MRG5080301 ดร. ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250393

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากกากตะกอนของโรงงานกระดาษ

โดย ดร. ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร
รศ. ดร. พัฒนา อนุรักษ์พงศธร
ดร.ปราโมทย์ ศิริโรจน์

กันยายน 2553 เสร็จโครงการ

ห้องสมุดงานวิจัย สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
250393

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากกากตะกอนของโรงงานกระดาษ

โดย ดร. ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร
รศ. ดร. พัฒนา อนุรักษ์พงศธร
ดร.ปราโมทย์ ศิริโรจน์

กันยายน 2553 เสร็จโครงการ

สัญญาเลขที่... MRG5080301.

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากกากตะกอนของโรงงานกระดาษ

ผู้วิจัย	สังกัด
1. ดร. ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร	ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. รศ. ดร. พัฒนา อนุรักษ์พงศธร	ภาควิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. ดร.ปราโมทย์ ศิริโรจน์	ภาควิชาจุลชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สนับสนุนโดยสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย

(ความเห็นในรายงานนี้เป็นของผู้วิจัย สกอ. และ สกว. ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วยเสมอไป)

บทคัดย่อ

รหัสโครงการ: MRG5080301

ชื่อโครงการ: การผลิตแก๊สไฮโดรเจนจากกากตะกอนของโรงงานกระดาษ

ชื่อนักวิจัย และสถาบัน ดร. ประไพพิศ ชัยรัตนมโนกร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
รศ. ดร. พัฒนา อนุรักษ์พงศธร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ดร.ปราโมทย์ ศิริโรจน์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อีเมล์: fscippck@ku.ac.th

ระยะเวลาโครงการ: กรกฎาคม 2550 – กันยายน 2553

250393

บทคัดย่อ:

กากตะกอนที่รวบรวมจากเครื่องบีบน้ำในระบบบำบัดน้ำเสียประกอบด้วยเยื่อกระดาษและสารเคมีจากกระบวนการผลิตรวมทั้งตะกอนเชื้อจุลินทรีย์ในระบบบำบำบัดน้ำเสีย จากกระบวนการผลิตมีเศษเส้นใยบางส่วนหลุดรอดลงในน้ำเสีย การผลิตกระดาษหนึ่งตันเกิดกากตะกอนในระบบบำบัดน้ำเสียประมาณ 0.52 ตัน การผลิตแก๊สไฮโดรเจนชีวภาพแนวทางหนึ่งกระทำโดยการหมักด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ กลุ่มจุลินทรีย์เหล่านี้สามารถใช้อินทรียสารหลากหลายชนิดเป็นสับเสรตในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ในการใช้ประโยชน์กากตะกอนจากระบบบำบัดน้ำเสียในการผลิตแก๊สไฮโดรเจนโดยกระบวนการหมักด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ที่ไม่ใช้อากาศ ในช่วงต้นศึกษาการผลิตเอนไซม์เซลลูเลสจากกากตะกอนโดยเชื้อ *Trichoderma reesei* ที่อุณหภูมิห้อง เนื่องจากกากตะกอนเยื่อประกอบด้วยขี้เถ้าสูง (65.39%) และมีปริมาณคาร์บอนอินทรีย์ต่ำ (19.23%) จึงใช้ชานอ้อย ฟางข้าว และรำข้าว เป็นสับเสรตร่วมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส การบ่มฟางข้าวกับรำข้าวในอัตราส่วน 4:1 เป็นสับเสรตที่เหมาะสมในการผลิตเอนไซม์เซลลูเลส หลังจากนั้นใช้เอนไซม์เซลลูเลสหยาบที่ 5 FPU ในการไฮโดรไลซ์กากตะกอนเยื่อเพื่อย่อยเซลลูโลสเป็นน้ำตาลรีดิวซิ่ง เพื่อใช้เป็นสับเสรตในการผลิตแก๊สไฮโดรเจน การไฮโดรไลซิสกากตะกอนที่ค่าความเป็นกรดด่าง 4.8 และอุณหภูมิ 50°C ในระยะเวลา 12 ชั่วโมงให้น้ำตาลรีดิวซิ่งสูงสุด การไฮโดรไลซิสกากตะกอนที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3% ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 ชั่วโมงให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซิ่งสูงกว่าการปรับสภาพด้วยสารละลายด่างที่ความเข้มข้น 1% และ 2% และสูงกว่าการปรับสภาพในสารละลายกรดไฮโดรคลอริกที่ความเข้มข้น 1% 2% และ 3% ประสิทธิภาพการไฮโดรไลซิสเพิ่มสูงขึ้นเมื่อปรับสภาพกากตะกอนในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 3% ที่อุณหภูมิ 100°C และ 121°C แต่อย่างไรการปรับสภาพที่อุณหภูมิ 100°C และ 121°C ประสิทธิภาพการไฮโดรไลซิสไม่แตกต่างมากนัก ปรับ

สภาพกากตะกอนด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ 3% ที่ 100°C ไฮโดรไลซ์ด้วยสารละลายเอนไซม์เซลลูเลสหยาบ และหมักกากตะกอนหลังจากการไฮโดรไลซิสด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ผสมที่ปรับสภาพด้วยความร้อนที่อุณหภูมิ 104°C เป็นเวลา 60 นาทีผลิตแก๊สไฮโดรเจนได้สูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับการหมักด้วยกลุ่มจุลินทรีย์ดั้งเดิมที่ไม่ผ่านการปรับสภาพด้วยความร้อน การหมักกากตะกอนที่ความเข้มข้นของแข็งรวมที่ 4% เกิดแก๊สไฮโดรเจนมากกว่าความเข้มข้นของแข็งรวมที่ 3% การหมักกากตะกอนร่วมกับเศษกระดาษสำนักงานโดยใช้เศษกระดาษสำนักงานที่ความเข้มข้น 1% และกากตะกอน 3% ผลิตแก๊สไฮโดรเจนสะสมได้สูงกว่าการหมักกากตะกอนเพียงอย่างเดียวและสูงกว่าการหมักเศษกระดาษสำนักงานร่วมกับกากตะกอนที่อัตราส่วน 0.5:3.5 1.5:2.5 และ 0:4 นอกจากนี้การปรับอัตราส่วนคาร์บอนต่อไนโตรเจนของกากตะกอนร่วมกับเศษกระดาษสำนักงานที่ 40:1 และหมักที่ค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นที่ 5 ส่งเสริมให้ประสิทธิภาพการผลิตแก๊สไฮโดรเจนสูงสุด ศึกษาการผลิตแก๊สไฮโดรเจนในถังปฏิกรณ์แบบกะตามลำดับ (sequencing batch reactor) ขนาด 2 ลิตร เนื่องจากกากตะกอนประกอบด้วยตะกอนของสารเคมีในปริมาณสูง ทำให้เกิดการอุดตันท่อในระบบบำบัด จึงศึกษาการหมักเศษกระดาษเพื่อเป็นตัวแทนของการหมักเซลลูโลสในกากตะกอนด้วยเชื้อ *Clostridium thermopalmarium* ที่ 55°C ในระยะเวลาการกักเก็บ 48 และ 26 ชั่วโมง พบว่าที่ระยะเวลาการกักเก็บ 26 ชั่วโมง ปริมาณแก๊สไฮโดรเจนเพิ่มขึ้น โดยมีความเข้มข้นแก๊สไฮโดรเจนในแก๊สชีวภาพสูงสุดเป็น 60% และผลผลิตแก๊สไฮโดรเจนสูงสุด 463.18 $ml/g_{celllulose}$ และเมื่อประเมินทางเศรษฐศาสตร์พบว่ากำลังการผลิตแก๊สไฮโดรเจนที่ได้สามารถทดแทนการใช้น้ำมันเตาเกรดซีได้ประมาณ 904,375 ลิตร/ปี

คำหลัก : การผลิตเอนไซม์เซลลูเลส การผลิตแก๊สไฮโดรเจน การปรับสภาพสับเสรตและกากตะกอนในการหมัก ถังปฏิกรณ์แบบกะลำดับส่วน

เอกสารแนบหมายเลข 2/2

Abstract

Project Code : MRG5080301

Project Title : Production of hydrogen gas from sludge of a paper mill

Investigator : Prapaipid Chairattanamanokorn, Doc.Eng. Kasetsart University

Pattana Anurakpongsathorn, Associated professor, PhD. Kasetsart Universiy

Pramote Sirirote, PhD. Kasetsart University

E-mail Address : fscippck@ku.ac.th

Project Period : July, 2007- September, 2010

250393

Abstract:

Sludge collected from a belt press in a wastewater treatment is composed of fiber, chemical from production process and also microorganism sludge from the wastewater treatment. From the paper process, some amount of fiber is loss to wastewater. One ton of paper production produces 0.52 ton of sludge from a wastewater treatment. A bio-hydrogen process is conducted from fermentation with anaerobic microbial consortium. The microbial consortium could utilize various organic matters as substrate for the bio-hydrogen production. The objective of this study is to utilize the sludge from the wastewater treatment to produce hydrogen under anaerobic fermentation. Firstly, cellulase was produced from the sludge by *Trichoderma reesei* at room temperature. Because of high ash content (65.39%) and low total organic carbon (19.23%) in the sludge, bagasses, rice straw and rice bran were supplied as co-substrate for the cellulase production and the mixture of rice straw and rice bran at the ratio of 4:1 was the optimal substrate. Thereafter, 5 FPU crude cellulase was supplied in the sludge to hydrolyze cellulose to be reducing sugar used as substrate in the hydrogen production. The hydrolysis of sludge with crude cellulase at pH 4.8 and 50°C for 12 hr provided the highest reducing sugar concentration. Sludge pretreated with 3% sodium hydroxide solution (NaOH) at room temperature for 2 hr gave reducing sugar concentration higher than that did with 1% and 2% NaOH as well as did with hydrochloric acid solution at concentration of 1%, 2% and 3% after the hydrolysis with crude cellulase. Moreover, the efficiency of the hydrolysis was increased when the pretreatment with 3%NaOH was done at 100°C and 121°C. However, reducing sugar concentration from the hydrolysis of the NaOH

pretreatment of sludge at both temperatures was not significantly different. Subsequently, the fermentation of pretreated and hydrolyzed sludge with microbial consortium pre-heated at 104°C for 60 min provided higher hydrogen production compared with the fermentation with the original microbial consortium without heat pretreatment. The fermentation of sludge at 4% total solid content produced hydrogen higher than that done with 3%. Additionally, the fermentation of office paper waste and sludge at the total solid content of 1% and 3%, respectively provided hydrogen higher than that done with only sludge and that done with the mixture at the ratio of 0.5:3.5, 1.5:2.5 and 0:4. The carbon and nitrogen ratio at 40:1 and initial pH at pH 5 enhanced the efficiency of hydrogen production. Accordingly, the hydrogen production was carried out with 2 L sequencing batch reactor. Piping system in the reactor was clogged because of high chemical solid content. Therefore, the fermentation of only pretreated office paper waste was introduced into the reactor to represent the fermentation of cellulose in the sludge. The hydrogen production was conducted by *Clostridium thermopalmarium* at 55°C at hydraulic retention time (HRT) of 48 and 26 hr. Higher hydrogen production was achieved in the fermentation at HRT 26 hr. The highest hydrogen content and hydrogen production yield were 60% and 463.18 $ml/g_{cellulose}$, respectively. In the economic feasibility study, the utilization of calculated hydrogen capacity for an alternative energy source could reduce the annual consumption of stove oil approximately 904,375 litters.

Keywords : cellulase production, hydrogen production, pretreatment of substrate and seed sludge, sequencing batch reactor