



ศักยภาพของตะกอนดินจากการผลิตน้ำประปา ในการบำบัดน้ำเสียชุมชน Potential of Waterworks Sludge in Community Wastewater Treatment

Rungrawee Majit Kanita Tungkananuruk* and Watcharapong Wararam

รุ่งระวี มาจิต คณิตา ตังคณานุรักษ์* และ วัชรพงษ์ วาระรัมย์

ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะสิ่งแวดล้อม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพฯ 10900

*E-mail : kkanita.kt@gmail.com

บทคัดย่อ

ศึกษาศักยภาพของตะกอนดินจากการผลิตน้ำประปาในการนำกลับมาใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนซึ่งตะกอนดินมีซิลิกาและอลูมินาเป็นองค์ประกอบหลัก จากผลการทดลองวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตะกอนดิน พบว่า มีอินทรีย์วัตถุร้อยละ 2.42 ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ 0.89 มก./กก. แอมโมเนีย-ไนโตรเจน 6.43 มก./กก. ไนเตรท-ไนโตรเจน 101.70 มก./กก. โพแทสเซียม 79.91 มก./กก. และแมกนีเซียม 48.29 มก./กก. ไมโครกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่า ผิวของตะกอนดินมีโครงสร้างแบบอสัณฐานและผิวไม่เรียบ จากการทดลองด้วยจาร์เทสต์ในระดับห้องปฏิบัติการ พบว่า ตะกอนดิน 1 ก. ต่อน้ำเสียชุมชนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน ปริมาณ 0.5 ล. สามารถลดความขุ่นได้ร้อยละ 98.02±0.12 ที่พีเอช 7.0 และระยะเวลาตกตะกอน 3 วัน ศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดซีโอดีอินทรีย์ในโตรเจนที่ละลายน้ำและอินทรีย์ฟอสฟอรัสที่ละลายน้ำในสารละลายด้วยวิธีการทดลองแบบแบตช์ ผลการทดลองพบว่า ตะกอนดิน 1 ก. สามารถกำจัดซีโอดีเข้มข้น 50 มก./ล. และไนเตรทเข้มข้น 10 มก./ล. ได้ร้อยละ 100 แอมโมเนียเข้มข้น 100 มก./ล. ได้ร้อยละ 46.78±0.67 และออร์โธฟอสเฟตเข้มข้น 10 มก./ล. ได้ร้อยละ 41.40±0.34 และสามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมันในน้ำเสียจาก 350 เป็น 100 มก./ล. ก่อนทำการศึกษาในระดับไหลตได้ทำการทดลองด้วยวิธีจาร์เทสต์ด้วยน้ำเสียชุมชน 0.5 ล. พบว่าตะกอนดิน 1 ก. ที่พีเอช 7.0 และระยะเวลาตกตะกอน 1 วัน เป็นสภาวะที่เหมาะสมโดยหลังการบำบัดพารามิเตอร์ทั้งหมดที่ทำการศึกษเป็นตามค่ามาตรฐานคุณภาพน้ำผิวดิน นอกจากนี้การทดลองในระดับไหลตบำบัดน้ำเสียชุมชน 20 ล. โดยใช้ตะกอนดิน 40 ก. ที่พีเอช 7.0 และระยะเวลาตกตะกอน 1 วัน ผลการศึกษาพบว่าคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพดีเทียบเท่ากับการทดลองในระดับห้องปฏิบัติการและดีกว่าระบบตะกอนเร่ง นอกจากนี้ตะกอนดินที่ใช้แล้วมีธาตุอาหารเพิ่มมากขึ้นและสามารถนำไปใช้เพาะปลูกได้

คำสำคัญ : ตะกอนดินจากการผลิตน้ำประปา; การบำบัดน้ำเสียชุมชน; คุณภาพน้ำ

Abstract

The potential for reuse of waterworks sludge (WWS) in community wastewater treatment was investigated. Silica and alumina recovery were the main compositions of WWS. Moreover, from experimental results of chemical properties analysis revealed that the WWS consists of the organic matter 2.42%, available phosphorus 0.89 mgkg^{-1} , NH_4^+-N 6.43 mgkg^{-1} , NO_3^--N 101.70 mgkg^{-1} , potassium 79.91 mgkg^{-1} and magnesium 48.29 mgkg^{-1} . SEM micrograph observed under scanning electron microscope (SEM), the amorphous structure and uneven plate was found on sludge surface. From Jar test experiment in lab scale, one gram of WWS per 0.5 L of Kasetsart University, Bangkok community wastewater (KUCW) can be removed turbidity at $98.02 \pm 0.12\%$ at pH 7.0 and settling time 3 days. The pollutants treatment efficiency was carried out on COD, dissolved inorganic nitrogen, dissolved inorganic phosphorus (DIP) solution by batch experiments. The results was found that 1 gram of WWS removed pollutants in 50 mL of each pollutant solutions 50 mgL^{-1} COD and 10 mgL^{-1} NO_3^--N 100%, 100 mgL^{-1} $\text{NH}_3\text{-N}$ at $46.78 \pm 0.67\%$, 10 mgL^{-1} DIP at $41.40 \pm 0.34\%$ and decreased Oil and Grease from 350 to 100 mgL^{-1} in wastewater. Before the study of pilot scale experiment, the jar test experiment of 0.5 L of KUCW was carried out. It was found that 1 gram of WWS at pH 7 and settling time 1 day was the suitable condition. After treatment all of studied parameters were agree with surface water quality standard. Furthermore, in pilot scale experiment, 20 L of KUCW was treated by 40 g of WWS, at pH 7 and settling time 1 day. The results showed that the water quality of the treated water was as good as in lab scale and better than AS system. Moreover, used WWS had a more nutrients and also used in cultivation.

Keywords : Waterwork sludge; Community Wastewater Treatment; Water quality

บทนำ

การผลิตน้ำประปาในปัจจุบัน ไม่เพียงแต่ผลิตน้ำประปาไว้สำหรับใช้โดยทั่วไปเท่านั้น แต่ในกระบวนการผลิตน้ำประปายังทำให้เกิดตะกอนดินปริมาณมาก โดยตะกอนดินที่เกิดจากการผลิตน้ำประปานั้นมีปริมาณเฉลี่ยกว่า 247 ตันต่อวัน ตะกอนดินเหล่านี้ยังไม่ได้มีการนำไปใช้ประโยชน์เท่าที่ควร การประปานครหลวงจึงได้นำไปใช้ในการถมที่ [1] และเนื่องจากในการผลิตน้ำประปาในขั้นตอนของการทำน้ำดิบให้ใสขึ้น จะมีการเติมสารเคมีเพื่อการทำให้อัลูมิเนียมที่ปนเปื้อนในน้ำตกตะกอน สารที่ใช้ เช่น สารส้ม (Aluminium sulfate) อาจใช้ในรูปแบบของของแข็งหรือของเหลว เฟอร์ริกคลอไรด์ (Ferric chloride) หรือ เฟอร์ริกซัลเฟต (Ferric sulfate) เป็นต้น กระบวนการตกตะกอนน้ำประปานิยมใช้สารส้มกันมาก เนื่องจากมีราคาถูกกว่าสารชนิดอื่น และจากกระบวนการดังกล่าวข้างต้น ตะกอนที่เกิดขึ้นนั้นยังคงมีสารเคมีที่ใช้ในการตกตะกอนหลงเหลืออยู่ในตะกอนดิน โดยพบว่า ตะกอน

ดินมีธาตุอาหารพืชโดยทั่วไปอยู่ในระดับปานกลางถึงดี มีประจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูง และมีไอออนส่วนเกินหลงเหลืออยู่โดยเฉพาะอลูมิเนียมไอออน และอนุมูลคาร์บอเนต เป็นผลมาจากสารที่เติมลงในน้ำดิบเพื่อการตกตะกอน [2] ซึ่งจากคุณสมบัติดังกล่าว จึงมีผู้ที่สนใจนำตะกอนดินจากระบบการผลิตน้ำประปามาวิจัยในการบำบัดน้ำเสีย เช่น Xiao-Hong *et al.* [3] ที่นำตะกอนมาใช้กำจัดสารแขวนลอยน้ำเสียโดยวิธีจลน์ศาสตร์ สามารถลดของแข็งแขวนลอยได้ร้อยละ 79-90 และลดค่าซีโอดีได้เพิ่มขึ้นร้อยละ 15 และ Hu *et al.* [4] ได้ศึกษาการนำตะกอนสารส้ม 2 แบบ คือ แบบแห้ง (Dewatered form) และแบบน้ำ (Liquid form) มาดูดซับไกลโฟเสต (Glyphosate) ในน้ำ โดยสารละลายไกลโฟเสตมีความเข้มข้นที่ 0.5-500 มก./ล. มี pH 5.2-5.6 โดยใช้วิธีจลน์ศาสตร์ ผลการทดลองพบว่า ตะกอนแบบแห้ง ดูดซับไกลโฟเสตได้ 85.9 มก./ก. และแบบน้ำที่ 113.6 มก./ก. ทำให้ผู้วิจัยมุ่งหวังที่จะนำตะกอนดินจากระบบการผลิตน้ำประปามาใช้ประโยชน์ในการบำบัดน้ำเสียโดยเป็นสารช่วยสร้างตะกอน (Coagulant)

และตัวดูดซับ (Adsorbent) โดยจะศึกษาถึงศักยภาพของตะกอนดินในการบำบัดทั้งสารอินทรีย์ สารอนินทรีย์และภาวะที่เหมาะสมเพื่อสะดวกต่อผู้ที่นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป โดยประโยชน์ที่จะได้อีกอย่างหนึ่งคือ ตะกอนดินที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียจะมีธาตุอาหารพืช เช่น ไนโตรเจน (N) และฟอสฟอรัส (P) เพิ่มขึ้น เพื่อให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการเพาะปลูกได้ต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตะกอนดินน้ำประปา

ตะกอนดินน้ำประปาได้จากโรงผลิตน้ำประปามหาสวัสดิ์ เตรียมตะกอนดินน้ำประปาโดยการนำมาตากให้แห้งสนิท จากนั้นนำไปบดให้ละเอียด แล้วร่อนผ่านตะแกรงเบอร์ 30 (0.594 mm.) อบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1 ชั่วโมง

2. ศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของตะกอนดิน

ศึกษาสมบัติทางเคมีของตะกอนดินจากกระบวนการผลิตน้ำประปา โดยพารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ ความเป็นกรดต่าง (pH) อินทรีย์วัตถุโดยวิธี Walkley Black modified acid-dichromate digestion [5] ปริมาณฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์หรือฟอสฟอรัสที่สกัดได้ในดินโดยวิธี Bray II [6] ปริมาณแอมโมเนียม และไนเตรทในดิน โดยการสกัดแอมโมเนียม และไนเตรทและวิเคราะห์สารสกัดโดยวิธี Colorimetric [7] ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดโดยวิธีเจลดาล์ (Total Kjeldahl Nitrogen) [8] ปริมาณโพแทสเซียม แคลเซียมและแมกนีเซียมในดินด้วยเครื่อง AAS (Atomic Absorption Spectrophotometer) และสมบัติทางกายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM)

3. ศึกษาความเป็นไปได้และสภาวะที่เหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของตะกอนดินโดยวิธีจาร์เทสต์

สภาวะที่เหมาะสมที่ศึกษา ได้แก่ ปริมาณตะกอนดิน 1-6 กรัม พีเอช 6.0-8.0 และระยะเวลาที่เหมาะสม 1-5 วัน ต่อน้ำเสียชุมชนที่ได้จากระบบตะกอนเร่งของระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ 0.5 ล. โดยน้ำเสียมีความขุ่นเริ่มต้น 53 NTU ซึ่งในการทดลองจะทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง

4. ประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในสารละลายด้วยตะกอนดินน้ำประปา

มลสารที่ทำการศึกษา ได้แก่ ซีโอดี (Chemical Oxygen Demand, COD) โดยศึกษาในสารละลายซีโอดี ความเข้มข้น 50, 100, 150, 200 และ 300 มก./ล. อินทรีย์ไนโตรเจนที่ละลายน้ำโดยศึกษาในสารละลายไนเตรทความเข้มข้น 10, 20, 40, 60, 80 และ 100 มก./ล. และสารละลายแอมโมเนียความเข้มข้น 20, 40, 60, 80, 100 และ 200 มก./ล. และสารละลายฟอสเฟตความเข้มข้น 10, 15, 20 และ 25 มก./ล. ด้วยวิธีจาร์เทสต์ในระดับห้องปฏิบัติการโดยน้ำเสียจะเป็นการเตรียมจากสารละลายมาตรฐานที่ใช้ในการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ และใช้ปริมาณตะกอนดินที่ได้จากการศึกษาในข้อ 3 ซึ่งในการทดลองจะทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง และศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดโดยวิเคราะห์ค่าซีโอดีด้วยวิธี Closed reflux, NO_3^- -N, NH_3 -N และ O-PO_4^{3-} โดยวิธี Colorimetric และน้ำมันและไขมัน โดยวิธีสกัดด้วยกรวยแยก (Partition-gravimetric method) ตามวิธีมาตรฐานที่กำหนดไว้ใน Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [7]

5. ศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยตะกอนดิน

วิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ในช่วงเดือนมีนาคม (แทนฤดูร้อน) และพฤษภาคม (แทนฤดูฝน) พารามิเตอร์ที่ใช้ศึกษา ได้แก่ พีเอช ความขุ่น ซีโอดี ไนเตรท แอมโมเนีย ออร์โธฟอสเฟต และน้ำมันและไขมัน ซึ่งในการทดลองจะทดลองซ้ำจำนวน 3 ครั้ง ใช้วิธีมาตรฐานเช่นเดียวกับข้อ 4 จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีจาร์เทสต์ในระดับห้องปฏิบัติการ โดยใช้ตะกอนดิน 1, 3, 5, 7, 9 และ 11 กรัม ศึกษาที่พีเอช และระยะเวลาตกตะกอนที่ได้จากข้อ 3 และศึกษาการบำบัดน้ำเสียในระดับไหลตที่ปริมาณน้ำ 20 ล. และวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัดเปรียบเทียบกับคุณภาพน้ำที่ออกจากระบบตะกอนเร่ง (AS) โดยระบบตะกอนเร่งเป็นระบบบำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเพื่อบริหารจัดการน้ำเสียที่มาจากการใช้น้ำในชีวิตประจำวัน เช่น หอพัก โรงอาหาร และอาคารต่างๆ ซึ่งเป็นเขตการเรียนรู้การสอน และมีบุคลากรนิสิตมาใช้กันอย่างต่อเนื่อง โดยมีองค์ประกอบคือ บ่อตกขยะ บ่อสูบล้างเติมอากาศ 1 และ 2 ถังสัมผัสคลอรีน ถังเพิ่มความเข้มข้นตะกอน และลานตากตะกอน ซึ่งระบบ

บำบัดน้ำเสียรวมของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์มีน้ำเสียที่เข้าระบบโดยเฉลี่ยวันละ 1,300 ลูกบาศก์เมตร โดยทำการวิเคราะห์พารามิเตอร์ต่างๆ ของน้ำที่ออกจากระบบบำบัดตะกอนแรงเช่นเดียวกับคุณภาพน้ำเบื้องต้น

6. ศึกษาสมบัติทางเคมีของตะกอนดินที่ผ่านการใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน

นำตะกอนดินที่ผ่านการใช้บำบัดน้ำเสียชุมชนมาทำการทดลองเช่นเดียวกับตะกอนดิน ในข้อ 2

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีและทางกายภาพของตะกอนดิน

ตะกอนดินเป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำประปาของโรงงานผลิตน้ำมหาสวัสดิ์ เมื่อนำมาศึกษาสมบัติทางเคมีของตะกอนดิน ดังตารางที่ 1 พบว่า ตะกอนดินมีสภาพเป็นกลาง คือ พีเอชอยู่ในช่วง 6.6-7.3 และมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 1.5-2.5 โดยมวล) มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ในระดับต่ำมาก (0.87 ± 0.02 มก./กก.) และมีไนโตรเจนทั้งหมดอยู่ในระดับต่ำ (ร้อยละ 0.15 ± 0.02 โดยมวล) แต่มีปริมาณไนเตรท (101.63 ± 0.11 มก./กก.) และแอมโมเนียม (6.43 ± 0.02 มก./กก.) ส่วนโพแทสเซียมอยู่ในระดับสูง และแมกนีเซียมมีอยู่ในระดับต่ำ และตรวจไม่พบธาตุแคลเซียม ซึ่งระดับค่าพารามิเตอร์ต่างๆ ได้เปรียบเทียบกับระดับโดยใช้การแปลความหมายของคู่มือการวิเคราะห์ตรวจสอบดินทางเคมีกรมพัฒนาที่ดิน [8] และพบว่าตะกอนดินมีปริมาณ Al_2O_3 ร้อยละ 37.45 และ SiO_2 ร้อยละ 41.78 [9]

ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพของตะกอนดินจากการศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน (SEM) ที่กำลังขยาย 3,700 เท่า พบว่าตะกอนดินมีลักษณะเป็นโครงสร้างอสัณฐาน มีพื้นผิวไม่เรียบเนียน (รูปที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับ Babatunde *et al.* [10] ที่พบว่าโครงสร้างของตะกอนดินมีรูพรุน สามารถดูดซับฟอสเฟตได้

2. ผลการศึกษาความเป็นไปได้และสภาวะที่เหมาะสม ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนของตะกอนดินโดยวิธีจาร์เทสต์

ผลการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับน้ำเสีย ได้แก่ ปริมาณตะกอนดินที่เหมาะสม และระยะเวลาตกตะกอน พบว่า ปริมาณตะกอนดินที่เหมาะสม คือ 1 กรัม บำบัดความขุ่นได้ร้อยละ 98.02 ± 0.12 โดยลักษณะน้ำเสียที่นำมาทดลองน้ำมีลักษณะสีน้ำตาลขุ่นถึงดำ มีกลิ่นเหม็น มีตะกอนขุ่นทั้งเล็กเป็นลักษณะคล้ายฝุ่น และใหญ่ พีเอชในช่วง 7.4-7.5 จากการทดลองเมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนดิน ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นจะลดลง เนื่องจากการเพิ่มปริมาณตะกอนดินมากเกินไปความเหมาะสม มีผลให้น้ำมีความขุ่นมากขึ้น เนื่องจากตะกอนใหญ่จะตกลง ในระยะเวลา 2-3 ชั่วโมงแรก แต่ผงของตะกอนดินบางส่วนยังไม่ตกตะกอน จึงตั้งทิ้งไว้เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง และเมื่อตั้งทิ้งไว้ให้ตกตะกอนนานขึ้น (มากกว่า 72 ชั่วโมง) มีผลให้น้ำเน่าเสียเพิ่มขึ้น เนื่องจากลักษณะของน้ำเสียที่เป็นน้ำเสียจากการใช้ห้องน้ำ น้ำเสียจากโรงอาหาร นอกจากนี้ยังพบว่าที่ทุกปริมาณตะกอนดินระยะเวลาตกตะกอนดีที่สุด คือ 3 วัน ภายหลัง 3 วัน ประสิทธิภาพการบำบัดความขุ่นลดลง (รูปที่ 2) และน้ำเริ่มเน่าเสียมากขึ้น และเริ่มกลับมามีความขุ่นเพิ่มขึ้นอีกครั้ง สำหรับการทดสอบหาพีเอชที่เหมาะสม พบว่าที่พีเอช 7.0 สามารถบำบัดความขุ่นได้มากที่สุด คือร้อยละ 72.36 ± 0.35 แต่เมื่อวัดค่าพีเอชของน้ำแต่ละพีเอชที่ทำการศึกษาภายหลังการทำจาร์เทสต์พบว่าพีเอชของน้ำอยู่ในช่วง 7.4-7.6 ซึ่งไม่เกินเกณฑ์มาตรฐานน้ำทิ้งน้ำเสียชุมชน (5.5-9.0)

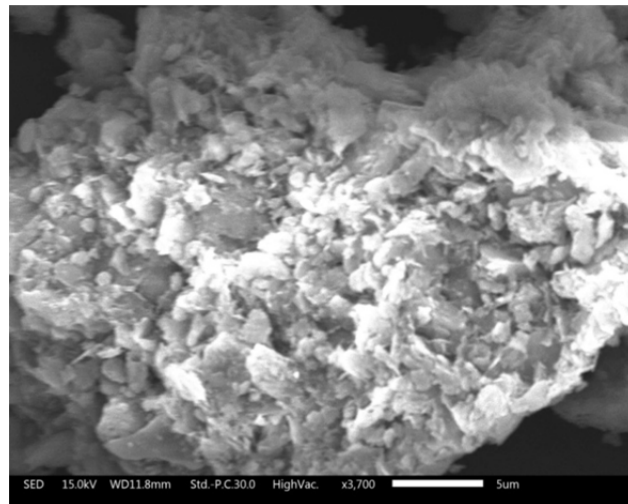
3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในสารละลายด้วยตะกอนดินน้ำประปา

ผลการศึกษาจากการนำสภาวะที่เหมาะสมจากข้อ 2 พบว่าตะกอนดิน 1 กรัม และระยะเวลาตกตะกอน 1 วัน เป็นสภาวะที่เหมาะสม เนื่องจากในวันที่ 2 และ 3 ไม่มีการบำบัดซีโอดีเพิ่มขึ้น โดยสามารถบำบัดซีโอดีเข้มข้น 50 มก./ล. ได้ร้อยละ 100 ± 0.00 และบำบัดได้ลดลงเมื่อความเข้มข้นของสารละลายซีโอดีเพิ่มขึ้น (รูปที่ 3) ซึ่งสอดคล้องกับปภาวดี [11] ที่พบว่าตะกอนดินสามารถ

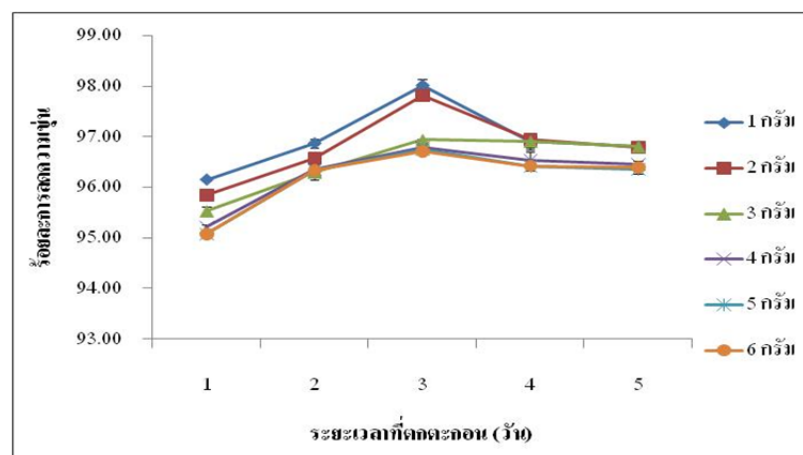
ตารางที่ 1 ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของตะกอนดิน

ลักษณะทางเคมีของตะกอนดิน	ผลวิเคราะห์
ความเป็นกรดด่าง (pH)	6.8
อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละโดยมวล)	2.42±0.03
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	0.87±0.02
แอมโมเนียม (มก./กก.)	6.43±0.02
ไนเตรท (มก./กก.)	101.63±0.11
ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละโดยมวล)	0.15±0.02
โพแทสเซียม (มก./กก.)	79.91±0.02
แคลเซียม (มก./กก.)	ND*
แมกนีเซียม (มก./กก.)	48.28±0.02
ปริมาณ Al_2O_3 (ร้อยละ)	37.45 [9]
ปริมาณ SiO_2 (ร้อยละ)	41.78 [9]

หมายเหตุ *ND หมายถึง ตรวจไม่พบ (Non-Detected)



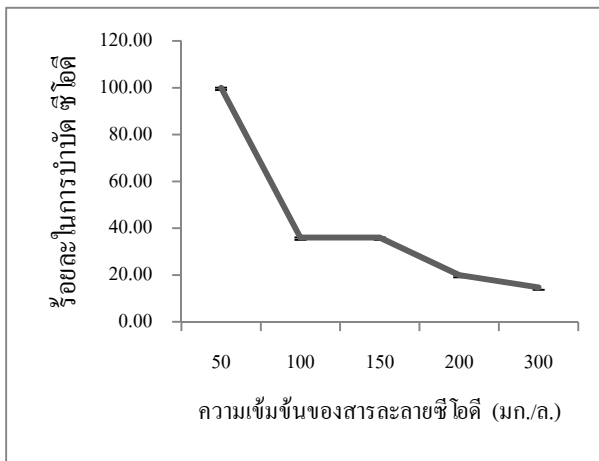
รูปที่ 1 ภาพถ่ายตะกอนดินด้วยเครื่อง SEM



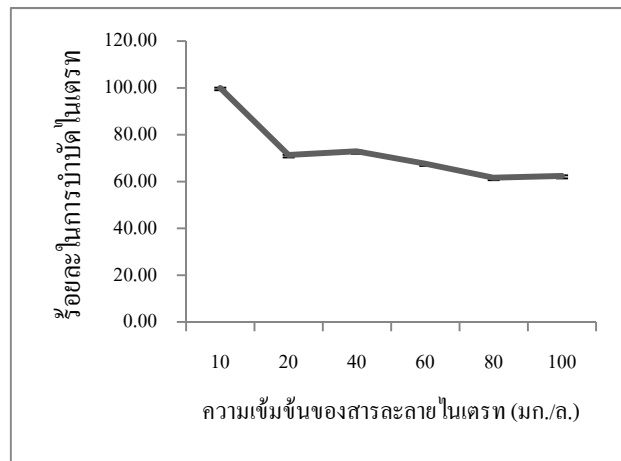
รูปที่ 2 ร้อยละของความขุ่นที่ลดลงกับปริมาณตะกอนดินและระยะเวลาในการตกตะกอน

บำบัดซีโอดีได้และยังสอดคล้องกับ Xiao-Hong *et al.* [3] ที่ใช้ตะกอนดินในการกำจัดสารแขวนลอยในน้ำเสีย สามารถลดซีโอดีได้ร้อยละ 15 และที่สภาวะที่เหมาะสมเดียวกัน สามารถบำบัดไนเตรทได้ร้อยละ 100 ± 0.00 ที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. และบำบัดได้ลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 4) และสามารถบำบัดแอมโมเนียได้ร้อยละ 46.78 ± 0.67 ที่ความเข้มข้น 100 มก./ล. (รูปที่ 5) และบำบัดออร์โทฟอสเฟตได้ร้อยละ 41.40 ± 0.34 ที่ความเข้มข้น 10 มก./ล. และลดลงตามความเข้มข้นที่เพิ่มขึ้น (รูปที่ 6) ซึ่งสอดคล้องกับจิตเทพ [12] ที่สามารถลดฟอสฟอรัสได้ร้อยละ 90 และ Abhilash and Mansoor [13]

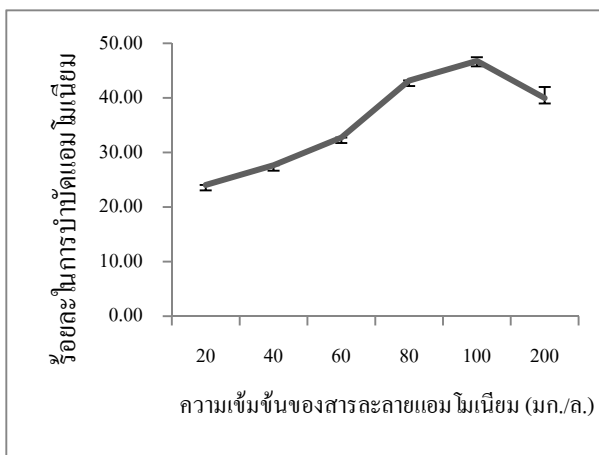
ที่พบว่าตะกอนดินสามารถกำจัดฟอสเฟตได้ร้อยละ 87 การที่ตะกอนดินสามารถบำบัดสารอนินทรีย์ที่ละลายน้ำได้เนื่องจากโครงสร้างของตะกอนดินมีรูพรุน [10] และมีความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกสูง เนื่องจากอลูมิเนียมออกไซด์ (Al_2O_3) และซิลิกา (SiO_2) มีพื้นผิวที่มีประจุลบ ทำให้ดูดซับแอมโมเนียมไอออนได้ และในรูพรุนมีประจุเป็นบวกเนื่องจากอลูมิเนียมไอออน และซิลิคอนไอออน ทำให้สามารถดูดซับฟอสเฟตไอออนและไนเตรทไอออนได้ และสามารถบำบัดปริมาณน้ำมันและไขมัน ในน้ำจริงได้ดีที่สุดร้อยละ 69.52 ± 5.77 คือจากน้ำมันและไขมันเริ่มต้น 351.67 ± 2.89 ลดลงเหลือ 106.67 ± 5.77 มก./ล. (รูปที่ 7)



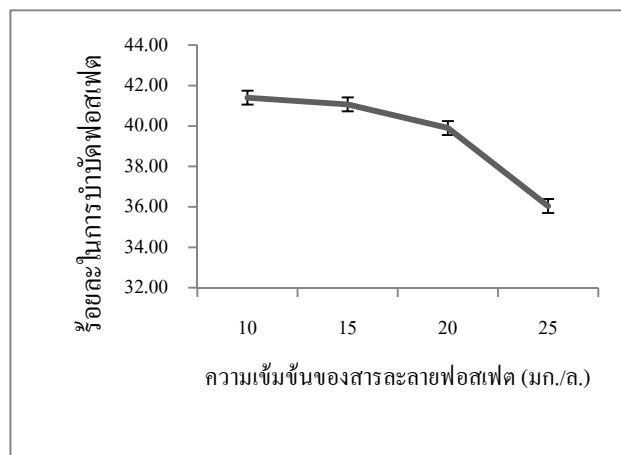
รูปที่ 3 ประสิทธิภาพของตะกอนดินในการบำบัดซีโอดีในสารละลาย



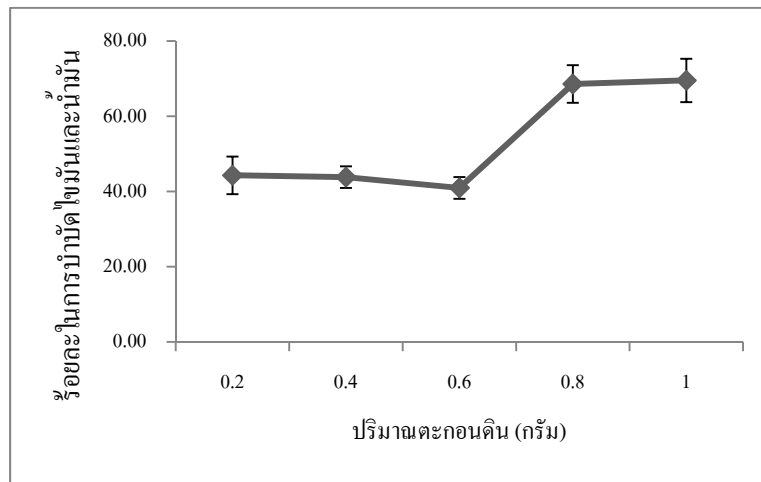
รูปที่ 4 ประสิทธิภาพของตะกอนดินในการบำบัดไนเตรทในสารละลาย



รูปที่ 5 ประสิทธิภาพของตะกอนดินในการบำบัดแอมโมเนียในสารละลาย



รูปที่ 6 ประสิทธิภาพของตะกอนดินในการบำบัดฟอสเฟตในสารละลาย



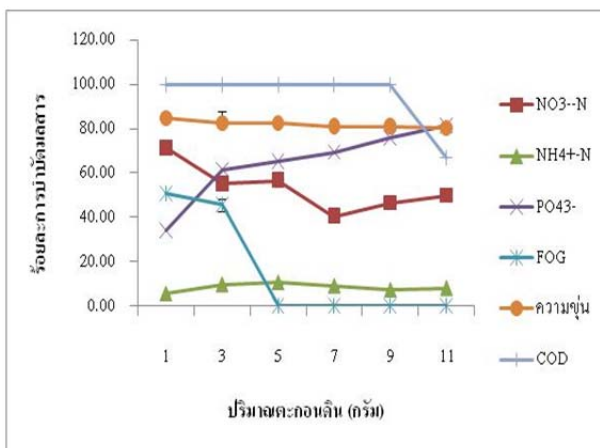
รูปที่ 7 ประสิทธิภาพของตะกอนดินในการบำบัดไขมันและน้ำมันในน้ำเสีย

4. ผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียชุมชนด้วยตะกอนดิน

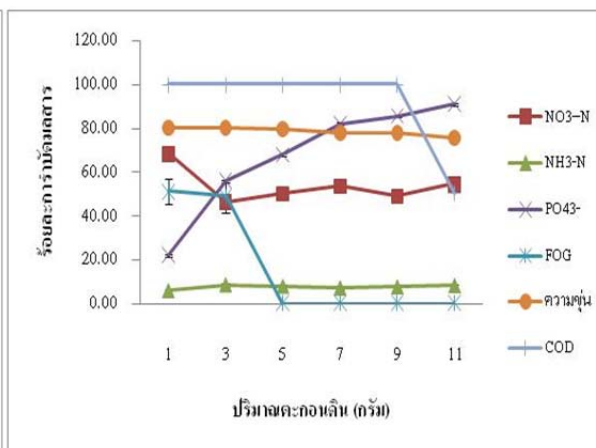
ผลการวิเคราะห์คุณภาพน้ำเบื้องต้น ในช่วงเดือนมีนาคม และพฤษภาคม พบว่า น้ำเสียมีสีน้ำตาลขุ่นถึงดำ มีกลิ่นเหม็น โดยในช่วงเดือนมีนาคมน้ำมีความขุ่นเท่ากับ 77.97 ± 0.65 NTU และมีพีเอชเท่ากับ 7.4 และช่วงเดือนพฤษภาคมน้ำมีความขุ่นเท่ากับ 53.53 ± 0.76 NTU และมีพีเอชเท่ากับ 7.4 โดยทั้ง 2 เดือนมีปริมาณน้ำมันและไขมัน (256.67 ± 2.89 และ 211.67 ± 10.41 มก./ล.) ออร์โธฟอสเฟต (10.50 ± 0.07 และ 8.17 ± 0.03 มก./ล.) เกินค่ามาตรฐาน แต่ค่าซีโอดี (96.00 ± 0.00 และ 64.00 ± 0.00 มก./ล.) ไม่เกินค่ามาตรฐานน้ำทิ้งชุมชน และเมื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมโดยวิธีจาร์เจสต์ โดยใช้ตะกอนดิน 1-11 กรัม พบว่า ทั้งเดือนมีนาคม และพฤษภาคม มีประสิทธิภาพการบำบัดพารามิเตอร์ต่างๆ ที่ใกล้เคียงกัน (รูปที่ 8-9) โดยค่าความเป็นกรด-ด่าง หรือพีเอชของน้ำไม่เปลี่ยนแปลงไปจากพีเอชเดิมมากนักคืออยู่ในช่วง 7.5-7.6 และการบำบัดความขุ่นในแต่ละปริมาณตะกอนดิน มีค่าร้อยละการบำบัดที่ใกล้เคียงกัน โดยในเดือนมีนาคม มีร้อยละการบำบัดในช่วง 80-84 และในเดือนพฤษภาคมในช่วงร้อยละ 75-80 สำหรับการบำบัดซีโอดีโดยใช้ตะกอนดิน 1-9 กรัม สามารถบำบัดได้ร้อยละ 100 และลดลงที่ปริมาณ 11 กรัม ส่วนการบำบัดไนเตรทที่ปริมาณตะกอนดิน 1 กรัม สามารถบำบัดได้สูงสุดทั้งเดือนมีนาคม (ร้อยละ 71.43 ± 1.18) และพฤษภาคม (ร้อยละ 68.43 ± 0.59) และมีการบำบัดที่ใกล้เคียงกันที่ปริมาณตะกอนดิน 3-11 กรัม และการบำบัดแอมโมเนีย มีการบำบัดที่ใกล้เคียงกันที่ปริมาณตะกอนดิน 1-11 กรัม ในทั้ง 2 เดือน

การบำบัดน้ำมันและไขมัน โดยใช้ตะกอนดิน 1-3 กรัม สามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมัน ได้สูงสุดร้อยละ 45-51 ในทั้ง 2 เดือน แต่ยังมีค่าเกินมาตรฐานน้ำทิ้ง และที่ปริมาณตะกอนดินมากกว่า 3 กรัม ไม่สามารถบำบัดได้ จึงควรกำจัดน้ำมันและไขมันออกก่อน และการบำบัดออร์โธฟอสเฟตพบว่า เมื่อเพิ่มปริมาณตะกอนดิน สามารถบำบัดออร์โธฟอสเฟตได้เพิ่มขึ้นตามปริมาณตะกอนดินที่เพิ่มขึ้น แต่ปริมาณตะกอนดินที่เพิ่มขึ้น จะมีผลต่อความขุ่นโดยทำให้ความขุ่นมากขึ้น ดังนั้น ที่ปริมาณตะกอนดิน 1 กรัม จึงเป็นปริมาณเหมาะสมที่สุดในการบำบัดน้ำเสีย

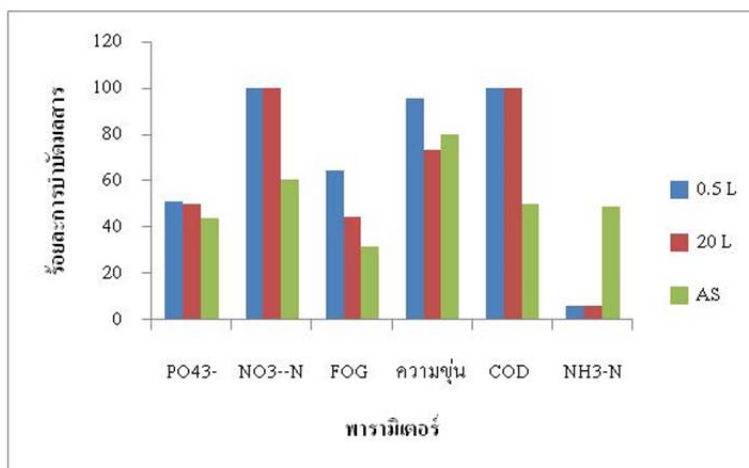
ผลการศึกษาการบำบัดน้ำเสียในระดับไหลต โดยในระดับไหลตจะเพิ่มปริมาณน้ำเสียเป็น 20 ล. และตะกอนดิน 40 กรัม และทดลองโดยวิเคราะห์คุณภาพน้ำหลังการบำบัด ซึ่งเปรียบเทียบกับกรบำบัดน้ำเสีย 0.5 ล. และน้ำที่ผ่านการบำบัดจากระบบตะกอนเร่ง (รูปที่ 10) พบว่า ในทุกพารามิเตอร์สามารถบำบัดได้ดีกว่าระบบตะกอนเร่ง ยกเว้นการบำบัดแอมโมเนีย ที่ระบบตะกอนเร่งสามารถบำบัดได้ดีกว่า เนื่องจากระบบตะกอนเร่งมีจุลินทรีย์ และมีการเติมอากาศ ทำให้เกิดกระบวนการไนตริฟิเคชันเปลี่ยนแอมโมเนียเป็นไนเตรท จึงทำให้บำบัดแอมโมเนียได้ดีกว่า ส่วนการบำบัดซีโอดีและไนเตรท มีร้อยละในการบำบัดในน้ำเสีย 0.5 ล. และ 20 ล. เท่ากัน คือร้อยละ 100 ส่วนการบำบัดฟอสเฟตและแอมโมเนีย มีร้อยละในการบำบัดในน้ำเสีย 0.5 ล. และ 20 ล. ใกล้เคียงกัน แต่การบำบัดความขุ่นในน้ำเสีย 0.5 ล. มีร้อยละในการบำบัดดีกว่าในน้ำเสีย 20 ล. คือร้อยละ



รูปที่ 8 ร้อยละการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชน
เดือนมีนาคมกับปริมาณตะกอนดิน



รูปที่ 9 ร้อยละการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชน
เดือนพฤษภาคมกับปริมาณตะกอนดิน



รูปที่ 10 เปรียบเทียบร้อยละการบำบัดมลสารในน้ำเสียชุมชน 0.5 ล. 20 ล. และระบบตะกอนเร่ง

95.71±0.10 เนื่องจากปริมาณน้ำ 20 ล. จะต้องใช้เวลาในการตกตะกอนที่มากขึ้น และน้ำมันและไขมันเช่นเดียวกัน คือ ในการบำบัดน้ำมันและไขมันในน้ำเสีย 0.5 ล. มีร้อยละในการบำบัดดีกว่า 20 ล. คือร้อยละ 64.29±2.89

5. ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของตะกอนดินที่ผ่านการ ใช้บำบัดน้ำเสียชุมชน

ผลการศึกษาสมบัติทางเคมีของตะกอนดินที่ผ่านการบำบัดน้ำเสียชุมชน 20 ล. (ตารางที่ 2) พบว่า ตะกอนดินมีพีเอช 7.3 ซึ่งความเป็นประโยชน์ของฟอสฟอรัส

จะอยู่ในช่วงพีเอชดิน 6.0-7.0 ทำให้พืชสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้ และตะกอนดินมีปริมาณอินทรีย์วัตถุเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 14.49) ซึ่งอินทรีย์วัตถุของดินที่ใช้การเกษตรทั่วไปอยู่ระหว่างร้อยละ 1-3 [14] ตะกอนดินที่ใช้แล้วจึงมีอินทรีย์วัตถุอยู่ในเกณฑ์ที่พอดี และแมกนีเซียมเพิ่มขึ้นจากเดิมร้อยละ 9.87 มีฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์เพิ่มขึ้นร้อยละ 87.26 แอมโมเนียมและไนเตรทเพิ่มขึ้นร้อยละ 8.66 และ 3.46 ตามลำดับ ปริมาณธาตุอาหารต่างๆ ในดินมีปริมาณเพิ่มขึ้นและเมื่อนำไปใช้ในการเพาะปลูกจะทำให้ลดการใช้ปุ๋ยได้

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์สมบัติทางเคมีของตะกอนดินหลังการบำบัดน้ำเสียชุมชน

พารามิเตอร์	ก่อนการบำบัด	หลังการบำบัด
ความเป็นกรดต่าง (pH)	6.8	7.3
อินทรีย์วัตถุ (ร้อยละโดยมวล)	2.42±0.03	2.83±0.02
ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ (มก./กก.)	0.87±0.02	6.83±0.02
แอมโมเนียม (มก./กก.)	6.43±0.02	7.04±0.02
ไนเตรท (มก./กก.)	101.63±0.11	105.27±0.21
ไนโตรเจนทั้งหมด (ร้อยละโดยมวล)	0.15±0.02	0.08±0.01
โพแทสเซียม (มก./กก.)	79.91±0.02	79.87±0.02
แคลเซียม (มก./กก.)	ND*	ND*
แมกนีเซียม (มก./กก.)	48.28±0.02	53.57±0.12

หมายเหตุ *ND หมายถึง ตรวจไม่พบ (Non-Detected)

สรุป

ตะกอนดินที่เป็นของเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตน้ำประปา มีศักยภาพเพียงพอสามารถนำกลับมาใช้ในการบำบัดน้ำเสียชุมชนได้ ผลการทดลองความเป็นไปได้และสถานะที่เหมาะสมในการบำบัดของตะกอนดินโดยวิธีจาร์เรสทีนน้ำเสียจริง มีสถานะที่เหมาะสม คือ ปริมาณตะกอนดิน 1 กรัม พีเอช 7.0 และระยะเวลาตกตะกอน 3 วัน พบว่า บำบัดความขุ่นได้ร้อยละ 98.02±0.12 เนื่องจากตะกอนดินมีลิวินาหลงเหลืออยู่ ซึ่งองค์ประกอบนี้สามารถที่จะทำลายเสถียรภาพของอนุภาคคอลลอยด์ จึงทำให้คอลลอยด์รวมตัวเป็นฟล็อก และตกตะกอนได้ จากนั้นศึกษาประสิทธิภาพการบำบัดมลสารในสารละลายด้วยตะกอนดิน โดยมลสารที่ศึกษา ได้แก่ ซีโอดี ไนเตรท แอมโมเนีย ออร์โธฟอสเฟต และน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียพบว่าสถานะที่เหมาะสมคือ ปริมาณตะกอนดิน 1 กรัม พีเอช 7.0 และระยะเวลาตกตะกอน 1 วัน สามารถบำบัดซีโอดีเข้มข้น 50 มก./ล. และไนเตรทเข้มข้น 10 มก./ล. ได้ร้อยละ 100±0.00 แอมโมเนียเข้มข้น 100 มก./ล. ได้ร้อยละ 46.78±0.67 ออร์โธฟอสเฟตเข้มข้น 10 มก./ล. ได้ร้อยละ 41.40±0.34 และสามารถลดปริมาณน้ำมันและไขมัน ในน้ำเสียจาก 350 เป็น 100 มก./ล. ได้ เนื่องมาจากโครงสร้างของตะกอนดินมีรูพรุนสูงที่มีสภาพขั้วเป็นบวก และพื้นผิวมีสภาพขั้วเป็นลบ มีความจุแลกเปลี่ยนไอออนบวกได้ จึงทำให้สามารถดูดซับมลสารข้างต้นได้

การบำบัดน้ำเสียชุมชนระดับห้องปฏิบัติการ 0.5 ล. มีสถานะที่เหมาะสม คือ ตะกอนดิน 1 กรัม พีเอช

7.0 และระยะเวลาตกตะกอน 1 วัน จากนั้นนำสภาวะที่เหมาะสมมาศึกษาในระดับไพลอต พบว่า ตะกอนดิน 40 กรัม สามารถบำบัดความขุ่น ซีโอดี ไนเตรท แอมโมเนีย ออร์โธฟอสเฟต และน้ำมันและไขมัน ได้ร้อยละ 73.47±0.75, 100.00±0.00, 100.00±0.00, 5.90±1.50, 50.17±0.15 และ 44.20±7.64 ตามลำดับ โดยคุณภาพของน้ำที่ผ่านการบำบัดมีคุณภาพดีกว่าระบบตะกอนเร่ง ยกเว้นแอมโมเนีย และสมบัติทางเคมีของตะกอนดินที่ได้จากการบำบัดน้ำเสียชุมชนในระดับไพลอต พบว่า ดินมีสภาพเป็นกลาง มีปริมาณอินทรีย์วัตถุ แมกนีเซียม ฟอสฟอรัสที่เป็นประโยชน์ แอมโมเนียม และไนเตรทเพิ่มขึ้นร้อยละ 14.49, 9.87, 87.26, 8.66 และ 3.46 ตามลำดับ ซึ่งตะกอนดินที่ใช้แล้วมีธาตุอาหารเพิ่มขึ้น และสามารถนำไปใช้เพาะปลูกได้และเมื่อนำไปใช้ในการเพาะปลูกจะทำให้ลดการใช้ปุ๋ยได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Metropolitan Waterworks Authority. 2012. Zero Waste. receive from <http://www.mwa.co.th> (November 2016)
- [2] Irb kheoruenromne, Anchalee Suddhiprakam, Suthep Thongpae, Piboon Kanghae, Saowanuch Tawornpruek, Somchai Anusontpornperm, Wipawan Thaymuang, Prisana Suasamserm and Naruekamon Janjirawuttikul. 2001. Study of Waterworks

- Sludge for develop in agricultural and industrial. kasetsart university, Bangkok. 72 pages.
- [3] Xiao-Hong Guan, Guang-Hao Chen and Chii Shang. 2005. Re-use of water treatment works sludge to enhance particulate pollutant removal from sewage. *Water Research*. 39: 3433-3440.
- [4] Hu, Y.S., Y.Q. Zhao and B. Sorohan. 2011. Removal of glyphosate from aqueous environment by adsorption using water industrial residual. *Desalination*. 271: 150-156.
- [5] Walkley A, Black IA. Chromic acid titration method for determination of soil organic matter. *Soil Sci*. 1947; 63: 251-257.
- [6] Bray R, Kurtz LT. Determination of total organic and available forms of phosphorus in soils. *Soil Sci*. 1945; 59: 39-45.
- [7] APHA, AWWA. and WEF. 2012. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. 22nd ed. American Public Health Association, Washington, DC.
- [8] Land development department. 2010. Soil analysis process. Receive from <http://www.ddd.go.th/PMQA/2553/Manual/OSD-03.pdf> (November 2016)
- [9] Department of primary industries and mines. 2004. *Waterworks Sludge for apply*. Receive from <http://www.dpim.go.th/en/> (November 2016)
- [10] Babatunde, A.O., Zhao, Y.Q., Yang, Y., Kearney, P. 2008. Reuse of dewatered aluminium-coagulated water treatment residual to immobilize phosphorus: batch and column trials using a condensed phosphate. *Chem. Eng. J*. 136: 108-115.
- [11] Papavadee Choksuwannakit. 2007. *Treatment of molasses distillery slop using water treatment sludge asphalt ash and hydrogen peroxide*. Thesis, Chulalongkorn University.
- [12] Jitthep Prasityousil. 2000. *Reusing sludge from water treatment plant for reducing phosphorus from municipal wastewater*. Research Report, Chiang Mai University.
- [13] Abhilash T. Nair and M. Mansoor Ahammed. 2015. *Water treatment sludge for phosphate removal from the effluent of UASB reactor treating municipal waste water*. *Process Safety and Environmental Protection* 94: 105-112.
- [14] Chuchitt Sagwansupyakorn. 2009. *Utilization of data from soil analysis results*. Receive from http://e-library.ddd.go.th/web_km/Data/re_7.pdf (November 2016)