้อ *E. coli* สูงถึง 63,000 โคโลนี/100 มล. ส่วนโรงงาน ข และ ค มีปริมาณเฉลี่ยของ *E. coli* เท่ากันคือ 3,700 โคโลนี/100 มล. เนื่องจากทุกโรงงานไม่มีขั้นตอนการกำจัดเชื้อโรคของน้ำทิ้งก่อนการปล่อยลงสู่แหล่งรองรับน้ำตามธรรมชาติ

ผลการศึกษาปัญหาของระบบตะกอนเร่งในการบำบัดน้ำทิ้งจากอุตสาหกรรมชีวภาพจำนวน 5 แห่ง ในเขตอำเภอเมืองสงขลาและหาดใหญ่ พบว่า โรงงานทั้ง 5 แห่งเป็นโรงงานอุตสาหกรรมอาหารทะเล (โรงงาน A-E) พบว่ามีเพียง 2 แห่งที่มีปัญหา คือโรงงาน B และโรงงาน E โดยมีค่าดัชนีการตกตะกอนของสลัดจ์ (ค่า SVI) เกินกว่าที่ทาง US EPA (1987) กำหนดไว้คือถ้าเกิน 150 มล./ก. ถือว่าเกิดปัญหาตะกอนลอยตัว นอกจากนั้นโรงงาน E ยังพบปัญหาการเกิดโฟมอย่างมากอีกด้วย ส่วนการตรวจสอบชนิดของแบคทีเรียแบบเส้นใยจากตะกอนจุลินทรีย์ที่เก็บจากระบบของโรงงานทั้ง 5 แห่ง พบว่าแบคทีเรียชนิดเส้นใยที่พบเป็นจำนวนมากในโรงงาน B และโรงงาน E คือ *Norcardia* spp. และ *Microthrix parvicella* ตามลำดับ แบคทีเรียทั้งสองชนิดนี้มีรายงานว่าเกี่ยวข้องกับการเกิดตะกอนลอยตัวและการเกิดโฟม โดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยหลายประการ เช่น การมีอายุตะกอนจุลินทรีย์มากเกินไป รวมถึงมีค่าปริมาณอาหารต่อปริมาณจุลินทรีย์ต่ำ (Seviour, 1999; Jenkins และ คณะ, 1993) เนื่องจากไม่ได้ทำการศึกษาในปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับการออกแบบระบบบำบัดน้ำเสียอย่างละเอียด ดังนั้นการตรวจพบแบคทีเรียทั้งสองชนิดดังกล่าวจึงเพียงข้อสันนิษฐานเบื้องต้นในการหาทางแก้ปัญหาที่ถูกวิธีต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. การศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของปัญหาน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพพบการปนเปื้อนธาตุอาหารในรูปไนโตรเจนและฟอสฟอรัสในปริมาณสูงมาก ควรมีการศึกษาแนวทางการบำบัดน้ำทิ้งในขั้นที่ 3 หรือที่เรียกว่า Nutrient removal process จากน้ำทิ้งดังกล่าว

2. ควรมีการศึกษาการนำของเสียทั้งในรูปของแข็งและของเหลวจากโรงงานอุตสาหกรรมชีวภาพมาใช้ประโยชน์อย่างจริงจัง เช่น บางโรงงานมีการนำกากของเสียจากปลาทูน่ามาผลิตเป็นอาหารสัตว์ หรือปลาป่น นอกจากนั้นยังมีรายงานการนำน้ำทิ้งจากโรงงานปลาป่นมาเลี้ยงไรแดงเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์น้ำ เป็นต้น

3. ควรมีการฝึกอบรมเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจด้านชีววิทยาให้กับผู้ควบคุมระบบบำบัดน้ำทิ้ง เช่นการตรวจดูลักษณะของตะกอนจุลินทรีย์ โดยเน้นการหาชนิดของแบคทีเรียเส้นใย หรือโปรโตซัว เพื่ออธิบายสาเหตุหรือป้องกันการเกิดปัญหาในการดำเนินการบำบัดน้ำทิ้งด้วยระบบตะกอนเร่ง

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณผู้ให้การสนับสนุนการวิจัยครั้งนี้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมหาวิทยาลัยทักษิณที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัย ข้อมูลบางส่วนได้รับความอนุเคราะห์จากสำนักงานจังหวัดสงขลา และสำนักงานจังหวัดพัทลุง ขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ รวมทั้งขอบคุณบรรดาผู้บริหารโรงงานอุตสาหกรรมในสองจังหวัดดังกล่าวที่ได้ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดี

เอกสารอ้างอิง

สำนักงานสิ่งแวดล้อมภาคที่ 12. 2541. **รายงานการติดตามตรวจสอบคุณภาพน้ำในพื้นที่ลุ่มน้ำทะเลสาบสงขลา ปี 2540.** สำนักนโยบายและแผนสิ่งแวดล้อม กระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม.

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา. 2541. **ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดสงขลา. พ.ศ. 2541** สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

สำนักงานอุตสาหกรรมจังหวัดพัทลุง. 2541. **ทำเนียบโรงงานอุตสาหกรรมจังหวัดพัทลุง พ.ศ. 2541** สำนักงานปลัดกระทรวงอุตสาหกรรม กระทรวงอุตสาหกรรม.

APHA. 1992. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater.** American Public Health Association, Washington D C.

Blackall, L L, Harbers, A.E., Greenfield, P.F. and Harward, A. C. 1988. Actinomycete scum problems in Australian activated sludge plants. **Wat. Sci. & Tech.** 20, 493-495.

Intrasungkha, N. 1998. **The Suitable Technology for the Treatment of Seafood Processing Wastewater.** Ph.D. Thesis, The University of Queensland,Australia.

Jenkins, D, Richard, M G and Daigger, G T. 1993. **Manual on the Causes and Control of Activated Sludge Bulking and Foaming.** 2nd edn. Lewis Publishers, Boca Raton.

HMSO. 1982. **Methods for the Examination of Waters and Associated Materials, The Bacteriological Examination of Drinking Water Supplies.** Reports on Public Health and Medical Subjects, NO. 71, London: HMSO.

Prescott, J.F. 1991. *Rhodococcus equi*: an animal and human pathogen. **Clin. Microbiol. Rev.** 4: 20-34.

Seviour, R.J. 1999. **The normal microbial communities of activated sludge plants.** ***In*** The Microbiology of Activated Sludge. Edited by R.J. Seviour and L. L. Blackall. Kluwer Academic Publishers, London.

US EPA. 1987. **The cause and control of activated sludge bulking and foaming.** EPA-625/8-87/012.