KKU Res. J. 2011; 16(8): 981-992
http://resjournal.kku.ac.th

ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC
The Efficiency of Up-Flow Anaerobic Sludge Blanket and Internal Circulation Wastewater Treatment Systems

*ศิริอร เหล่าชัย และ ลำใย ณีรัตนพันธุ์ **

*Sirion Lhaochai and Lamyai Neeratanaphan**

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น
** Correspondent author: hlamya@kku.ac.th*

Received July 6, 2011
Accepted September 15, 2011

บทคัดย่อ

การศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) และ IC (Internal Circulation) โดยตรวจวิเคราะห์พารามิเตอร์ของน้ำเสียคือ ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand; BOD) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand; COD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solids; SS) และของแข็งละลาย (Dissolved Solids; DS) ทำการศึกษาระหว่างเดือนกรกฎาคมถึงเดือนสิงหาคม 2553 พบว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, COD, SS และ DS ร้อยละ 88.10, 79.80, 77.17 และ 16.98 ตามลำดับ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, COD, SS และ DS ร้อยละ89.31, 87.30, 58.24 และ 33.67 ตามลำดับ จากค่าประสิทธิภาพดังกล่าวสามารถสรุปได้ว่า ระบบ IC มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบ UASB ในการลดค่า BOD, COD และ DS เนื่องจากระบบ IC สามารถเลี้ยงจุลินทรีย์ได้ปริมาณมาก ทำให้โอกาสสัมผัสของจุลินทรีย์กับน้ำเสียมีมากกว่า ในขณะที่ระบบ UASB มีประสิทธิภาพดีกว่าระบบ IC ในการลดค่า SS คุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัดจากทั้งสองระบบไม่ผ่านค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ได้แก่ ค่า BOD, COD และSS ส่วนค่า DS ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดทั้งสองระบบจำเป็นต้องนำไปผ่านการบำบัดเพิ่มเติมก่อนปล่อยลงสู่ธรรมชาติ

Abstract

The efficiency of Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) and Internal Circulation (IC) wastewater treatment systems was conducted on four parameters. Studies were taken between July and August 2010. They were biochemical oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), suspended solids (SS) and dissolved solids (DS). The results of this study showed that the UASB system had the efficiency to reduce BOD, COD, SS and DS were 88.10 %, 79.80 %, 77.17 %, 16.98 %, respectively. The IC system also had the efficiency to reduce BOD, COD, SS and DS were 89.31 %, 87.30 %, 58.29 %, 33.67 %, respectively.

According to these results, the IC system had more efficiency than the UASB system in reduction BOD, COD and DS. Because of the IC system could maintain more microorganisms in a large-number. Meanwhile, the UASB system had more efficiency than the IC system in reduction of SS. Water quality after being treated from the two systems still failed the quality standards of industrial effluents, for instance, BOD, COD and SS values, with the exception of DS values that fell within standard values. These could be concluded that the treated wastewater from the two treatment systems, still need to be further treated before being released into natural environment.

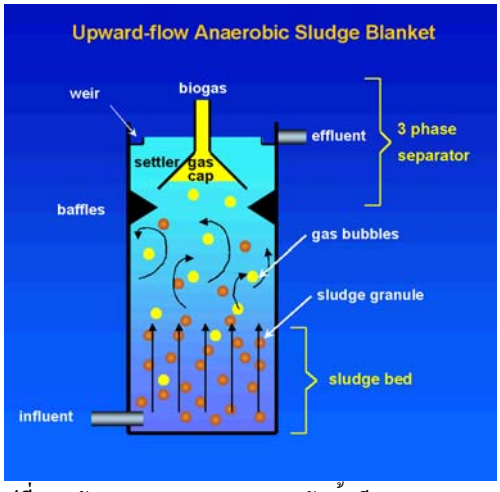
คำสำคัญ: ประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสีย การย่อยสลายทางชีวภาพ UASB IC

Keywords: efficiency of wastewater treatment system, biological digestion, UASB, IC

1. บทนำ

น้ำเสีย ตามพระราชบัญญัติส่งเสริมและรักษาคุณภาพสิ่งแวดล้อมแห่งชาติ พ.ศ. 2535 หมายถึง ของเสียที่อยู่ในสภาพของเหลว รวมทั้งมวลสารที่ปะปนและปนเปื้อนอยู่ในของเหลวนั้น น้ำเสียจากแหล่งต่าง ๆ จะมีลักษณะและสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ปัญหาน้ำเสียจะเกิดขึ้นพร้อมกับการเจริญเติบโตของชุมชน เนื่องจากน้ำเสียเกิดจากการใช้น้ำเพื่อกิจกรรมในชีวิตประจำวันตามวัตถุประสงค์ที่แตกต่างกันออกไป ในอดีตปริมาณน้ำเสียที่เกิดขึ้นมีจำนวนไม่มาก เมื่อระบายลงสู่แหล่งน้ำสาธารณะ ธรรมชาติจะสามารถทำความสะอาดน้ำเสียได้ทัน อย่างไรก็ตามเมื่อมีการขยายตัวของชุมชนและมีการพัฒนาอุตสาหกรรมเพิ่มขึ้น น้ำเสียก็มีปริมาณเพิ่มขึ้นจนถึงจุดที่การทำความสะอาดน้ำเสียที่เกิดขึ้นตามวิธีการทางธรรมชาติไม่ได้ผล การเน่าเสียก็ปรากฏขึ้นทำให้จำเป็นต้องมีการบำบัดน้ำเสียด้วยวิธีการต่าง ๆ (1) แนวทางในการเลือกระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมจะขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย เช่น ลักษณะน้ำเสีย ระดับของการบำบัด สภาพของท้องถิ่นและความยากง่ายของการดูแลรักษาระบบ โดยระบบที่มีความเหมาะสมต้องเป็นระบบที่มีประสิทธิภาพและมีต้นทุนต่ำ (2) ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (Up-flow Anaerobic Sludge Blanket) และระบบ IC (Internal Circulation) เป็นระบบบำบัดน้ำเสียที่บริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัดได้นำเข้ามาใช้บำบัดน้ำเสียจากกระบวนการผลิตเบียร์ (3) ซึ่งลักษณะน้ำเสียที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่อยู่ในรูปสารอินทรีย์ ลักษณะน้ำเสียดังกล่าวจึงมีค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ค่าความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ค่าของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid: SS) และของแข็งละลายน้ำ (Dissolved Solids: DS) ในความเข้มข้นสูง จึงต้องเลือกใช้ระบบบำบัดที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดค่าพารามิเตอร์ดังกล่าว ซึ่งเดิมบริษัทได้ใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และทำการบำบัดต่อด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS (Activated Sludge) แต่ในปัจจุบันด้วยปริมาณการผลิตที่มากขึ้นจึงมีการเพิ่มระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC และบำบัดต่อด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS ซึ่งทำเป็นระบบคู่ขนานกับระบบเดิม เพื่อให้ทั้งสองระบบสามารถรองรับและบำบัดน้ำเสียปริมาณที่เพิ่มขึ้นได้ โดยการทำงานของระบบบำบัดน้ำสียแบบ UASB เป็นระบบที่มีการไหลของน้ำเสียจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของถัง น้ำเสียจะไหลผ่านแบคทีเรียที่ถูกเลี้ยงให้จับกันเป็นเม็ดขนาดเล็ก (granules หรือ particles) ภายใต้สภาวะแอนแอ

โรบิกจะเกิดก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์ขึ้นประกอบกับการไหลของน้ำจะทำให้เม็ดของจุลินทรีย์ลอยตัวขึ้นด้านบนเป็นชั้นของสลัดจ์ (sludge blanket) ที่ด้านบนของถังนี้จะมีชุดดักไล่ก๊าซมีลักษณะเป็นแผ่นกั้น (degassing baffles) ทำหน้าที่ดักก๊าซที่ทำให้เม็ดจุลินทรีย์ลอยขึ้นมาจนถึงแผ่นกั้น ทำให้เม็ดจุลินทรีย์เหล่านี้จมตัวลงสู่พื้นผิวของชั้นสลัดจ์อีกครั้ง ก๊าซที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกจับไว้ในที่กักเก็บ (gas collection dome) ที่ตั้งอยู่ด้านบนของถัง น้ำเสียที่ออกจากถังนี้อาจผ่านเข้าถังตกตะกอน เพื่อแยกตะกอนแบคทีเรียดังกล่าวที่อาจหลุดออกไป และหมุนเวียนกลับเข้าถังปฏิกิริยาไปรวมกับชั้นสลัดจ์ (4) หลักการทำงานของระบบ UASB ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1. หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB (5)

จากรูปที่ 1 องค์ประกอบหลักของถังปฏิกิริยาประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังนี้

1) ส่วนของตะกอนชั้นล่าง (Sludge Bed) เป็นชั้นของตะกอนจุลินทรีย์ที่มีความสามารถในการย่อยสลายสารอินทรีย์ได้สูง

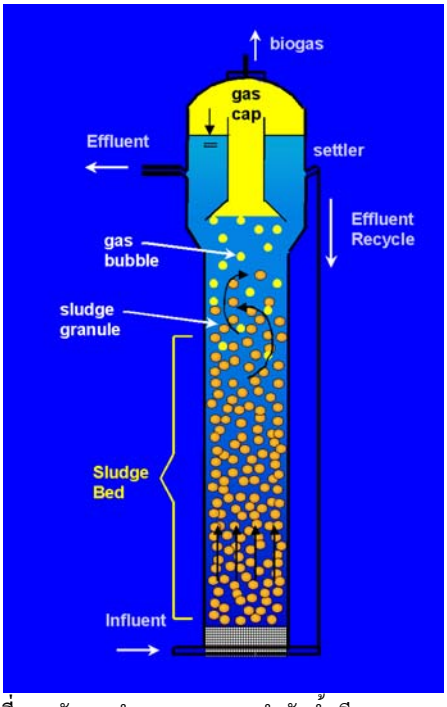
2) ส่วนของชั้นตะกอนลอย (Sludge Blanket) เป็นชั้นที่ตะกอนลอยฟุ้งกระจายเนื่องจากก๊าซชีวภาพที่เกิดขึ้นจากการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียที่ป้อนเข้าถังปฏิกิริยา

3) ส่วนของอุปกรณ์แยกตะกอนชีวภาพและก๊าซชีวภาพ (Gas-Solids Separator: GSS) เป็นอุปกรณ์ที่ทำหน้าที่แยกก๊าซชีวภาพออกจากของผสมระหว่างก๊าซชีวภาพ น้ำ และตะกอนจุลินทรีย์ ซึ่งตะกอนจุลินทรีย์ที่ถูกแยกจะไหลเข้าสู่ส่วนแยกตะกอน และก๊าซชีวภาพจะถูกรวบรวมเพื่อนำไปใช้เป็นแหล่งพลังงานต่อไป

4) ส่วนของอุปกรณ์ในการแยกตะกอน (settlement compartment) ในส่วนของอุปกรณ์นี้จะ สร้างสภาวะที่เอื้ออำนวยต่อการตกตะกอนของน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้วและแยกก๊าซชีวภาพออกไป จะเป็นของผสมระหว่างน้ำเสียที่มีสารอินทรีย์ต่ำและตะกอนชีวภาพ เมื่อน้ำเสียส่วนนี้ไหลมาถึงอุปกรณ์นี้ ตะกอนจุลินทรีย์ส่วนใหญ่จะแยกตัวและตกตะกอนลงสู่ส่วนล่างของถัง ส่วนตะกอนชีวภาพที่มีน้ำหนักเบาจะไหลปะปนไปกับน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดแล้ว

การทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC เป็นระบบที่มีอัตราการไหลขึ้นของน้ำสูง โดยถังปฏิกิริยา (IC-reactor) จะมีความสูงตั้งแต่ 16-25 เมตร และมีเส้นผ่านศูนย์กลางตั้งแต่ 1.5 – 12 เมตร จึงเป็นถังปฏิกิริยาที่มีสัดส่วนระหว่างความสูงต่อพื้นที่หน้าตัดสูง ภายในถังจะแบ่งเป็นสองส่วนด้วยอุปกรณ์ดักก๊าซ ปฏิกิริยาสร้างมีเทนสามารถเกิดขึ้นได้ทั้งสองส่วน แต่การย่อยสลายสารอินทรีย์และผลิตก๊าซชีวภาพจะเกิดขึ้นในส่วนล่างของถังปฏิกิริยาเป็นส่วนใหญ่ เนื่องจากมีความเข้มข้นของสารอินทรีย์สูง ก๊าซที่เกิดขึ้นจะถูกแยกและสะสมอยู่ในส่วนแยกก๊าซด้านล่าง เมื่อปริมาณก๊าซสะสมได้มากขึ้น ก๊าซจะลอยตัวขึ้นด้านบนและมีการดึงน้ำเสียขึ้นมาด้วยซึ่งเรียกว่า gas lift เมื่อก๊าซไหลไปถึงส่วนรวบรวมก๊าซ ซึ่งอยู่ด้านบนสุดของถังปฏิกิริยา น้ำเสียและก๊าซชีวภาพจะแยกตัวออกจากกัน โดยน้ำเสียจะไหลกลับลงไปด้านล่างเพื่อช่วยในการกวนผสม จึงเรียกว่าเป็นถังปฏิกิริยาแบบหมุนเวียนภายหรือใน หรือ internal circulation สำหรับใน

ส่วนของถังปฏิกิริยาจะมีการย่อยสลายสารอินทรีย์ส่วนที่เหลือจากบริเวณด้านล่างเป็นการช่วยเพิ่มเสถียรภาพให้แก่ระบบ (6) หลักการทำงานของระบบ IC ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2. หลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC (5)

จากการศึกษาการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC พบว่ามีหลักการที่เหมือนกัน 3 ประการคือ 1) การไหลของน้ำเสียโดยน้ำเสียจะไหลจากด้านล่างขึ้นสู่ด้านบนของถังปฏิกิริยา 2) การเกิดปฏิกิริยา ซึ่งจะเกิดภายใต้สภาวะไม่ใช้ออกซิเจน ได้ก๊าซมีเทนและคาร์บอนไดออกไซด์เป็นผลผลิต และ 3) น้ำเสียที่ผ่านการบำบัด จะไหลออกทางด้านบนของถังและบำบัดในกระบวนการต่อไป ส่วนการทำงานที่แตกต่างกันสรุปได้ดังตารางที่ 1

จากหลักการทำงานของระบบบำบัดน้ำเสียดังกล่าว มีการศึกษาวิจัยเพื่อทำให้ระบบมีประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียดีขึ้น เช่น วรานันท์ (7) ศึกษาการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เพื่อบำบัดน้ำเสียโรงงานเบียร์ โดยนำเชื้อจากถังหมักไร้อากาศมาเป็นเชื้อเริ่มต้นในระบบ UASB และควบคุมเวลากักน้ำในช่วง 0.5-5 วัน พบว่าประสิทธิภาพการกำจัดสารอินทรีย์สูงถึง 89-96 เปอร์เซนต์ และเกิดตะกอนเม็ดขนาด 1-6 มิลลิเมตร ภายหลังเดินระบบได้สองเดือน ชำนาญ (8) ศึกษาการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในการบำบัดน้ำเสียความเข้มข้นสูงซึ่งมาจากน้ำ

ตารางที่ 1. ความแตกต่างของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ของบริษัททอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด

ประเด็น	ระบบ UASB	ระบบ IC
1. ถังปฏิกิริยา (reactor)	- ทรงสี่เหลี่ยมผืนผ้า มีสัดส่วนระหว่างความสูงต่อพื้นที่หน้าตัดน้อยกว่า	- ทรงกระบอก มีสัดส่วนระหว่างความสูงต่อพื้นที่หน้าตัดสูงกว่า
2. แผ่นกรองในถังปฏิกิริยา (settler)	- มีแผ่นกรองชั้นเดียว	- ชุดแผ่นกรอง 2 ชั้น
3. กระบวนการกวนผสม (circulation) ภายนอกถังปฏิกิริยา	- น้ำเสียจากบ่อปรับเสถียรจะเข้าสู่ถังปฏิกิริยา	- น้ำเสียจากบ่อปรับเสถียรจะไหลมาที่ถังกวนผสมซ้ำ (Recirculation Tank: RCT) ก่อนเข้าสู่ถังปฏิกิริยา
4. กระบวนการกวนผสม (circulation) ภายในถังปฏิกิริยา	- น้ำที่ผ่านการย่อยสลายแล้วจะไหลขึ้นสู่ด้านบนของถังปฏิกิริยาและไม่มีการย่อยสลายซ้ำ	- น้ำที่ผ่านการย่อยสลายแล้วจะถูกวนกลับไปย่อยสลายซ้ำร่วมกับน้ำเสียใหม่ที่เข้ามา

สัปปะรด ที่มีปริมาณสารอินทรีย์ 9-12 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบสามารถกำจัด ซีโอดี (COD)ได้ 80-90 เปอร์เซนต์ โดยระบบจะทำงานได้ดีก็ต่อเมื่อมีการเติมนิกเกิลและโคบอลต์ลงในสัดส่วนซีโอดีต่อนิกเกิลและโคบอลต์เท่ากับ 100 ต่อ 0.1 ต่อ 0.1 นอกจากนี้ Batstone และ Keller (9) ศึกษาลักษณะของตะกอนเม็ดที่มาจากน้ำเสียประเภทต่างๆ โดยพบข้อสรุปว่าลักษณะของตะกอนเม็ดนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของน้ำเสียมากกว่าที่จะขึ้นอยู่กับถังปฏิกิริยา และตะกอนเม็ดจากโปรตีนจะมีความแข็งแรงต่ำจึงจมตัวได้ไม่ค่อยดี Punal และคณะ (10) ได้ศึกษาการเริ่มต้นเดินระบบแบบอัตโนมัติของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB โดยที่อัตราการป้อนน้ำเข้าสู่ระบบจะสอดคล้องกับอัตราการเกิดก๊าซชีวภาพ ด้วยวิธีการนี้สามารถเดินระบบจากปริมาณสารอินทรีย์เริ่มต้นน้อยกว่า 0.5 กิโลกรัม ซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน จนถึง 9-12 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน โดยใช้เวลา 40 วัน และระบบสามารถกำจัดซีโอดีได้สูงกว่า 95 เปอร์เซนต์ Shin และคณะ (11) ศึกษาประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ในการบำบัดน้ำเสียจากเศษอาหาร พบว่าที่ปริมาณสารอินทรีย์ 15.8 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ระบบกำจัดซีโอดีได้สูงกว่า 96 เปอร์เซนต์ แต่ที่ปริมาณซีโอดี 18.7 กิโลกรัมซีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ประสิทธิภาพจะลดลงอย่างรวดเร็วเนื่องจากปัญหาตะกอนลอยและถูกชะล้างออกนอกระบบ Ojha และ Singh (12) ศึกษาลักษณะการกระจายตัวของการไหลในระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB พบว่าอัตราไหลที่หลุดออกจากชั้นตะกอนอย่างรวดเร็วโดยไม่ถูกบำบัดจะเพิ่มขึ้นเมื่อมีการต้านทานจากชั้นตะกอนมากขึ้น ทุกตัวแปรที่มีผลต่อความต้านทานของชั้นตะกอนจะมีอิทธิพลต่อการกระจายอัตราไหลที่ด้านล่างของถังปฏิกิริยา

จากผลการศึกษากลไกการทำงานดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เป็นระบบที่มีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียที่อยู่ในรูปสารอินทรีย์และมีการใช้ในประเทศไทยมานานแล้ว ในขณะที่ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC เป็นระบบใหม่ที่มีการใช้ในประเทศไทยน้อย ดังนั้นวัตถุประสงค์ของการศึกษาในครั้งนี้คือ การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบัดน้ำเสียทั้งสองระบบในการลดค่าพารามิเตอร์บางชนิดที่แสดงให้เห็นว่าคุณภาพน้ำหลังผ่านการบำบัดจากทั้งสองระบบแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร ทั้งนี้เพื่อเป็นประโยชน์ในพิจารณาเลือกใช้ระบบบำบัดน้ำเสียที่เหมาะสมและมีประสิทธิภาพสูงในการบำบัดน้ำเสียที่เกิดขึ้นของอุตสาหกรรมที่มีลักษณะน้ำเสียในรูปสารอินทรีย์ รวมถึงเพื่อให้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC เป็นที่รู้จักมากขึ้นในประเทศไทย

2. วิธีการวิจัย

2.1 สถานที่ศึกษา

ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ของบริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด อ.เมือง จ. ขอนแก่น และสถานที่ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างน้ำคือ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

2.2 จุดเก็บน้ำตัวอย่าง

น้ำเสียที่ทำการเก็บตัวอย่างมีแหล่งกำเนิดจากกระบวนการผลิตหลายจุด ทำให้ค่าพารามิเตอร์ของน้ำเสียที่เข้าระบบบำบัดทั้งสองแบบมีค่าแตกต่างกัน จึงทำการเก็บตัวอย่างน้ำในจุดที่เป็นตัวแทนน้ำเสียเข้าและออกจากระบบบำบัดดังต่อไปนี้

2.2.1 ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB จำนวน 2 จุด คือ

1) น้ำเสียก่อนเข้าระบบ UASB จากบ่อปรับเสถียร (Equalization Tank)

2) น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ UASB

2.2.2 ระบบบำบัดน้ำเสีย IC จำนวน 2 จุด คือ

1) น้ำเสียก่อนเข้าระบบ IC จากบ่อปรับเสถียร (equalization tank)

2) น้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบ IC

2.3 ระยะเวลาในการศึกษา

ทำการเก็บน้ำตัวอย่างจำนวน 5 สัปดาห์ ระหว่างเดือนกรกฎาคม – สิงหาคม 2553

2.4 การวิเคราะห์น้ำตัวอย่าง

ค่าพารามิเตอร์ที่ทำการวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ได้แก่ ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (Biochemical Oxygen Demand: BOD) ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (Chemical Oxygen Demand: COD) ของแข็งแขวนลอย (Suspended Solid: SS) และของแข็งละลาย (Dissolved Solid: DS) โดยทำการตรวจวิเคราะห์คุณภาพน้ำ ตามคู่มือวิเคราะห์น้ำและน้ำเสีย คณะกรรมการวิชาการสาขาวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม ประจำปี 2545-2546 วิศวกรรมสถานแห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (13) ดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.4.1 ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)

- ตรวจวิเคราะห์โดยวิธีเอไซด์โมดิฟิเคชั่น (Azide Modification Method)

2.4.2 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD)

- ตรวจวิเคราะห์โดยวิธีรีฟลักซ์แบบปิด (Closed Reflux Method)

2.4.3 ของแข็งแขวนลอย (SS)

- ตรวจวิเคราะห์โดยวิธี gravimetric ด้วยกระดาษกรองใยแก้ว (glass fiber filter; Whatman GF/C) ขนาด 47 มม.

2.4.4 ของแข็งละลาย (DS)

- ตรวจวิเคราะห์โดยวิธี Gravimetric และระเหยแห้งในถ้วยกระเบื้องบนเครื่องอังไอน้ำ

2.5 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียในการบำบัดค่าพารามิเตอร์น้ำตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา โดยใช้สูตร

$$E = [(A-B) \times 100]/A$$

เมื่อ E = ประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสีย

A = ค่าพารามิเตอร์น้ำเสียก่อนเข้าระบบบำบัด

B = ค่าพารามิเตอร์น้ำที่ผ่านการบำบัดแล้ว

3. ผลการวิจัยและอภิปราย

ผลการศึกษาคุณภาพน้ำและประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ในการลดค่า BOD, COD, SS และ DS ดังต่อไปนี้

3.1 ความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี (BOD)

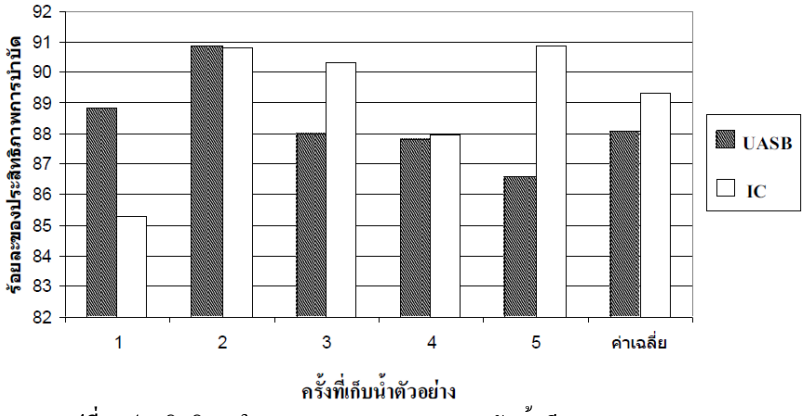
ผลการตรวจวิเคราะห์ BOD ของตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการบำบัด และประสิทธิภาพในการลด BOD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ดังตารางที่ 2

ผลจากตารางที่ 2 พบว่าค่า BOD ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 605 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 72 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลง 533 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด BOD มีค่าอยู่ในช่วง 86.59 - 90.86 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 2. ค่า BOD และประสิทธิภาพในการลด BOD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

ครั้งที่	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB			ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC		
	ค่าปริมาณ BOD (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาณ BOD (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	465	52	88.82	1,530	225	85.29
2	350	32	90.86	1,320	121	90.83
3	850	102	88.00	2,583	250	90.32
4	575	70	87.83	1,475	178	87.93
5	783	105	86.59	2,300	210	90.87
ค่าเฉลี่ย	605	72	88.10	1,842	197	89.31

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่า BOD ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร (14)



รูปที่ 3. ประสิทธิภาพในการลด BOD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

และประสิทธิภาพในการลด BOD เฉลี่ยเท่ากับ 88.10 เปอร์เซ็นต์

ค่า BOD ของน้ำเสียจากระบบระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1,842 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 197 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลง 1,645 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด BOD มีค่าอยู่ในช่วง 85.29 - 90.87 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด BOD เฉลี่ยเท่ากับ 89.31 เปอร์เซ็นต์ ค่า BOD ของน้ำหลังผ่านการบำบัดทั้งสองระบบ ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (BOD ไม่เกิน 20 มิลลิกรัม/ลิตร) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบจะเห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีประสิทธิภาพในการลดความเข้มข้นของ BOD สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ดังรูปที่ 3

3.2 ความต้องการออกซิเจนทางเคมี (COD)

ผลการตรวจวิเคราะห์ COD ของตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการบำบัด และประสิทธิภาพในการลด COD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ดังตารางที่ 3

จากตารางที่ 3 พบว่าค่า COD ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 886 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 179 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลงมีค่า 707 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด COD มีค่าอยู่ในช่วง 73.02 - 87.78 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด COD เฉลี่ยเท่ากับ 79.80 เปอร์เซ็นต์

ตารางที่ 3. ค่า COD และประสิทธิภาพในการลด COD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

ครั้งที่	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB			ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC		
	ค่าปริมาณ COD (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาณ COD (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	695	117	83.17	2,692	306	88.63
2	491	60	87.78	2,646	277	89.53
3	1,244	279	77.57	3,478	499	85.65
4	968	159	83.57	2,755	260	90.56
5	1,034	279	73.02	3,111	521	83.25
ค่าเฉลี่ย	886	179	79.80	2,936	373	87.30

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่า COD ไม่เกิน 120 มิลลิกรัม/ลิตร (13)

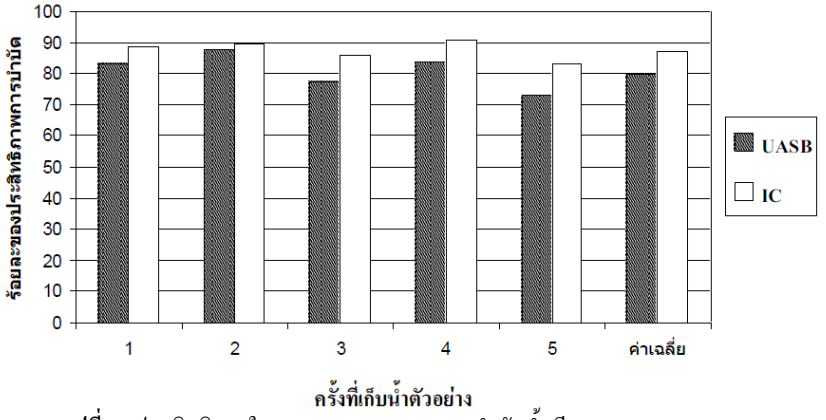
ค่า COD ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 2,936 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 373 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลงมีค่า 2,563 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด COD มีค่าอยู่ในช่วง 83.25-90.56 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด COD เฉลี่ยเท่ากับ 87.30 เปอร์เซ็นต์

ค่า COD ของน้ำหลังผ่านการบำบัดทั้งสองระบบ ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (COD ไม่เกิน 120 มิลลิกรัม/ลิตร) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบจะเห็นว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีประสิทธิภาพในการลด COD สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ดังรูปที่ 4

3.3 ของแข็งแขวนลอย (SS)

ผลการตรวจวิเคราะห์ SS ของตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการบำบัดและประสิทธิภาพในการลด SS ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ดังตารางที่ 4

จากตารางที่ 4 พบว่าค่า SS ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 276 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 63 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลงมีค่า 213 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด SS มีค่าอยู่ในช่วง 51.09 - 86.92 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด SS เฉลี่ยเท่ากับ 77.17



รูปที่ 4. ประสิทธิภาพในการลด COD ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

ตารางที่ 4. ค่า SS และประสิทธิภาพในการลด SS ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

ครั้งที่	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB			ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC		
	ค่าปริมาณ SS (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาณ SS (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	184	90	51.09	421	254	39.67
2	161	43	73.29	443	225	49.21
3	413	54	86.92	767	295	61.54
4	126	44	65.08	502	307	38.84
5	495	86	82.63	597	357	40.20
ค่าเฉลี่ย	276	63	77.17	546	288	58.24

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่า SS ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร (14)

เปอร์เซ็นต์

ค่า SS ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 546 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 288 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลง 258 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด SS มีค่าอยู่ในช่วง 38.84 - 61.54 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด SS เฉลี่ยเท่ากับ 58.24 เปอร์เซ็นต์

ค่า SS ของน้ำหลังผ่านการบำบัดทั้งสองระบบ ยังไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (ค่า SS ไม่เกิน 50 มิลลิกรัม/ลิตร) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบจะเห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีประสิทธิภาพในการลด SS สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC ดังรูปที่ 5

3.4 ของแข็งละลาย (Dissolved Solid: DS)

ผลการตรวจวิเคราะห์ DS ของตัวอย่างน้ำก่อนและหลังการบำบัดและประสิทธิภาพในการลด DS ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC ดังตารางที่ 5

จากตารางที่ 5 พบว่าค่า DS ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบ UASB คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1,991 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1,653 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลงมีค่า 338 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด DS มีค่าอยู่ในช่วง 13.56-20.02 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด DS เฉลี่ยเท่ากับ 16.98 เปอร์เซ็นต์

ค่า DS ของน้ำเสียจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC คือ น้ำเสียที่เข้าสู่ระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 2,545 มิลลิกรัม/ลิตร และน้ำเสียที่ออกจากระบบมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ย 1,688 มิลลิกรัม/ลิตร ซึ่งมีค่าความเข้มข้นเฉลี่ยลดลงมีค่า 857 มิลลิกรัม/ลิตร ประสิทธิภาพในการลด DS มีค่าอยู่ในช่วง 31.46 - 36.89 เปอร์เซ็นต์ และประสิทธิภาพในการลด DS เฉลี่ยเท่ากับ 33.67 เปอร์เซ็นต์

ค่า DS ของน้ำหลังผ่านการบำบัดทั้งสองระบบ ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม (ค่า DS ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร) และเมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพของระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบจะเห็นว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีประสิทธิภาพในการลด DS สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB ดังรูปที่ 6

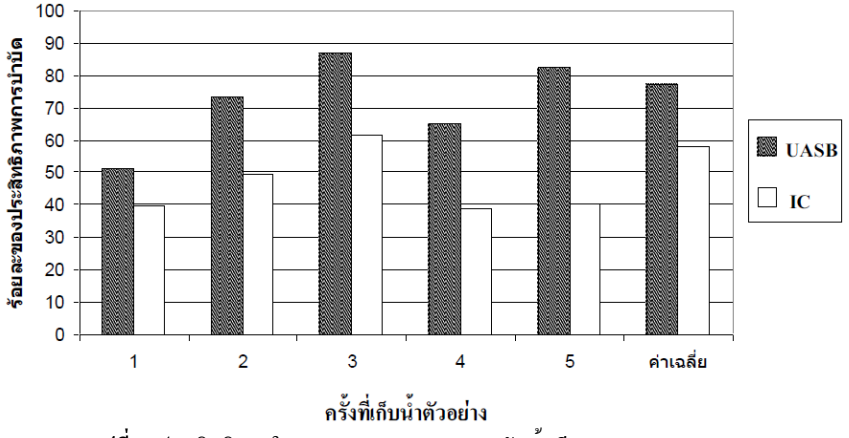
4. สรุป

ผลจากการศึกษาประสิทธิภาพระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC พบว่า ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีประสิทธิภาพในการลดค่าความต้องการออกซิเจนทางชีวเคมี ความต้องการออกซิเจนทางเคมี ของแข็งแขวนลอยในน้ำ และ

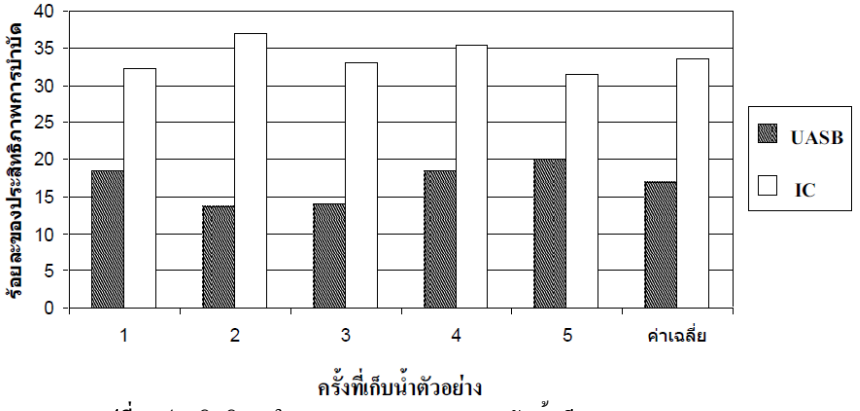
ตารางที่ 5. ค่า DS และประสิทธิภาพในการลด DS ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

ครั้งที่	ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB			ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC		
	ค่าปริมาณ DS (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)	ค่าปริมาณ DS (มิลลิกรัม/ลิตร)		ประสิทธิภาพการลดลง (เปอร์เซ็นต์)
	น้ำเข้า	น้ำออก		น้ำเข้า	น้ำออก	
1	1,563	1,274	18.49	2,371	1,605	32.31
2	1,025	886	13.56	2,139	1,350	36.89
3	2,945	2,538	13.89	3,078	2,061	33.04
4	1,965	1,602	18.47	2,449	1,583	35.36
5	2,458	1,966	20.02	2,686	1,841	31.46
ค่าเฉลี่ย	1,991	1,653	16.98	2,545	1,688	33.67

หมายเหตุ: มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม ค่า DS ไม่เกิน 3,000 มิลลิกรัม/ลิตร (14)



รูปที่ 5. ประสิทธิภาพในการลด SS ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC



รูปที่ 6. ประสิทธิภาพในการลด DS ของระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB และ IC

ของแข็งละลายในน้ำ มีค่าร้อยละ 88.10, 79.80, 77.17 และ 16.98 ตามลำดับ และระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, COD, SS และ DS ร้อยละ 89.31, 87.30, 58.24 และ 33.67 ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบ สรุปได้ว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีประสิทธิภาพในการลดค่า BOD, COD และ DS สูงกว่าระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB เนื่องจากระบบบำบัดน้ำเสียแบบ IC มีชุดแผ่นกรอง 2 ชั้น ซึ่งมากกว่าระบบ UASB และมีกระบวนการกวนผสมภายนอกและภายในถังปฏิกิริยา รวมถึงน้ำที่ผ่านการย่อยสลายแล้วจะถูกวนกลับไปย่อยสลายซ้ำร่วมกับน้ำเสียใหม่ ส่วนระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB มีประสิทธิภาพในการลดค่า SS ได้ดีกว่า เนื่องจาก น้ำที่ผ่านการย่อยสลายแล้วจะไหลขึ้นสู่ด้านบนของถังปฏิกิริยา ทำให้ตะกอนตกอยู่ก้นถังปฏิกิริยาด้วยแรงโน้มถ่วง ดังนั้นหากน้ำเสียมีค่า SS สูงควรใช้ระบบบำบัดน้ำเสียแบบ UASB แต่อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาพารามิเตอร์ของน้ำหลังผ่านการบำบัดของทั้งสองระบบ พบว่าค่า BOD, COD และSS ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม มีเพียงค่า DS ที่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ดังนั้นจึงสามารถจะสรุปได้ว่าน้ำเสียที่ผ่านการบำบัดจากระบบบำบัดทั้งสองระบบจำเป็นต้องนำไปผ่านการบำบัดเพิ่มเติมก่อนที่จะปล่อยน้ำทิ้งออกสู่ธรรมชาติ เพื่อให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม จึงจะไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ซึ่งสอดคล้องกับการใช้ระบบบำบัดน้ำเสียทั้งสองระบบของ

บริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ได้ทำการบำบัดน้ำเสียต่อด้วยระบบบำบัดน้ำเสียแบบ AS และใช้พืชในการบำบัดก่อนที่จะนำน้ำที่ผ่านการบำบัดแล้วไปใช้ประโยชน์

5. กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้ศึกษาขอขอบคุณ ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ อุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิจัย ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่บริษัทขอนแก่นบริวเวอรี่ จำกัด ทุกท่านที่เอื้อเฟื้อข้อมูล ให้การช่วยเหลือปัญหาต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการเก็บน้ำตัวอย่าง

6. เอกสารอ้างอิง

(1) Department of Industrial Works, Ministry of Industry. Pollution, water treatment systems textbooks. 2005; 2. Thai.

(2) Sirivittayakon S. Waste water technology. Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University; 2006, Thai.

(3) Suwanyattana S. and Wongkittivimon A. Study of wastewater treatment system at Khonkaen brewery, Khon Kaen. Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineering, Khon Kaen University; 1998. Thai.

(4) Hirunmatsuwan S. Biological wastewater treatment process, the basic design and calculation. Department of Environmental Engineering, Faculty of Engineer, Rangsit University; 2009. Thai.

(5) Field J. Anaerobic granular sludge bed reactor technology [Internet]. 2002 Sep 15 [updated 2003 Apr 27]. Available from: http://www.uasb.org/discover/agsb.htm

(6) Sirianunpaiboon S. Wastewater treatment system selection, design and control solutions. Top, Bangkok; 2009. Thai.

(7) Chengo W. Anaerobic microorganisms in the water. Undergraduate research project. Bangkok: King Mongkut's University of Technology Thonburi; 1995. Thai.

(8) Kayasit S. The use o the UASB in the treatment of high concentration [MSc thesis].; Bangkok: Chulalongkorn University; 1995. Thai.

(9) Batstone D.J. and Keller J. 2001. Variation of bulk properties of anaerobic granules with wastewater type. Water Research, 1723-1729.

(10) Punal A., Melloni P., Roca E., Rozzi, and Lema J.M. 2001. Automatic start-up of UASB reactor. Journal of Environmental Engineering 127: 397-402.

(11) Shin H.S., Han S.K., Song Y.C. and Lee C.Y. 2001. Performance of UASB reactor treating leachate from acidogenic fermenter in the two-phase anaerobic digestion of food waste. Water Research 35: 3441-3447.

(12) Ojha C.S.P. and Singh R.P. 2002. Flow Distribution parameters in relation to flow resistance in an upflow anaerobic sludge blanket reactor system. Journal of Environmental Engineering 128: 196-200.

(13) The academic year 2002-2003, environmental engineering, Engineering Institute of Thailand under Royal Patronage. Manual analysis of water and wastewater. Thai.

(14) Ministry of Science. Technology and Environment, No. 3 (1996) Title: Standards to control the sewage of industrial plants and industrial sources. Dated January 3, 1996. Published in Government Gazette Volume 113, Part 13, data February 13, 1996.