พิชามญชุ์ หมั่นกระโทก: การหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งที่ออกจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลังด้วยกระบวนการตกตะกอนเป็นสตรูไวท์ (PHOSPHORUS RECOVERY FROM BIOGAS EFFLUENT OF TAPIOCA STARCH INDUSTRY BY PRECIPITATION AS STRUVITE)
อาจารย์ที่ปรึกษา: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. จรียา ยิ้มรัตนบวร, 228 หน้า.

คำสำคัญ : การหมุนเวียนฟอสฟอรัส/การตกตะกอน/สตรูไวท์/ระบบผลิตก๊าซชีวภาพ

มันสำปะหลังจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศ จึงมีอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังให้เป็นแป้งเป็นจำนวนมาก ซึ่งในกระบวนการผลิตแป้งมันสำปะหลังนั้น จะมีการใช้น้ำปริมาณมาก ส่งผลให้น้ำเสียที่ถูกปล่อยออกมีปริมาณสารอินทรีย์และค่าความสกปรกสูง จึงนิยมนำน้ำเสียจากการผลิตแป้งมันสำปะหลังไปผลิตก๊าซชีวภาพ (Biogas) แต่อย่างไรก็ตามน้ำทิ้งที่ผ่านกระบวนการผลิตก๊าซชีวภาพยังคงมีปริมาณสารอาหารลงเหลืออยู่ในน้ำ ได้แก่ ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม แอมโมเนียม แคลเซียม และโพแทสเซียม ส่งผลให้เกิดการก่อตัวเป็นผลึกของแข็งอุดตันในท่อระบายน้ำทิ้ง และหากทิ้งลงสู่แหล่งน้ำธรรมชาติจะก่อให้เกิดปัญหา Eutrophication ได้ เนื่องจากในน้ำทิ้งยังคงมีองค์ประกอบของสารอาหารที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของพืช ได้แก่ ไนโตรเจนและฟอสฟอรัส เป็นต้น ดังนั้น การหมุนเวียนปริมาณสารฟอสฟอรัสกลับมาใช้ประโยชน์นอกจากช่วยในการบำบัดน้ำทิ้งให้ได้ตามมาตรฐานแล้ว ยังสามารถช่วยแก้ไขปัญหาอุดตันในเส้นท่อและปัญหามลพิษทางน้ำได้ ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งที่ออกจากระบบผลิตก๊าซชีวภาพ แบบ Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) และระบบ Covered Anaerobic Lagoons (CL) จากอุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง และศึกษาสภาวะปัจจัยที่เหมาะสมในการเกิดผลึกสตรูไวท์ ได้แก่ ชนิดสารเคมีที่เติม อัตราส่วนโมล ค่า pH เริ่มต้น และระยะเวลาการตกตะกอนที่เหมาะสม และนำไปศึกษาโครงสร้างผลึกสตรูไวท์ จากการศึกษา พบว่าการเติมสารเคมี MgO และ KH_2PO_4 ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดฟอสเฟต (PO_4^{3-}) และการเกิดผลึกสตรูไวท์ได้ดีที่สุด ซึ่งมีความสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ตะกอนด้วย เครื่องมือ WAXS ข้อมูลด้วยโปรแกรม MINTEQ และการกำจัดในน้ำทิ้ง โดยพบว่าสภาวะที่เหมาะสม คือ การเติมด้วย KH_2PO_4 ที่อัตราส่วนโมล PO_4^{3-} เท่ากับ 1.8 mM ที่ค่า pH 10.0 และระยะเวลาการตกตะกอน 24 ชั่วโมง มีประสิทธิภาพการกำจัด PO_4^{3-} สูงสุดทั้งในน้ำทิ้งจากระบบ UASB และ CL ร้อยละ 85.46 และ 82.37 และมีร้อยละของผลึกสตรูไวท์สูงสุดเท่ากับ 80.76 และ 85.28 ตามลำดับ และผลจากการศึกษาจลนพลศาสตร์ แสดงว่าเห็นว่าอัตราเร็วของปฏิกิริยาการตกตะกอนสตรูไวท์ในน้ำทิ้งจากระบบ UASB สอดคล้องกับสมการจลนพลศาสตร์อันดับหนึ่งที่ค่าคงที่ เท่ากับ 0.0128 hr^{-1}

ผลการศึกษาที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบต้นแบบถังตกตะกอนผลึกสตรูไวท์เพื่อประโยชน์ในการหมุนเวียนฟอสฟอรัสจากน้ำทิ้งกลับมาใช้ประโยชน์ได้

สาขาวิชา วิศวกรรมสิ่งแวดล้อม
ปีการศึกษา 2567

ลายมือชื่อนักศึกษา ..... หิรัญญ์ หมั่นกสิกิจ .....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา .....

PICHAMON MUNKRATOK : PHOSPHORUS RECOVERY FROM BIOGAS EFFLUENT OF TAPIOCA STARCH INDUSTRY BY PRECIPITATION AS STRUVITE.
THESIS ADVISOR : ASST. PROF. DR. JAREEYA YIMRATTANABOVORN, 228 PP.

Keywords: RECOVERY/PRECIPITATION/BIOGAS/STRUVITE

Tapioca is an important economic crop in Thailand and is processed into starch. The starch production process uses a significant amount of water and the wastewater effluent contains high concentrations of organic substances and pollutants. The traditional wastewater treatment method used in the tapioca starch production industry generates biogas as a byproduct while the effluent from the biogas production process contains residues such as phosphorus, magnesium, ammonium, calcium, and potassium. These substances can cause blockages in wastewater pipes and contribute to eutrophication when discharged into natural water bodies because the effluent contains essential nutrients necessary for plant growth such as nitrogen and phosphorus. Recovering phosphorus from the wastewater treats the effluent to meet the permissible pollution standards and also addresses issues such as pipe clogging. This research evaluated the efficiency of phosphorus recovery from the tapioca starch biogas production industry effluent, with a specific focus on Up-flow Anaerobic Sludge Blanket (UASB) reactors and Covered Anaerobic Lagoons (CL). The optimal conditions for chemical additives, molar ratios, initial pH values, and flocculation times were investigated, and the structure of the struvite precipitate was studied. Adding the chemical agents MgO and KH_2PO_4 increased the effectiveness of phosphate (PO_4^{3-}) removal and struvite formation, consistent with the analysis results of wastewater treatment using WAXS tools and MINTEQ program data. The addition of KH_2PO_4 at a molar ratio of PO_4^{3-} to 1.8 mM, pH 10.0, and a 24-hour flocculation period achieved the highest PO_4^{3-} removal efficiency in wastewater from the UASB and CL systems at 85.46% and 82.37%, respectively while the maximum struvite precipitation efficiency reached 80.76% and 85.28%, respectively. Kinetic studies showed that the reaction rate of struvite precipitation in wastewater from the UASB system followed a first-order kinetics equation with a rate constant (k) of 0.0128 hr^{-1}. These findings can be applied

to design pilot-scale struvite precipitation reactors for efficient phosphorus recycling from wastewater.

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี

School of Environmental Engineering

Academic Year 2024

Student's Signature Pichamon Munkratok

Advisor's Signature Jonya Gulliver