



การเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโปรยกรอง ด้วยคอนกรีตพรุนในการบำบัดน้ำเสีย Enhancement of Trickling Filter by Porous Concrete in Wastewater Treatment

Thanudkij Chareerat* Sompop Sanongraj Chanathip Nasok and Jarawee Chaikambang

ณัฏกิจ ชารีรัตน์* สมภพ สนองราษฎร์ ชนาธิป นาโสภ และ จารวี ไชยกำบัง

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี อุบลราชธานี 34190

*E-mail : thanudkij.c@ubu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเพิ่มประสิทธิภาพของระบบโปรยกรองด้วยคอนกรีตพรุนในการบำบัดน้ำเสีย โดยแบ่งการทำงานออกเป็น 3 ส่วนได้แก่ 1) การผลิตคอนกรีตพรุน ซึ่งได้ผลการศึกษาคอนกรีตพรุนนี้ คอนกรีตพรุนมีลักษณะพื้นผิวค่อนข้างหยาบ สีเทาเข้ม รูปร่างทรงกระบอก คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 19.83 ± 0.38 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.16 ± 0.24 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากับ 308.89 ± 12.19 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.75 ± 0.11 กรัม ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ± 0.04 เซนติเมตรต่อวินาที และอัตราส่วนโพรงเฉลี่ยเท่ากับ $32.38 \pm 1.95\%$ และคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 19.91 ± 0.35 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.33 ± 0.24 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากับ 311.48 ± 11.24 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.95 ± 0.09 กรัม ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านน้ำเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 ± 0.04 เซนติเมตรต่อวินาที และอัตราส่วนโพรงเฉลี่ย เท่ากับ $33.78 \pm 3.05\%$ ตามลำดับ 2) การเก็บตัวอย่างน้ำเสียบริเวณบ่อดักไขมันโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่ามีค่า pH เท่ากับ 6.24 ± 0 , BOD เท่ากับ 420 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร COD เท่ากับ 800 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร, SS เท่ากับ 84 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร และ TKN เท่ากับ 33 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร 3) ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบโปรยกรองพบว่า ระบบโปรยกรองตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร มีค่าอัตราการชะลอลงต่ำกว่าเท่ากับ 0.38 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งอยู่ในประเภทถังโปรยกรองอัตราต่ำ และมีค่าอัตราการสารอินทรีย์เท่ากับ 0.25 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งอยู่ในประเภทถังโปรยกรองอัตราต่ำ และผลการวิเคราะห์ค่า pH อยู่ในช่วง 5.30-7.70 ส่วนผลประสิทธิภาพในการกำจัด BOD, COD, SS และ TKN พบว่า มีผลประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีขึ้น เมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร โดยระบบโปรยกรองที่ใช้ตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูงสุด เท่ากับ $96.85 \pm 0.37\%$ และยังสามารถกำจัด COD, SS และ TKN ได้ถึง $91.60 \pm 0.98\%$, $74.40 \pm 0.84\%$ และ $81.25 \pm 2.94\%$ ตามลำดับ ส่วนผลการตรวจวัดค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

จากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า ตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่าอัตราการระเหยศาสตร์เท่ากับ 0.38 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน และมีค่าอัตราการสารอินทรีย์เท่ากับ 0.25 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูง และผลการตรวจวัดค่า BOD พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง แต่อย่างไรก็ตามในชุดการทดลองที่ 2-6 พบว่า ถึงแม้จะมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูง แต่ผลการตรวจวัดค่า BOD กลับพบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง อาจมีสาเหตุจากตัวอย่างน้ำเสียมีไขมันอยู่ทำให้ระบบโปรยกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดลดน้อยลง

คำสำคัญ : คอนกรีตพรุน; ระบบโปรยกรอง; การบำบัดน้ำเสีย

Abstract

This research studied on the prototype of trickling filter by porous concrete in wastewater treatment. A study was divided into three parts. 1) The synthesis of porous concrete: It was found that porous concrete provided quite rough surface, dark gray in color with cylindrical shape. Porous concrete made from coarse aggregate sizing of 9.5 mm, the average diameter of 19.83 ± 0.38 cm, average height of 5.16 ± 0.24 cm, average cross sectional area of 308.89 ± 12.19 cm² and average weight of 2.75 ± 0.07 g, were obtained. The average coefficient of water permeability of 0.82 ± 0.04 cm/s and average void ratio of 32.38 ± 1.95 % could be measured. While porous concrete sizing of 19.0 mm, the average diameter of 19.91 ± 0.35 cm, average height of 5.33 ± 0.24 cm, average cross sectional area of 311.48 ± 11.24 cm² and average weight of 2.95 ± 0.09 g, were also obtained. The average coefficient of water permeability of 0.91 ± 0.04 cm/s and average void ratio of 33.78 ± 3.05 % could be measured. 2) Sampling of wastewater at grease trap manhole of central canteen, Ubon Ratchathani University was collected and found a pH value of 6.24 ± 0 , BOD of 420 ± 0.98 mg/l, COD of 800 ± 0.98 mg/l, SS of 84 ± 0.98 mg/l, and TKN of 33 ± 0.98 mg/l, respectively. 3) The efficiency testing of wastewater treatment by porous concrete in the trickling filter, it was found that the trickling filter tank of porous concrete made from coarse aggregate sizing of 9.5 mm provided the hydraulic loading rate of 0.38 m³/m²•d which could be categorized as low rate trickling filter type and also organic loading rate of 0.25 kg BOD/m³•d which could be categorized as low rate trickling filter type as well. The pH value in range 5.30-7.70 could be obtained. The efficiency of BOD, COD, SS and TKN treatment have found a better efficiency as compared with porous concrete made from coarse aggregate sizing of 19.0 mm. The trickling filter tank with porous concrete made from coarse aggregate sizing of 9.5 mm showed an efficiency in BOD treatment of 96.85 ± 0.37 %, while COD, SS and TKN provided an efficiency of 91.60 ± 0.98 %, 74.40 ± 0.84 % and 81.25 ± 2.94 %, respectively. The obtained results of pH, BOD, COD, SS and TKN values have passed the wastewater quality standard.

In conclusion, porous concrete made from coarse aggregate sizing of 9.5 mm. with flow rate of 2 litres/hr, the hydraulic loading rate of 0.38 m³/m²•d and organic loading rate of 0.25 kg BOD/m³•d showed the highest effectiveness in BOD treatment and the result of BOD has found passing in wastewater quality standard. On the contrary, porous concrete made from coarse aggregate sizing of 19 mm, even the experimental results in series 2-6 provided the high percentage in BOD treatment but the results of the BOD measurement have found not passing the wastewater quality standard. The cause of this unexpected results may owing to excess grease content in grease trap manhole that reduced the efficiency of trickling filter treatment by porous concrete.

Keywords : Porous Concrete; Trickling filter; Wastewater treatment

บทนำ

เทคโนโลยีด้านคอนกรีตพรุน (Porous concrete) ได้ถูกคิดค้นขึ้นในประเทศอังกฤษและอเมริกาเป็นเวลามากกว่าสามสิบปี เพื่อใช้ในงานด้านวิศวกรรมและสถาปัตยกรรม อาทิเช่น พื้นลานจอดรถลานหน้าอาคาร ลานรอบที่พักอาศัย พื้นบริเวณรอบสระว่ายน้ำ ถนนในหมู่บ้านที่การจราจรไม่หนาแน่น และถนนภายในสนามกอล์ฟ เป็นต้น คอนกรีตพรุนได้รับความนิยมมากในประเทศญี่ปุ่น ซึ่งคุณสมบัติคอนกรีตพรุน มีลักษณะการระบายน้ำได้ค่อนข้างดีเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม แต่ในประเทศไทยถือว่ายังไม่มีความนิยมใช้คอนกรีตพรุนมากนัก แต่ในอนาคตคอนกรีตพรุนจะเป็นทางเลือกในการนำไปใช้งานที่แพร่หลายมากขึ้นด้วยน้ำหนักที่เบากว่าคอนกรีตทั่วไปถึง 30% และต้นทุนในการผลิตที่มีราคาต่ำ ในการศึกษาครั้งนี้เป็นการสร้างต้นแบบระบบโปรยกรองด้วยคอนกรีตพรุนในการบำบัดน้ำเสีย ซึ่งระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง (Trickling Filter) เป็นระบบที่มีจุลินทรีย์เจริญเติบโตอยู่บนตัวกลาง น้ำเสียที่ผ่านการบำบัดขั้นต้นแล้ว จะปล่อยน้ำเสียให้ไหลผ่านชั้นของตัวกลาง จุลินทรีย์ที่เกาะติดอยู่บนตัวกลางจะใช้ออกซิเจนทำปฏิกิริยาย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำ โดยปกติระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรองมักใช้ตัวกลางที่เป็นหินและพลาสติกมีเดีย ซึ่งทำหน้าที่เปรียบเหมือนแหล่งพักอาศัยให้กับแบคทีเรียภายในระบบบำบัดน้ำเสียได้เกาะอาศัย อีกทั้งยังช่วยเพิ่มระยะเวลาและปริมาณของแบคทีเรีย ซึ่งจะทำให้การย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำเสียให้มีปริมาณลดลง ยังป้องกันไม่ให้แบคทีเรียเหล่านี้หลุดออกมาพร้อมน้ำเสีย ที่ผ่านการบำบัดแล้วอีกด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ศึกษาต้นแบบระบบโปรยกรองด้วยคอนกรีตพรุนในการบำบัดน้ำเสีย ผู้ศึกษาจึงมีแนวความคิดที่จะนำคอนกรีตพรุนมาเป็นตัวกลางสำหรับเป็นที่ยึดเกาะของจุลินทรีย์ เพื่อให้ทราบถึงคุณสมบัติของคอนกรีตพรุนที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ในงานด้านวิศวกรรมสิ่งแวดล้อม และได้ทราบถึงประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบโปรยกรองที่ใช้ตัวกลางเป็นคอนกรีตพรุน

การกรอง (Filtration) เป็นอีกทางเลือกหนึ่งในกระบวนการบำบัดน้ำเสียทางกายภาพ ซึ่งการกรองแบ่งออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่ การกรองแบบผ่านตัวกลาง การกรองแบบติดค้างในชั้นกรองและการกรองแบบติดค้าง

ที่ผิวหน้า การกรองแต่ละประเภทมีอัตราเร็วในการกรองจากสูงไปต่ำ [1]

การออกแบบระบบโปรยกรอง ประสิทธิภาพของระบบโปรยกรองขึ้นอยู่กับภาวะบรรทุกทางชลศาสตร์และภาวะบรรทุกสารอินทรีย์ การไหลของน้ำเสียสัมผัสกับจุลินทรีย์อย่างทั่วถึง โดยไม่เกิดการลัดวงจร ตัวกลางที่ใช้กันทั่วไป ได้แก่ หินขนาด 2.5-13 เซนติเมตร ซึ่งมีราคาถูกหาได้ง่าย แต่น้ำหนักมาก โครงสร้างของถังกรองจึงต้องแข็งแรง ปัจจุบันมีการผลิตตัวกลางซึ่งมีความพรุนสูงและน้ำหนักเบา เช่น พลาสติก ประสิทธิภาพของตัวกลางเหล่านี้สูงเพราะมีเนื้อที่ให้จุลินทรีย์ยึดเกาะได้มาก โครงสร้างของถังกะทัดรัดกว่าแบบใช้หิน แต่ตัวกลางมีราคาแพงกว่า

อุปกรณ์และวิธีวิจัย

การผลิตคอนกรีตพรุน

ใช้ปูนซีเมนต์ปอร์ตแลนด์ประเภทที่ 1 ตามมาตรฐาน ASTM C150-00 ใช้มวลรวมหยาบเป็นหินบะซอลต์ขนาด 9.5 มิลลิเมตร และ 19 มิลลิเมตร ที่มีในจังหวัดอุบลราชธานีและน้ำประปา ทำการผลิตคอนกรีตพรุนโดยใส่สารซีเมนต์และน้ำลงในถังผสม ผสมจนเข้ากันใช้เวลา 4 นาที จากนั้นเติมมวลรวมและผสมจนซีเมนต์เคลือบผิวของมวลรวมทั่วถึงกันใช้เวลา 1 นาที 30 วินาที ตักคอนกรีตลงแบบหล่อทรงกระบอก โดยแบบหล่อมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร สูง 5 เซนติเมตร ทำการบดอัดแบบสั่นสะเทือน โดยใช้การเคาะกระแทกเพื่อให้สามารถรับแรงอัดได้สูงขึ้น จากนั้นบ่มคอนกรีตพรุนเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

การศึกษาลักษณะสมบัติของคอนกรีตพรุน

ศึกษาลักษณะทั่วไปของคอนกรีตพรุน เช่น สี รูปร่าง รวมถึงขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ย ความสูงเฉลี่ย พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยและน้ำหนักเฉลี่ยของตัวอย่างคอนกรีตพรุนที่ผลิตได้

การทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ มีขั้นตอนดังนี้

- 1) วัดขนาดพื้นที่หน้าตัด (A) และความสูง (H) ของคอนกรีตพรุน
- 2) ใส่คอนกรีตในท่อทรงกระบอก

3) เปิดน้ำไหลผ่านตัวอย่างด้วยอัตราเร็วคงที่ วัดระดับความแตกต่างของระดับน้ำ (h)

4) วัดปริมาณน้ำ (Q) ที่ไหลผ่านทรงกระบอกที่ ช่วงระยะเวลาหนึ่ง ($t_2 - t_1$) ดังรูปที่ 1 ซึ่งแสดงขั้นตอนการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ

การคำนวณหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านทำได้โดยใช้สมการดังนี้

$$K \text{ (cm/s)} = H/h * [Q / (A * (t_2 - t_1))] \quad (1)$$

การทดสอบหาอัตราส่วนโพรงรวม มีขั้นตอนการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2

การคำนวณค่าอัตราส่วนโพรงสามารถคำนวณได้โดยใช้สมการ

$$A_t \text{ (\%)} = [1 - (W_2 - W_1) / \rho_w / V] \times 100 \quad (2)$$

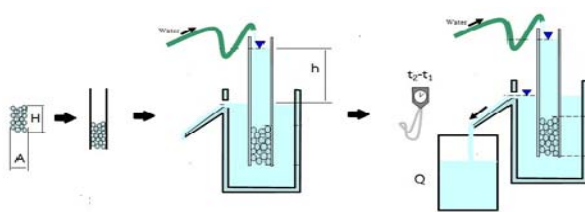
การวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย

นำน้ำตัวอย่างมาวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสีย ดังนี้ วัดค่าพีเอช (pH) ด้วยวิธี Electrometric Titration วัดค่าบีโอดี (BOD) ด้วยวิธี Close Reflux วัดค่าซีโอดี

(COD) ด้วยวิธี Close Reflux และวัดค่าเอสเอส (SS) ด้วยวิธี Gravimetric method และวัดค่าทีเคเอ็น (TKN) ด้วยวิธี Kjeldahl และ Titration

การสร้างระบบโปรยกรองต้นแบบโดยใช้ตัวกลางเป็นคอนกรีตพูน

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จะสร้างระบบโปรยกรองรูปทรงกระบอก ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 เซนติเมตร และสูง 30 เซนติเมตร ปริมาตร 9.42 ลิตร จำนวน 1 ถึง (รูปที่ 3) ประกอบด้วย ฐานที่ตั้งระบบโปรยกรองที่สามารถเปลี่ยนตัวกลางได้โดยนำวัสดุตัวกลางใส่ในระบบสูงร้อยละ 80 ของปริมาตรรับน้ำเสียทั้งระบบ และใช้ปั้มน้ำขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1 นิ้ว 1 แรงม้า ดูดน้ำเสียจากถังเก็บน้ำเสียปริมาณ 151 ลิตร เข้าสู่ด้านบนของระบบโปรยกรอง โดยผ่านทางท่อ PVC ขนาด ¾ นิ้ว ไหลผ่านชั้นตัวกลางโดยมีวาล์วปรับอัตราการไหลของน้ำกำหนดเป็น 2, 4 และ 8 ลิตรต่อชั่วโมง และมีการหมุนเวียนน้ำกลับเข้าสู่ระบบโปรยกรอง พร้อมทั้งติดตั้งจุดเก็บตัวอย่างน้ำก่อนเข้าสู่ระบบและหลังออกจากระบบ โดยการทำงานของปั้มน้ำจะทำงานทุก 30 นาที ซึ่งแบ่งเป็นชุดการทดลอง 6 ชุดการทดลอง



K = ค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ

H = ความสูงของคอนกรีตพูน

h = ความแตกต่างของระดับน้ำ

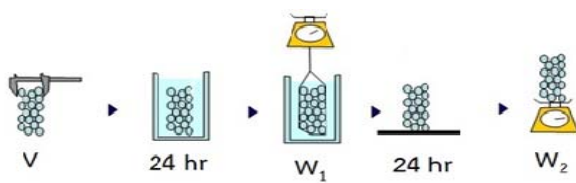
Q = ปริมาณน้ำ

A = พื้นที่หน้าตัด

t_1 = เวลาเริ่มต้น

t_2 = เวลาสิ้นสุด

รูปที่ 1 ขั้นตอนการทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำ [2]



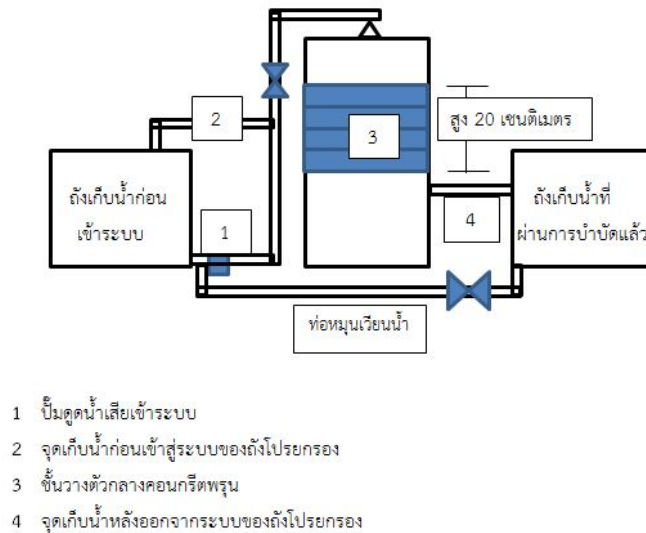
A_t = อัตราส่วนโพรงรวม

W_1 = น้ำหนักชั่งในน้ำภายหลังจากแช่ 24 ชั่วโมง

W_2 = น้ำหนักชั่งในอากาศภายหลังจากตากแห้ง 24 ชั่วโมง

V = ปริมาตรคอนกรีตพูน

รูปที่ 2 ขั้นตอนการทดสอบหาอัตราส่วนโพรงรวม



รูปที่ 3 ผังระบบโปรยกรองต้นแบบโดยใช้ตัวกลางคอนกรีตพูน

การเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูน

เลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูนในถังน้ำ ใช้เวลา 14 วัน โดยใช้น้ำตัวอย่างจากบริเวณบ่อดักไขมันโรงอาหารกลางมหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ปริมาตร 120 ลิตร เป็นอาหารเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ จากนั้นทำการเติมอากาศและวางถังน้ำให้โดนแสงแดด โดยเปลี่ยนน้ำในถังเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ทุก 4 วัน นำน้ำตัวอย่างไปวิเคราะห์ค่า COD และ BOD เปรียบเทียบลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลง อัตราส่วนโพรงของคอนกรีตพูน และผลการซังน้ำหนักคอนกรีตพูนก่อนและหลังเลี้ยงเชื้อ

การทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบโปรยกรอง

ชุดการทดสอบมีทั้งหมด 6 ชุด ใช้น้ำเสียที่ได้จากบริเวณบ่อดักไขมันโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี เข้าสู่ระบบโปรยกรอง ปริมาตร 50 ลิตร มีตัวกลางเป็นคอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น และ 19.0 มิลลิเมตร จำนวน 4 แผ่น โดยแต่ละแผ่นมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 20±3 เซนติเมตร สูง 4.5-5 เซนติเมตร และมีอัตราส่วนโพรง 30±5% ตามลำดับ

ชุดการทดลองที่ 1 และ 2 ควบคุมอัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 3 และ 4 ควบคุมอัตราการไหล 4 ลิตรต่อชั่วโมง

ชุดการทดลองที่ 5 และ 6 ควบคุมอัตราการไหล 8 ลิตรต่อชั่วโมง

เก็บตัวอย่างน้ำหลังออกจากระบบทุก 4 ชั่วโมง ปริมาตร 1 ลิตร เพื่อวิเคราะห์ค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN จนผลวิเคราะห์ค่าที่ ทุกชุดการทดลอง

จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำตัวอย่าง ก่อนเข้าและหลังออกจากระบบ นำค่า COD และ TSS คำนวณหาประสิทธิภาพในการกำจัด ตามสมการที่ 3

$$\text{ประสิทธิภาพในการกำจัด (\%)} = \frac{[(in - out) / in] \times 100\%}{(3)}$$

เมื่อ in = ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำเข้าสู่ระบบ
Out = ผลการวิเคราะห์พารามิเตอร์น้ำออกจาก
ระบบ

ผลการทดสอบและวิจารณ์ผล

ผลการผลิตคอนกรีตพูน

คอนกรีตพูนที่ผลิตได้ มีลักษณะพื้นผิวค่อนข้างหยาบ สีเทาเข้ม รูปร่างทรงกระบอก คอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 19.83±0.38 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.16±0.24 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากับ 308.89±12.19 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ

2.75±0.07 กิโลกรัม และคอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 19.91±0.35 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.33±0.24 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ยเท่ากับ 311.48±11.24 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 2.95±0.09 กิโลกรัม ดังรูปที่ 4

ผลการทดสอบค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวม

คอนกรีตพูนที่ผลิตจากมวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร เมื่อนำมาทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82±0.04 เซนติเมตรต่อวินาที และ 32.38±1.95% ตามลำดับ คอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร เมื่อนำมาทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.91±0.04 เซนติเมตรต่อวินาที และ 33.78±3.05% ตามลำดับ

ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสีย

จากการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียได้ผลดังนี้ ค่า pH = 6.42±0.00 ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งอยู่ที่

5.5-9, BOD = 420±0.00 mg/l ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งไม่เกิน 20, COD = 800±0.00 mg/l ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งไม่เกิน 120, SS = 84±0.00 mg/l ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งไม่เกิน 30 และ TKN = 33.6±0.00 mg/l ค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งไม่เกิน 20 ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติของน้ำเสีย พบว่าน้ำเสียบริเวณบ่อดักไขมัน โรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี มีความสกปรกค่อนข้างสูงคือมีค่า BOD, COD, SS และ TKN ที่สูงกว่าค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง เนื่องจากน้ำเสียดังกล่าวเกิดมาจากกิจกรรมการทำอาหารหรือล้างถ้วยชาม โรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ซึ่งน้ำเสียจากโรงอาหารจะเป็นน้ำที่มีสารอินทรีย์สูงและมีไขมัน ทำให้น้ำเสียที่วิเคราะห์มีค่า BOD, COD, SS และ TKN สูงตามไปด้วย ส่วนค่า pH พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง [3]

ผลการสร้างระบบโปรยกรองต้นแบบโดยใช้ตัวกลางเป็นคอนกรีตพูน

จากการทดสอบสร้างระบบโปรยกรอง พบว่าสามารถสร้างถึงโปรยกรองได้จำนวน 1 ถัง ดังรูปที่ 5



รูปที่ 4 คอนกรีตพูนที่ผลิตได้

- 1 ป้อนน้ำเสียเข้าระบบ
- 2 จุดเก็บน้ำก่อนเข้าสู่ระบบของถังโปรยกรอง
- 3 ชั้นวางตัวกลางคอนกรีตพูน
- 4 จุดเก็บน้ำหลังจากออกจากกระบอกถังโปรยกรอง



รูปที่ 5 ระบบโปรยกรองต้นแบบ

ผลการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูนในระบบโปรยกรอง

จากผลการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูน พบว่า เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน ลักษณะทางกายภาพที่เปลี่ยนแปลงของคอนกรีตพูนหลังจากการเลี้ยงเชื้อพบว่า คอนกรีตพูนมีลักษณะพื้นผิวลื่นมีเมือกเกาะ สีดำเข้มขึ้น ภาพคอนกรีตพูนก่อน-หลังการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์แสดงในรูปที่ 6 โดยอัตราส่วนโพรงเฉลี่ยของคอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร ลดลงจาก $32.38 \pm 1.95\%$ เหลือ $30.26 \pm 1.74\%$ และคอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร ลดลงจาก $33.78 \pm 3.05\%$ เหลือ $30.52 \pm 1.49\%$ แสดงให้เห็นว่ามี

การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในตัวกลางคอนกรีตพูน ซึ่งคาดว่าจะมีการเกิดขึ้นของเชื้อจุลินทรีย์บนผิวของคอนกรีตพูน

ผลการเปรียบเทียบน้ำหนักคอนกรีตพูนก่อนและหลังการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์ในอากาศ คอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก $2,758.33 \pm 79.29$ กรัม เป็น $2,779.17 \pm 72.16$ กรัม และคอนกรีตพูนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร มีค่าเฉลี่ยเพิ่มขึ้นจาก $2,954.17 \pm 98.76$ กรัม เป็น $3,000.00 \pm 102.24$ กรัม น้ำหนักที่เพิ่มของคอนกรีตพูนที่ซังในอากาศอาจเป็นเชื้อจุลินทรีย์ที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพูน



(ก) ก่อนการเลี้ยงเชื้อ



(ข) หลังการเลี้ยงเชื้อ

รูปที่ 6 คอนกรีตพูนก่อนและหลังการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์

ผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบโปรยกรอง

ในการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดของระบบโปรยกรอง น้ำเสียที่นำมาบำบัดในแต่ละชุดการทดลองควรควบคุมให้มีความสกปรกที่ใกล้เคียงกัน เพื่อไม่ให้ข้อได้เปรียบ-เสียเปรียบในแต่ละชุดการทดลอง โดยน้ำเสียที่นำมาบำบัดเก็บจากบริเวณบ่อดักไขมันโรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี โดยเติมน้ำเสียที่เก็บได้ลง

ในถังเก็บน้ำตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง (ดูรูปที่ 5 ประกอบ) เพื่อให้ น้ำเสียเพียงพอต่อการบำบัด เมื่อสิ้นสุดการทดลองในแต่ละชุดการทดลอง ต้องถ่ายน้ำเสียในถังโปรยกรองออกให้หมด เพื่อลดข้อผิดพลาดจากการวิเคราะห์ที่อาจเกิดขึ้น ผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบ การคำนวณอัตราการชลศาสตร์ และการคำนวณอัตราการสารอินทรีย์ในแต่ละชุดการทดลองแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าอัตราการชลศาสตร์ และอัตราการสารอินทรีย์ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบในแต่ละชุดการทดลอง

คอนกรีตพูนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร								
ชุดการทดลอง	อัตราการไหล (L/hr)	จำนวนคอนกรีตพูน (แผ่น)	ความสูง (m)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (m)	พื้นที่ผิวของตัวกลาง (m^2)	ปริมาตรของตัวกลาง (m^3)	อัตราการชลศาสตร์ ($m^3/m^2 \cdot d$)	อัตราการสารอินทรีย์ ($kgBOD/m^3 \cdot d$)
1	2	4	0.210	0.19875	0.031021	0.00651441	0.38	0.22
3	4	4	0.200	0.19625	0.030236	0.00604720	0.79	0.24
5	8	4	0.210	0.20000	0.031409	0.00659589	1.52	0.14

ตารางที่ 1 ค่าอัตราการชะลอสาร และอัตราการสารอินทรีย์ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบในแต่ละชุดการทดลอง (ต่อ)

คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร								
ชุดการทดลอง	อัตราการไหล (L/hr)	จำนวนคอนกรีตพรุน (แผ่น)	ความสูง (m)	ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง (m)	พื้นที่ผิวของตัวกลาง (m ²)	ปริมาตรของตัวกลาง (m ³)	อัตราการชะลอสาร (m ³ /m ² ·d)	อัตราการสารอินทรีย์ (kgBOD/m ³ ·d)
2	2	4	0.215	0.19750	0.030624	0.00658416	0.39	0.18
4	4	4	0.215	0.19750	0.030624	0.00658416	0.78	0.08
6	8	4	0.210	0.20250	0.032194	0.00676074	1.49	0.37

จากตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าอัตราการสารอินทรีย์ที่มีค่าที่แตกต่างกัน เนื่องจากน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบถึงโปรยกรองมีค่าความสกปรกที่แตกต่างกันในแต่ละชุดการ

ทดลองและมีไขมันอยู่ในน้ำเสีย ผลการวิเคราะห์ค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN ก่อน-หลัง ของระบบถึงโปรยกรองในแต่ละชุดการทดลองมีรายละเอียดดังนี้

ตารางที่ 2 ค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN ของน้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบในแต่ละชุดการทดลอง

คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร						
ชุดการทดลอง	อัตราการไหล (L/hr)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TKN (mg/L)
1	2	5.48±0.021	480±56.56	960±113.13	43±1.41	32.2±0
3	4	5.73±0.014	510±42.42	1,360±113.13	62±2.82	49.7±0.98
5	8	5.65±0.014	330±42.42	880±113.13	87±4.24	93.1±0.98
คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร						
ชุดการทดลอง	อัตราการไหล (L/hr)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TKN (mg/L)
2	2	5.44±0.007	440±56.56	880±113.13	82±2.82	33.6±0
4	4	5.81±0.021	210±42.42	560±113.13	68±11.31	30.1±0.98
6	8	5.50±0.035	930±42.42	1,240±56.56	37±1.41	38.5±0.98

ตารางที่ 3 ค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN ของน้ำเสียออกจากระบบในแต่ละชุดการทดลอง

คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 mm						
ชุดการทดลอง	อัตราการไหล (L/hr)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TKN (mg/L)
1	2	7.41±0.014	15±0	80±0	11±0	6.3±0.98
3	4	7.70±0.021	30±42.42	80±113	16±0	10.5±0.98
5	8	7.56±0.014	30±42.42	80±113	18±0	49±0
คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 mm						
ชุดการทดลอง	อัตราการไหล (L/hr)	pH	BOD (mg/L)	COD (mg/L)	SS (mg/L)	TKN (mg/L)
2	2	7.42±0.021	40±56.56	80±113	18±2.82	8.4±3.95
4	4	7.61±0.042	30±42.42	80±113	20±0	12.6±0
6	8	7.42±0.014	120±0	160±0	12±2.82	18.9±0.98

จากตารางที่ 2 พบว่า น้ำเสียก่อนเข้าสู่ระบบมีค่าความสกปรกที่สูง จะเห็นได้ว่าค่า BOD, COD, SS และ TKN ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งชุมชน

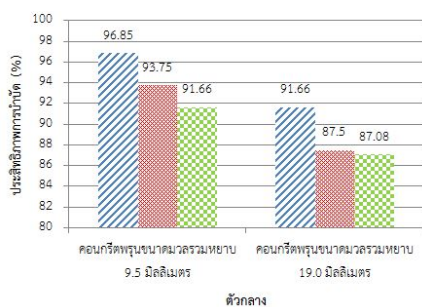
จากตารางที่ 3 ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบไปรยกรองตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร พบว่า ชุดการทดลองที่ 1 ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ชุดการทดลองที่ 3 ที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อชั่วโมง ค่า pH, COD, SS และ TKN พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนค่า BOD เห็นได้ว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง และชุดการทดลองที่ 5 ที่อัตราการไหล 8 ลิตรต่อชั่วโมง ค่า pH, COD และ SS พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนค่า BOD และ TKN จะเห็นได้ว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

ผลการวิเคราะห์น้ำเสียที่ออกจากระบบไปรยกรองตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร ชุดการทดลองที่ 2 ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าค่า pH, COD, SS และ TKN พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนค่า BOD เห็นได้ว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ชุดการทดลองที่ 4

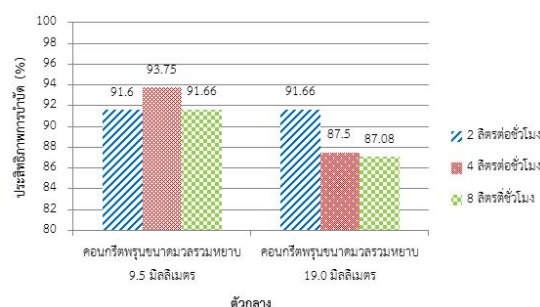
ที่อัตราการไหล 4 ลิตรต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าค่า pH, COD, SS และ TKN พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนค่า BOD เห็นได้ว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง และชุดการทดลองที่ 6 ที่อัตราการไหล 8 ลิตรต่อชั่วโมง จะเห็นได้ว่าค่า pH, SS และ TKN พบว่าอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง ส่วนค่า BOD และ COD จะเห็นได้ว่าไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

ผลการวิเคราะห์ค่า pH พบว่า ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากค่าของน้ำเสียที่เข้าระบบ โดยเฉพาะเวลาในการปรัยน้ำเสีย ที่ใช้เวลาเพิ่มมากขึ้น ค่า pH อยู่ในช่วง 5.40-7.70

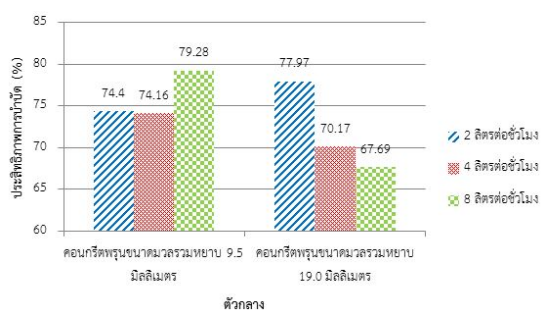
จากรูปที่ 7, 8, 9 และ 10 พบว่า ระบบไปรยกรองที่มีอัตราการไหลต่ำและคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร มีผลประสิทธิภาพในการบำบัดที่ดีขึ้น โดยเฉพาะในการกำจัด BOD มีผลประสิทธิภาพในการกำจัดที่สูงกว่าตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร ซึ่งระบบไปรยกรองตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD, COD, SS และ TKN เท่ากับ $96.85 \pm 0.37\%$, $91.60 \pm 0.98\%$, $74.40 \pm 0.84\%$ และ $81.25 \pm 2.94\%$ ตามลำดับ



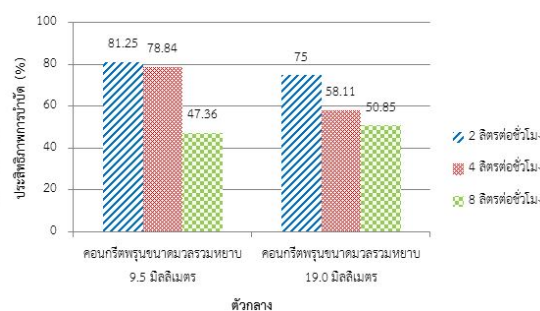
รูปที่ 7 ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด BOD



รูปที่ 8 ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด COD



รูปที่ 9 ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด SS



รูปที่ 10 ค่าประสิทธิภาพในการกำจัด TKN

จากผลการศึกษา เมื่อเปรียบเทียบตัวกลางพลาสติกที่มีขายในท้องตลาดกับคอนกรีตพรุนที่ใช้เป็นตัวกลางในการบำบัดน้ำเสีย พบว่า คอนกรีตพรุนมีการคงตัว ล้างทำความสะอาดได้ง่ายและราคาถูก ซึ่งตัวกลางที่เป็นพลาสติก ก้อนกรวด ก้อนหินหรือยางแบบเดิมมักมีปัญหาในการดูแลรักษา ทำความสะอาดได้ยากและมีราคาแพงกว่าคอนกรีตพรุน

สรุปผล

คอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 19.83 ± 0.38 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.16 ± 0.24 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 308.89 ± 12.19 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.75 ± 0.07 กรัม และทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.82 ± 0.04 เซนติเมตรต่อวินาที และ $32.38 \pm 1.95\%$ ตามลำดับ และคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเท่ากับ 19.91 ± 0.35 เซนติเมตร ขนาดส่วนสูงเฉลี่ยเท่ากับ 5.33 ± 0.24 เซนติเมตร พื้นที่หน้าตัดเฉลี่ย 311.48 ± 11.24 ตารางเซนติเมตร และน้ำหนักเฉลี่ย 2.95 ± 0.09 กรัม และทดสอบหาค่าสัมประสิทธิ์การซึมผ่านของน้ำและอัตราส่วนโพรงรวม พบว่ามีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.91 ± 0.04 เซนติเมตรต่อวินาที และ $33.78 \pm 3.05\%$ ตามลำดับ

จากผลการเก็บตัวอย่างน้ำเสีย บริเวณบ่อดักไขมัน โรงอาหารกลาง มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี พบว่ามีผลการวิเคราะห์ลักษณะสมบัติน้ำเสียดังนี้คือ pH เท่ากับ 6.24 ± 0 , BOD เท่ากับ 420 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร, COD เท่ากับ 800 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร, SS เท่ากับ 84 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร และ TKN เท่ากับ 33 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งไม่ผ่านเกณฑ์คุณภาพน้ำทิ้งชุมชน

จากผลการเลี้ยงเชื้อจุลินทรีย์บนตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร และคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร เมื่อเวลาผ่านไป 14 วัน พบว่าคอนกรีตพรุนทั้ง 2 ขนาด มีลักษณะเมือกสีเขียวเข้ม พบว่าอัตราส่วนโพรงมีขนาดลดลงเนื่องจากเชื้อจุลินทรีย์มีการเจริญเติบโตในรูพรุน ค่า COD ในถังเลี้ยงเชื้อ ลดลงจาก 800 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร

เหลือ 360 ± 0.98 มิลลิกรัมต่อลิตร น้ำหนักคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 9.5 มิลลิเมตร ที่ซึ่งในอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 21.00 กรัม และน้ำหนักคอนกรีตพรุนที่ใช้ขนาดมวลรวมหยาบ 19.0 มิลลิเมตร ที่ซึ่งในอากาศเฉลี่ยเพิ่มขึ้น 46.00 กรัม

จากผลการทดสอบหาประสิทธิภาพในการบำบัดน้ำเสียของระบบโปรยกรอง พบว่า ระบบโปรยกรองตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่าอัตราการชะลอสสารเท่ากับ 0.38 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน ซึ่งอยู่ในประเภทถังโปรยกรองอัตราต่ำ (Low-rate Trickling Filters) และมีค่าภาระอัตราการอินทรีย์เท่ากับ 0.25 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน ซึ่งอยู่ในประเภทถังโปรยกรองอัตราต่ำ (Low-rate Trickling Filters) พบว่า ผลการวิเคราะห์ค่า pH มีการเปลี่ยนแปลงสูงขึ้นจากค่าของน้ำเสียที่เข้าระบบ เนื่องจากเวลาที่ใช้ในการโปรยน้ำเสียมีเวลาเพิ่มมากขึ้น ซึ่งค่า pH อยู่ในช่วง 5.30-7.70 ส่วนผลประสิทธิภาพในการกำจัด BOD, COD, SS และ TKN พบว่า มีค่าประสิทธิภาพในการกำจัดที่ดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร โดยระบบโปรยกรองที่ใช้ตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูงสุดเท่ากับ $96.85 \pm 0.37\%$ และยังสามารถกำจัด COD, SS และ TKN ได้ถึง $91.60 \pm 0.98\%$, $74.40 \pm 0.84\%$ และ $81.25 \pm 2.94\%$ ตามลำดับ ส่วนผลการตรวจวัดค่า pH, BOD, COD, SS และ TKN พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง

จากผลการทดลองทั้งหมด สามารถสรุปได้ว่า ตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 9.5 มิลลิเมตร ที่อัตราการไหล 2 ลิตรต่อชั่วโมง มีค่าอัตราการชะลอสสารเท่ากับ 0.38 ลูกบาศก์เมตรต่อตารางเมตรต่อวัน และมีค่าภาระอัตราการอินทรีย์เท่ากับ 0.25 กิโลกรัมบีโอดีต่อลูกบาศก์เมตรต่อวัน มีประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูงและผลการตรวจวัดค่า BOD พบว่า อยู่ในเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้งเมื่อเปรียบเทียบกับตัวกลางคอนกรีตพรุนที่ใช้มวลรวมหยาบขนาด 19.0 มิลลิเมตร ในระบบบำบัดน้ำเสียแบบโปรยกรอง แต่อย่างไรก็ตามในชุดการทดลองที่ 2-6 พบว่า ถึงแม้จะมีเปอร์เซ็นต์ประสิทธิภาพในการกำจัด BOD สูงแต่ผล

ตรวจวัดค่า BOD กลับ พบว่า ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานคุณภาพน้ำทิ้ง อาจมีเหตุเนื่องมาจากมีไขมันในตัวอย่างน้ำเสียปริมาณมากทำให้ระบบโปรยกรองมีประสิทธิภาพในการกำจัดลดลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี ที่ให้การสนับสนุนงานวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Thanakorn Ermukdakul, Nattawin Chawaloes-phonsiya, Benjaporn Boonchayaanant, Wiboonluk Pungrasmi and Pisut Painmanakul. Study of different approaches for separation of suspended solids (SS) in aquaculture system. Journal of Water and Environment Technology, 2013.
- [2] Thanudkij Chareerat, Prinya Chindaprasirt and Shigemitsu Hatanaka. Porous concrete: Environmentally Friendly Concrete. The 13th National Convention on Civil Engineering. The Engineering Institute of Thailand under the Royal Patronage, 14-16 May 2008, Jomtien Palm Beach Hotel Pattaya, Chonburi Province, 296. (in Thai)
- [3] Department of Industrial Works, Textbook of Water Pollution Treatment Systems: Environmental Engineering Association of Thailand, Bangkok, 2002. (in Thai)