การประยุกต์ใช้พื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลา กรณีศึกษา : กระจูด
Application of Constructed Wetland for Wastewater Treatment of Khanom La effluent Case Study : Lepironia articalata

ปิยวรรณ เนื่องมัจฉา [1] ณัฐกาน กิจวิจิตร [2] และประวิทย์ เนื่องมัจฉา [2]
[1] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
1 หมู่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280 โทรศัพท์: 089 8715107 E-mail: piyawans54@gmail.com
[2] ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
1 หมู่ 4 ตำบลท่างิ้ว อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช 80280 โทรศัพท์: 089 8661642 E-mail: pnuengmatcha@gmail.com

บทคัดย่อ

การประยุกต์ใช้พื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลา กรณีศึกษา : กระจูด ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุดการทดลอง คือชุดที่ปลูกกระจูด และชุดที่ไม่ปลูกพืช (ชุดควบคุม) รวมทั้งสิ้น 8 ชุดการทดลอง โดยน้ำทิ้งจากการทำขนมลาจะถูกสูบเข้าสู่ระบบทดลองและกักไว้เป็นเวลา 1 วันก่อนปล่อยออก ผลการศึกษาพบว่ากระจูดสามารถบำบัดสารอินทรีย์ในน้ำทิ้งจากการทำขนมลาได้ดีกว่าชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยกระจูดจะมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดีและปริมาณน้ำมันและไขมัน เท่ากับ 98.93-99.28%, 93.52– 95.44% และ 99.98-100.00% ตามลำดับ ส่วนชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยทั้งหมด บีโอดี และปริมาณน้ำมันและไขมันเท่ากับ 97.86–98.44%, 89.26–93.00 % และ 99.99-100.00% ตามลำดับ ผลการศึกษาชี้ให้เห็นว่ากระจูดสามารถช่วยปรับปรุงประสิทธิภาพของการบำบัดน้ำเสียในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบบึงประดิษฐ์ได้เป็นอย่างดี

คำสำคัญ: การบำบัดน้ำทิ้ง, กระจูด, พื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์, ขนมลา

Abstract

Application of Constructed Wetland for Wastewater Treatment of Khanom La effluent. Case Study : *Lepironia articalata* was designed using 2 experimental groups. In each experiment, it was planted with *Lepironia articalata* and without plant (as control units), making up 8 experiment units in total. Khanom La water effluent was pumped into the systems and retained within the system for 1 day before discharging. The result indicated *Lepironia articalata* could be treated Khanom La water effluent better than without plant experiment. The removal percentage of Total Suspended Solid, BOD and Fat and Oil of *Lepironia articalata* were 98.93-99.28%, 93.52–95.44% and 99.98-100.00%, respectively. Whereas the removal percentage in control units were 97.86–98.44%, 89.26–93.00% and 99.99-100.00%, respectively. The results suggested that *Lepironia articalata* could improve the treatment efficiency in constructed wetland.

Keywords: Wastewater treatment, *Lepironia articalata*, Constructed wetland, Khanom La

1. บทนำ

ปัญหามลพิษทางน้ำจัดได้ว่าเป็นปัญหาสำคัญปัญหาหนึ่งของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในแหล่งชุมชนต่างๆ ที่มีขนาดใหญ่ เนื่องจากการเพิ่มขึ้นของจำนวนประชากร และการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ทำให้มีบ้านเรือน ร้านค้า และอุตสาหกรรมขนาดเล็กต่างๆ เพิ่มขึ้นอย่างมากมาย ดังเช่นที่หมู่ 2 บ้านศรีสมบูรณ์ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งมีปัญหาในการปล่อยน้ำทิ้งจากการทำขนมลาลงสู่แม่น้ำลำคลองโดยไม่ได้ผ่านการบำบัด ทั้งนี้เนื่องจากบ้านศรีสมบูรณ์ อำเภอปากพนังจัดเป็นแหล่งที่มีชื่อเสียงในด้านการทำขนมลา ซึ่งเป็นขนมที่นิยมใช้กันในประเพณีสารทเดือนสิบของจังหวัดนครศรีธรรมราช โดยในอดีตจะทำกันเฉพาะในวันสารทเดือนสิบเท่านั้นจึงไม่ค่อยมีปัญหาเกี่ยวกับคุณภาพน้ำในแหล่งน้ำ แต่ในปัจจุบันเนื่องจากความต้องการในการบริโภคขนมลามีมากขึ้น และยังเป็นขนมที่ใช้เป็นของฝากพื้นเมืองได้อีกด้วย จึงทำให้ชาวบ้านส่วนใหญ่ได้หันมายึดอาชีพการทำขนมลาเป็นอาชีพหลักเพิ่มมากขึ้น และทำกันตลอดทั้งปี ซึ่งในการทำขนมลานั้น จะต้องใช้ส่วนประกอบที่สำคัญ ได้แก่ น้ำแป้งมัน มะพร้าว น้ำกะทิ น้ำตาล น้ำมัน และไข่แดง เป็นต้น และเมื่อทำขนมเสร็จก็จะมีการปล่อยน้ำทิ้งออกสู่ลำคลองโดยไม่ได้ผ่านการบำบัด ทำให้น้ำในลำคลองเกิดการปนเปื้อน จนอาจส่งผลกระทบต่อพืชและสัตว์น้ำที่อาศัยอยู่ในลำคลอง รวมถึงสุขภาพอนามัยของผู้คนบริเวณนั้นด้วย

จากปัญหาดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาเกี่ยวกับการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลาโดยใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ เนื่องจากระบบดังกล่าวเป็นระบบที่สามารถทำได้ง่าย และมีค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนักเมื่อเทียบกับระบบบำบัดน้ำเสียแบบอื่นๆ ซึ่งการออกแบบระบบจะเน้นการทำงานร่วมกันระหว่างพืช ดิน และจุลินทรีย์ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำ [1] และในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะทำการศึกษาประสิทธิภาพของกระจูด (*Lepironia articalata*)ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลา บริเวณบ้านศรีสมบูรณ์ อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ทั้งนี้เนื่องจากกระจูดเป็นพืชน้ำจำพวกกกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาใช้ประโยชน์ในการทำผลิตภัณฑ์จักสานต่างๆ สามารถปลูกได้ง่าย และขึ้นได้ดีตามหนอง บึง หรือบริเวณที่มีน้ำขัง หรือดินที่เป็นโคลนชื้นแฉะ [2] และที่สำคัญ

กระจูดยังเป็นพืชที่พบได้ทั่วไปบริเวณป่าพรุควนเคร็ง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความทนทานต่อสภาวะน้ำท่วมขัง และทนต่อสภาพแวดล้อมที่ผันแปรได้ดี จึงน่าจะมีความเป็นไปได้สูงที่จะนำกระจูดมาใช้ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลา

ผลการศึกษาครั้งนี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ที่สามารถนำไปใช้ประกอบการตัดสินใจ และประยุกต์ใช้เพื่อหาทางเลือกที่เหมาะสมในการใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์เพื่อการบำบัดน้ำเสียต่อไป โดยเฉพาะน้ำเสียชุมชนซึ่งเกิดจากกิจกรรมต่างๆ ในปัจจุบัน เพราะการลงทุนจัดสร้างระบบบำบัดน้ำเสียต่างๆ ในชุมชนขนาดเล็กนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมักมีค่าใช้จ่ายในการก่อสร้างและการบำรุงรักษาสูง ดังนั้นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจึงน่าจะเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สำคัญในอนาคตที่น่าจะนำมาใช้จัดการกับปัญหาคุณภาพน้ำทิ้ง และช่วยลดผลกระทบที่จะเกิดขึ้นกับสิ่งแวดล้อมให้น้อยที่สุด

2. วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของกระจูดในการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลา

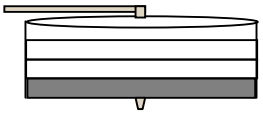
3. วิธีดำเนินงาน

3.1 น้ำทิ้งที่ใช้ในการศึกษาวิจัย

น้ำทิ้งจากการทำขนมลา บ้านศรีสมบูรณ์ ตำบลหูล่อง อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช

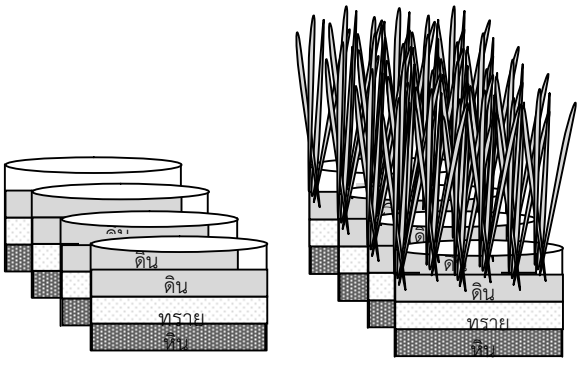
3.2 การจัดสร้างระบบการทดลอง

จัดระบบการทดลองโดยทำการปลูกต้นกระจูด (*Lepironia articalata*) ลงในบ่อซีเมนต์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ภายใน 100 เซนติเมตร สูง 50 เซนติเมตร โดยบริเวณก้นบ่อจะรองไว้ด้วยก้อนหินเพื่อช่วยในการกรอง แล้วใส่ดินผสมทรายจนถึงระดับความสูง 40 เซนติเมตร จากก้นบ่อ และเจาะท่อสำหรับปล่อยน้ำออก (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 รูปแบบระบบการทดลอง

ทำการทดลองโดยแบ่งชุดการทดลองออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุมใช้ดินอย่างเดียว ชุดที่ 2 ทำการปลูกต้นกระจูดจำนวน 20 ต้นต่อชุดการทดลอง รวมทั้งสิ้น 8 ชุดการทดลอง (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 2 รูปแบบจำลองของระบบบำบัดที่ทำการศึกษา

3.3 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำทิ้งจากขนมลา

แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 ช่วงดังนี้

ช่วงที่ 1 การหาระยะเวลาในการกักเก็บที่เหมาะสม ทำการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งที่ปล่อยออกจากบ่อซิเมนต์เพื่อไปตรวจวิเคราะห์ทุกวันเป็นระยะเวลา 6 วัน (ตั้งแต่วันที่ 0 – 6) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัด

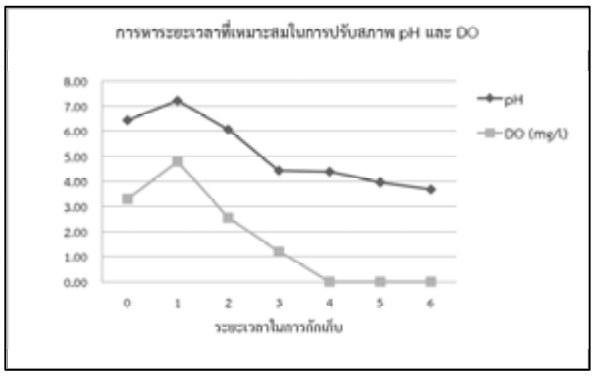
ช่วงที่ 2 การศึกษาประสิทธิภาพของระบบในการบำบัดน้ำทิ้งจากขนมลา เมื่อได้ระยะเวลาในการกักเก็บที่เหมาะสมแล้ว จึงเริ่มทำการทดลองทำการเก็บตัวอย่างน้ำในวันแรกภายหลังการปล่อยน้ำทุกชุดการทดลองใส่ในขวดพลาสติกขนาด 500 มิลลิลิตร แล้วนำไปวิเคราะห์คุณภาพน้ำ กักเก็บน้ำเสียไว้ในชุดการทดลองตามระยะเวลาที่เหมาะสม แล้วทำการเก็บน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์อีกครั้งหนึ่ง ก่อนปล่อยน้ำเสียออกจากชุดการทดลองทุกชุด และปล่อยให้ดินแห้งประมาณ 1–2 วัน เพื่อพักระบบ จากนั้นจึงเติมน้ำจากบ่อธรรมชาติเพื่อเลี้ยงกล้าไม้ เป็นเวลา 1 เดือน ก่อนจะทำการทดลองอีกในเดือนถัดไป ใช้ระยะเวลาในการทดลองทั้งหมด 6 เดือน โดยมีพารามิเตอร์ที่ศึกษา ดังนี้ ความเป็นกรดด่าง อุณหภูมิ ความขุ่น ของแข็งแขวนลอย ออกซิเจนละลาย บีโอดี และน้ำมันและไขมัน

4. ผลการศึกษา/การทดลอง

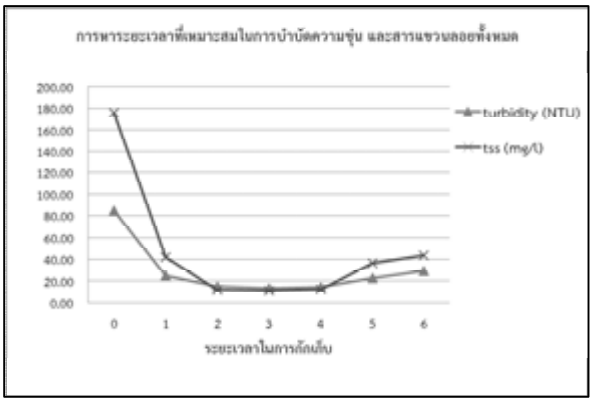
จากการศึกษาคุณภาพน้ำทิ้งจากการทำขนมลาก่อนเข้าสู่ระบบบำบัดพบว่า น้ำทิ้งมีอุณหภูมิอยู่ในช่วง 30.2 – 30.8 °C ค่าความเป็นกรดด่างอยู่ในช่วง 3.80 – 3.99 ความขุ่นอยู่ในช่วง 667 – 697 NTU ปริมาณของแข็งแขวนลอยอยู่ในช่วง 2,333 – 3,333 mg/l ปริมาณออกซิเจนละลายเท่ากับ 0 mg/l ทุกช่วงการทดลอง ปริมาณบีโอดีอยู่ในช่วง 2,700 – 3,200 mg/l และ ปริมาณน้ำมันและไขมันอยู่ในช่วง 840 – 890 mg/l ตามลำดับ ทั้งนี้เนื่องจากน้ำทิ้งส่วนใหญ่เกิดจากกระบวนการหมักแป้ง จึงส่งผลให้คุณสมบัติของน้ำทิ้งมีค่าเป็นกรดและมีปริมาณสารอินทรีย์และของแข็งแขวนลอยค่อนข้างสูง และจากคุณสมบัติดังกล่าวของน้ำทิ้งจากการทำขนมลา หากนำมากักเก็บไว้ในระบบเป็นเวลาหลายวันก็อาจส่งผลถึงประสิทธิภาพในการบำบัด และพืชที่ทำการศึกษาได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องศึกษาหาระยะเวลาที่ใช้ในการกักเก็บที่เหมาะสมเพื่อใช้ในการออกแบบระบบบำบัดน้ำทิ้งต่อไป

4.1 การหาระยะเวลาการกักเก็บที่เหมาะสม

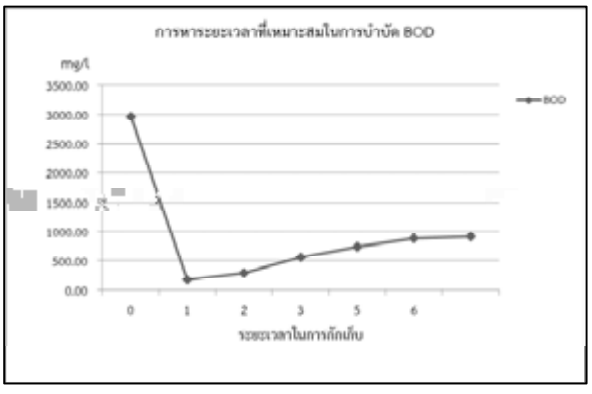
ได้ดำเนินการโดยการเก็บตัวอย่างน้ำทิ้งจากขนมลา ที่ปล่อยออกจากบ่อซิเมนต์เพื่อไปตรวจวิเคราะห์ทุกวันเป็นระยะเวลา 6 วัน (ตั้งแต่วันที่ 0 – 6) เพื่อหาระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดในการบำบัด พบว่าได้ผลการศึกษาดังภาพที่ 3 -6



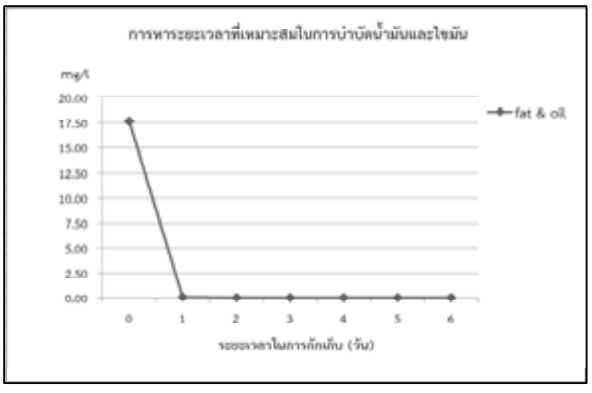
ภาพที่ 3 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการปรับสภาพ pH และ DO



ภาพที่ 4 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดความขุ่น และของแข็งแขวนลอย



ภาพที่ 5 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดบีโอดี



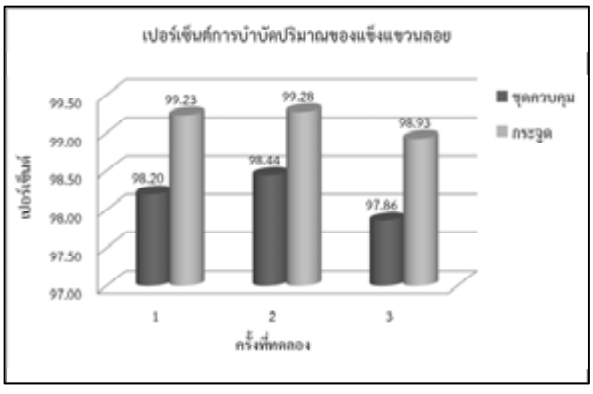
ภาพที่ 6 ระยะเวลาที่เหมาะสมในการบำบัดน้ำมันและไขมัน

จากภาพที่ 3 – 6 เมื่อพิจารณาในภาพรวมเพื่อนำไปสู่ข้อสรุปในการเลือกระยะเวลาในการกักเก็บที่เหมาะสม พบว่าเวลาในการกักเก็บน้ำทิ้งไว้ที่ 1 วัน เป็นระยะเวลาในการกักเก็บที่เหมาะสมที่สุด ทั้งนี้เนื่องจากน้ำทิ้งจากขนมลาจะมีปริมาณสารอินทรีย์มาก เพราะน้ำทิ้งส่วนใหญ่จะเกิดจากกระบวนการหมักแป้ง ทำให้น้ำทิ้งมีปริมาณบีโอดีสูง และที่ระยะเวลา 1 วันจะเป็นช่วงที่สามารถบำบัดปริมาณบีโอดีได้ดีที่สุด และเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ดีเช่นกัน นอกจากนี้ยังเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลาย และปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เป็นกลางด้วย ส่วนค่าความขุ่น และปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ก็พบว่าที่ระยะเวลาการกักเก็บ 1 วันสามารถลดได้ในช่วงที่เหมาะสม ดังนั้นในการศึกษาประสิทธิภาพของระบบผู้วิจัยจึงเลือกระยะเวลาในการกักเก็บที่ 1 วัน เป็นระยะเวลาในการทดลองระบบ

4.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากขนมลา

4.2.1 ประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอย

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดของแข็งแขวนลอย ในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าได้ผลดังภาพที่ 7 คือ เปอร์เซ็นต์การบำบัดของแข็งแขวนลอยในชุดควบคุม(เฉลี่ย) ครั้งที่ 1 เท่ากับ 98.20 % ครั้งที่ 2 เท่ากับ 98.44 % และครั้งที่ 3 เท่ากับ 97.86 % ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัดของแข็งแขวนลอย ในชุดการทดลองที่ปลูกกระจูด (เฉลี่ย) ครั้งที่ 1 เท่ากับ 99.23 % ครั้งที่ 2 เท่ากับ 99.28 % และครั้งที่ 3 เท่ากับ 98.93 % ตามลำดับ

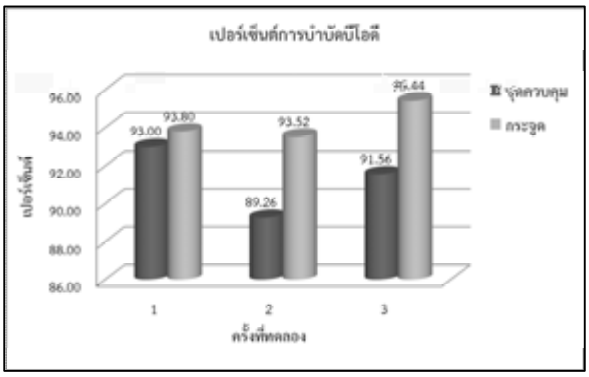


ภาพที่ 7 เปอร์เซ็นต์การบำบัดของแข็งแขวนลอย

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยโดยรวมในระหว่างครั้งที่ทำการทดลองพบว่า แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความผันผวนของปริมาณของแข็งแขวนลอยที่ปนมากับน้ำทิ้งจากการทำขนมลาในแต่ละเดือนมีความแตกต่างกันสูง จึงทำให้ประสิทธิภาพในการบำบัดแตกต่างกันไปไม่แน่นอน และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยของชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากปริมาณของแข็งแขวนลอยส่วนใหญ่สามารถถูกกำจัดได้โดยกระบวนการตกตะกอนลงสู่ดิน ที่เปรียบเสมือนกระบวนการกรองตามธรรมชาติ และบางส่วนเท่านั้นที่สามารถถูกกำจัดโดยพืช โดยเฉพาะที่มีระบบรากพืช ดังจะสังเกตได้ว่าในช่วงหลังของการทดลอง ในชุดการทดลองที่มีพืชจะสามารถบำบัดของแข็งแขวนลอยได้ดีกว่าชุดควบคุมเล็กน้อย ทั้งนี้เป็นอาจเพราะว่ารากพืชมีส่วนสำคัญช่วยเก็บกักตะกอนได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Hofmann ที่ศึกษาบทบาทของพืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์โดยใช้พวก *Pharagmites australis* ในการบำบัดตะกอนจากน้ำทิ้ง พบว่าพืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะมีระบบรากที่ช่วยในการกรองตะกอนจากน้ำทิ้งได้เป็นอย่างดี [3]

4.2.2 ประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดี (BOD)

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การกำจัดบีโอดีในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าได้ผลดังภาพที่ 8



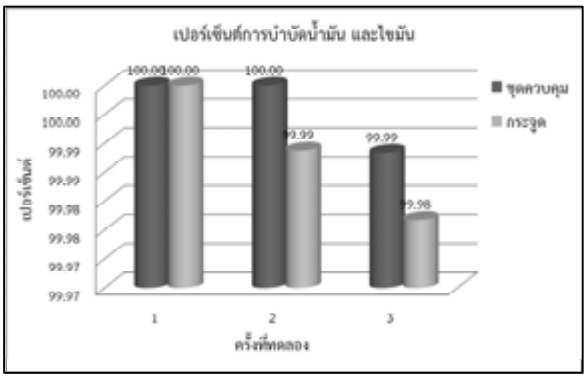
ภาพที่ 8 เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดี

จากภาพที่ 8 จะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีในชุดควบคุม(เฉลี่ย) ครั้งที่ 1 เท่ากับ 93.00 % ครั้งที่ 2 เท่ากับ 89.26 % และครั้งที่ 3 เท่ากับ 91.56 % ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีในชุดการทดลองที่ปลูกกระจูด (เฉลี่ย) ครั้งที่ 1 เท่ากับ 93.80 % ครั้งที่ 2 เท่ากับ 93.52 % และครั้งที่ 3 เท่ากับ 95.44 % ตามลำดับ และเมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีของชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าชุดการทดลองที่ปลูกกระจูด จะมีความสามารถในการบำบัดบีโอดีได้สูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 คือ ชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีระหว่าง 93.52 – 95.44 % และชุดควบคุมมีเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีระหว่าง 89.26 – 93.00 % ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Heeb and Zust ที่ได้ทำการศึกษาระบบพืชและทรายในการบำบัดธาตุอาหารในน้ำทิ้งจากโรงงานขนาดเล็ก พบว่าระบบที่ประกอบด้วยพืช และทรายสามารถลดบีโอดีและซีโอดีได้ดีกว่าระบบทรายกรองอย่างเดียวเพียงเล็กน้อย [4]

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดบีโอดีโดยรวมในระหว่างครั้งที่ทำการทดลองพบว่า มีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่สำหรับชุดควบคุมในการทดลองครั้งที่ 1 จะมีประสิทธิภาพในการบำบัดบีโอดีได้ดีกว่าการทดลองในครั้งอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะในช่วงแรกของการทดลองดินยังมีความสามารถในการรองรับน้ำทิ้งได้สูง และจากการศึกษาของ Findlater *et al*. ซึ่งทำศึกษาระบบพื้นที่ชุ่มน้ำโดยการปลูกพืชในดินต่างชนิดกัน พบว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถกำจัดบีโอดีได้ประมาณ 70% และไม่มีความแตกต่างของประสิทธิภาพในการบำบัดระหว่างชนิดดินอย่างมีนัยสำคัญ [5] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Juwarkar *et al*. ที่ได้ทำการทดลองโดยใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ ในการลดปริมาณบีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นแรก โดยจะใช้พืชขนาดใหญ่ คือ ธูปฤาษี และ ต้นอ้อ ปลูกในท่อซีเมนต์ซึ่งมีดิน 30 % และทราย 70 % พบว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำสามารถลดบีโอดีได้ 78-91 % การทดลองดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ จะมีความสามารถสูงในการลดบีโอดี [3] นอกจากนี้ Reddy *et al*. ได้กล่าวว่าพืชในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำจะสามารถพัฒนาได้ในสภาวะที่ดินเป็นแบบ anaerobic เช่นการพัฒนาช่องว่างภายในสำหรับเคลื่อนย้ายออกซิเจนลงสู่ราก และการเกิดปฏิกิริยา oxidation-reduction ในระบบรากใต้ดิน จะมีบทบาทสำคัญในการกำจัด บีโอดี และแอมโมเนีย [6]

4.2.3 ประสิทธิภาพในการบำบัดปริมาณน้ำมันและไขมัน (Oil and Fat)

การศึกษาเปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำมันและไขมันในการทดลองทั้ง 3 ครั้ง พบว่าได้ผลดังภาพที่ 9 คือ เปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำมันและไขมันในชุดควบคุม(เฉลี่ย) ครั้งที่ 1 เท่ากับ 100.00 % ครั้งที่ 2 เท่ากับ 100.00 % และครั้งที่ 3 เท่ากับ 99.99 % ตามลำดับ ส่วนเปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำมันและไขมันในชุดการทดลองที่ปลูกกระจูด (เฉลี่ย) ครั้งที่ 1 เท่ากับ 100.00 % ครั้งที่ 2 เท่ากับ 99.99 % และครั้งที่ 3 เท่ากับ 99.98 % ตามลำดับ



ภาพที่ 9 เปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำมันและไขมัน

เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การบำบัดน้ำมันและไขมันโดยรวมในระหว่างครั้งที่ทำการทดลองพบว่าไม่มีแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากภาพที่ 9 จะเห็นได้ว่าชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดสามารถบำบัดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ในช่วง 99.98 - 100.00 % ส่วนชุดควบคุม (ดินอย่างเดียว) จะสามารถบำบัดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ในช่วง 99.99 – 100.00 % และจากการวิเคราะห์ทางสถิติพบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญในการบำบัดน้ำมันและไขมัน ระหว่างชุดควบคุม และชุดที่ปลูกกระจูด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากดินมีบทบาทสำคัญในการช่วยลดสารปนเปื้อนในน้ำเสียโดยผ่านกระบวนการที่สำคัญ คือ การแลกเปลี่ยนไอออน (ion exchange) การดูดซับ (adsorption) การตกตะกอน (precipitation) และการเกิดสารเชิงซ้อน (complexation) [7] ดังนั้นปริมาณน้ำมันและไขมันจึงถูกดูดซับไว้ในอนุภาคดินเป็นส่วนใหญ่ ซึ่งเปรียบเสมือนการกรองโดยธรรมชาติ ส่วนพืชจะสามารถนำปริมาณน้ำมันและไขมันไปใช้ได้ก็ต่อเมื่อมีการย่อยสลายโดยจุลินทรีย์ที่อยู่ในดินเท่านั้น จึงน่าจะเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้ชุดควบคุมที่มีดินเพียงอย่างเดียว กับชุดที่ปลูกกระจูดไม่มีความแตกต่างกันในการลดปริมาณน้ำมันและไขมันอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tam *et al*. ที่กล่าวว่าในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำธรรมชาติสามารถลดปริมาณสารปนเปื้อนในน้ำเสียได้ส่วนใหญ่สารปนเปื้อนเหล่านั้นจะถูกสะสมไว้ในเนื้อดินของระบบ [8]

5. สรุปและข้อเสนอแนะ

การประยุกต์ใช้พื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ในการบำบัดน้ำทิ้งจากการทำขนมลา กรณีศึกษา : กระจูด โดยใช้น้ำทิ้งจากการทำขนมลาที่ หมู่ 2 บ้านศรีสมบูรณ์ ตำบลหูล่อง อำเภอปากพนัง จังหวัด

นครศรีธรรมราช ได้ดำเนินการศึกษา โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 ชุด ชุดที่ 1 เป็นชุดควบคุมใช้ดินอย่างเดียว ชุดที่ 2 ทำการปลูกกระจูดจำนวน 20 กอต่อชุดการทดลอง รวมทั้งสิ้น 8 ชุดการทดลอง สามารถสรุปผลการศึกษาได้ดังนี้

5.1 การหาระยะเวลาการกักเก็บที่เหมาะสม

การหาระยะเวลาในการกักเก็บที่เหมาะสม พบว่า ระยะเวลาในการกักเก็บ 1 วัน เป็นระยะเวลาที่เหมาะสมที่สุดที่จะใช้ในการทดลองระบบ ทั้งนี้จากการผลศึกษาจะเห็นได้ว่าที่ระยะเวลา 1 วันเป็นช่วงที่สามารถบำบัดปริมาณบีโอดีได้ดีที่สุด และเป็นช่วงเวลาที่น้อยที่สุดที่สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมันได้ดีเช่นกัน นอกจากนี้ยังเป็นระยะเวลาที่เหมาะสมในการเพิ่มปริมาณออกซิเจนละลาย และปรับค่าความเป็นกรดด่างให้เป็นกลางด้วย ส่วนค่าความขุ่น และปริมาณสารแขวนลอยทั้งหมด ก็พบว่าที่ระยะเวลาการกักเก็บ 1 วัน สามารถลดได้ในช่วงที่เหมาะสม ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกระยะเวลาในการกักเก็บที่ 1 วัน เป็นระยะเวลาในการทดลองระบบ

5.2 การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากการขนมลา

การศึกษาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำทิ้งจากขนมลา พบว่า ชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดสามารถกำจัดบีโอดีในชุดการทดลองต่างๆ ได้ดีกว่าชุดควบคุม (ไม่ปลูกพืช) อย่างมีนัยสำคัญสถิติ ส่วนปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณน้ำมันและไขมัน เมื่อทำการเปรียบเทียบทางสถิติระหว่างค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์การบำบัดปริมาณของแข็งแขวนลอยและปริมาณน้ำมันและไขมันของชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดในการทดลองทั้ง 3 ครั้งแล้ว พบว่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งแขวนลอยในชุดการทดลองทั้งสองกลุ่ม สามารถสรุปได้ดังนี้

ตารางที่ 1 สรุปเปอร์เซ็นต์การกำจัดสารอินทรีย์และปริมาณของแข็งแขวนลอยในชุดการทดลองต่างๆ

พารามิเตอร์	ชุดการทดลอง (เปอร์เซ็นต์การบำบัด)	
	ชุดควบคุม	กระจูด
ของแข็งแขวนลอย	97.86 – 98.44 %	98.93 - 99.28 %
บีโอดี	89.26 – 93.00 %	93.52 – 95.44 %
น้ำมันและไขมัน	99.99 - 100.00 %	99.98 - 100.00 %

จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ t - test ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 สรุปได้ว่าในชุดการทดลองที่ปลูกกระจูดสามารถกำจัดบีโอดีซึ่งมีปริมาณสูงมากในน้ำทิ้งจากขนมลาได้ดีกว่าชุดควบคุมหรือชุดการทดลองที่ไม่ปลูกพืชอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ส่วนการกำจัดปริมาณของแข็งแขวนลอย และปริมาณน้ำมันและไขมัน พบว่า ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชุดควบคุม และชุดการทดลองที่ปลูกกระจูด

5.3 ข้อเสนอแนะ

จากผลการศึกษาในครั้งนี้จะเห็นได้ว่า น้ำทิ้งจากขนมลาหลังออกจากระบบบำบัดก็ยังคงมีค่าสูงกว่ามาตรฐานน้ำทิ้งจากชุมชน (บีโอดีไม่เกิน 20 mg/l) ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่มีการทำงานไม่ซับซ้อน และเน้นการทำงานร่วมกันระหว่างพืช ดิน และจุลินทรีย์ในระบบพื้นที่ชุ่มน้ำในการบำบัดน้ำเสีย [9] ซึ่งมีความจำกัดในการย่อยสลายสารอินทรีย์จึงไม่อาจไม่เหมาะที่จะนำมาบำบัดน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีสูงมากโดยตรง หากจะนำมาใช้ในการบำบัดน้ำเสีย จึงควรจะมีระบบบำบัดขั้นต้นก่อน เช่น ระบบกรองทราย และระบบตกตะกอนขั้นต้น เพื่อลดค่าบีโอดีให้อยู่ในช่วงที่เหมาะสมกับการบำบัดโดยระบบพื้นที่ชุ่มน้ำก็จะช่วยให้ระบบสามารถบำบัดน้ำเสียจากแหล่งต่างๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น ดังเช่นการทดลองของ Juwarkar et al. ซึ่งได้ ทำการทดลองโดยใช้ระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ ในการลดปริมาณบีโอดี ไนโตรเจน และฟอสฟอรัส จากน้ำเสียโดยจะใช้พืชขนาดใหญ่ คือ ธูปฤาษี และ ต้นอ้อ [3] สำหรับน้ำเสียที่ใช้ในการทดลองได้เข้าสู่ระบบผ่านการบำบัดขั้นแรกก่อนที่จะนำมาผ่านระบบทดลองพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ พบว่าการทดลองครั้งนี้สามารถลดปริมาณบีโอดีได้ 78 – 91% และมีค่าเป็นไปตามมาตรฐานของน้ำทิ้ง ซึ่งแสดงให้เห็นว่าระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ มีความสามารถสูงในการลดบีโอดี แต่ควรจะเป็นการบำบัดในขั้นที่สอง สาม หรือขั้นสุดท้ายก่อนจะปล่อยทิ้ง

การนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาไปใช้ในพื้นที่จริงไปใช้จริง ควรมีการจัดสร้างเป็นระบบพื้นที่ชุ่มน้ำแบบประดิษฐ์ (constructed wetland) เพื่อสามารถควบคุมปริมาณน้ำเสียที่เข้าออกจากระบบได้ และลดผลกระทบที่อาจจะเกิดกับพืช สัตว์ และสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติ และควรมีการศึกษาเพิ่มเติมถึงความเหมาะสมของพื้นที่ในการจัดสร้าง ชนิดดิน ชนิดพืชที่ใช้ในการบำบัดน้ำเสีย โดยควรมีการศึกษาทดลองในช่วงระยะเวลาหนึ่งก่อนการนำไปใช้จริง ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้น

6. กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน และหน่วยงานทุกหน่วยงานที่อนุเคราะห์สถานที่ และเครื่องมือในการทำวิจัย

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการหลักสูตรวิชาเคมี และเจ้าหน้าที่ศูนย์วิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ให้ความสะดวกในด้านสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัยด้วยดีมาตลอด

สุดท้าย ผู้วิจัยใคร่ขอขอบพระคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช เป็นอย่างยิ่งที่ได้ให้ทุนสนับสนุนการวิจัยในครั้งนี้

7. เอกสารอ้างอิง

[1] J. Vymazal and L. Kröpfelová, "Wastewater Treatment In Constructed Wetlands with Horizontal Sub-Surface Flow". Retrieved September 21, 2008, from www.springer. com/series/5929. 2008.

[2] กองประมงน้ำจืด กรมประมง. "กระจูด...พืชน้ำแห่งท้องทุ่งบางเดชะ" เข้าถึงได้จาก http://www.ass.prachinarea.net/webpagetree/mn4html. 2551.

[3] K. Hofmann, *Ecology Engineering for Wastewater Treatment*. The United States of America : CRC Press.,1997, pp. 183 – 196.

[4] J. Heeb and B. Zust, *Sand – Plant Filter System. Ecology Engineering for Wastewater Treatment*. The United States of America : CRC Press, 1997, pp. 217–225.

[5] T. A. Findlater,, J. A. Hobson and P. F. Cooper, *Reed Bed Treatment System: Performance Evaluation. Constructed Wetlands in Water Pollution Control UK.*,1990, pp. 193.

[6] A. H. Juwarkar, B. Oke, A. Juwarkar and S. M. Patnaik, “Domestic wastewater treatment through constructed wetland in India” *J. Water Science and Technology.* Vol. 32, pp 291-294, 1995.

[7] เจนจิรา แก้วรัตน์. . *ความสามารถของโกงกางใบเล็ก Rhizophora apiculata เพื่อบำบัดน้ำทิ้งจากการเลี้ยงกุ้ง.* วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สหสาขาวิชาวิทยาศาสตร์สภาวะแวดล้อม บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. 2541

[8] K. R. Reddy and E.M. D’Angelo, “Biogeochemical Indicators to Evaluate Pollutant Removal Efficiency in Constructed Wetlands” *J. Water Science and Technology*, vol. 35, pp. 1-10, 1997.

[9] N. F. Y. Tam and Y. S. Wong, “Mangrove soils as sinks for wastewater-borne pollutants”*J. Hydrobiologia* vol. 295, pp 231-241, 1995.

.