

ชื่อวิทยานิพนธ์	สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตไฮโดรเจนและมีเทนด้วยกระบวนการย่อยสลายร่วมแบบไร้อากาศสองขั้นตอนของซีรัมน้ำยางสกีมและน้ำเสียออกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์มภายใต้สภาวะเทอร์โมฟิลิกซ์
ผู้เขียน	นายกุลชาติ สามะ
สาขาวิชา	เคมีประยุกต์
ปีการศึกษา	2557

บทคัดย่อ

การศึกษาศักยภาพการผลิตไฮโดรเจน (Biohydrogen production potential; BHP) โดยใช้อัตราส่วนการผสมของซีรัมน้ำยางสกีม (Skim latex serum; SLS) และน้ำเสียออกโรงงานสกัดน้ำมันปาล์ม (Palm oil mill effluent; POME) หลายอัตราส่วนที่มีการควบคุมความเข้มข้นของสารอินทรีย์เริ่มต้นคือ 7 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตร และ 21 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตร ดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์แบบเบดซ์ภายใต้สภาวะเทอร์โมฟิลิก ภายใต้สภาวะที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เริ่มต้นที่ 7 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตร ที่มีอัตราส่วนของ SLS ต่อ POME ที่ 55:45 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ได้ผลผลิตของไฮโดรเจนสูงคือ 71.8 ± 1.7 มิลลิลิตรไฮโดรเจนต่อกรัมของของแข็งระเหย ภายใต้สภาวะนี้กรดอะซิติกและกรดโพรพิโอนิกเป็นผลิตภัณฑ์หลักที่อยู่ในรูปของของเหลวที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักที่มีความเข้มข้นคือ 26.83 ± 0.40 มิลลิโมลต่อลิตร และ 7.59 ± 1.14 มิลลิโมลต่อลิตร ตามลำดับ จากนั้นศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของบัฟเฟอร์และสารอาหารที่อัตราส่วนการผสมที่เหมาะสมของ SLS และ POME คือ 55:45 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เริ่มต้นที่ 7 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตร ด้วยวิธีการตอบสนองพื้นผิว (Response Surface Methodology; RSM) ร่วมกับ Central Composite Design (CCD) พบว่าผลผลิตของไฮโดรเจนที่ได้จากสภาวะที่มีบัฟเฟอร์และสารอาหารที่เหมาะสมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบกับผลผลิตของไฮโดรเจนจากสภาวะที่ปราศจากการเติมบัฟเฟอร์และสารอาหาร แต่กระนั้นผลผลิตของไฮโดรเจนเพิ่มขึ้นเพียงร้อยละ 22 ซึ่งยังคงไม่คุ้มทุนสำหรับการประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมเมื่อพิจารณาถึงต้นทุนของบัฟเฟอร์และสารอาหารที่ใช้ในการศึกษานี้ เมื่อใช้น้ำเสียออกที่ได้จากขั้นตอนการผลิตไฮโดรเจนที่ประกอบด้วย

อัตราส่วนการผสมของ SLS ต่อ POME ที่ 55:45 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร และที่มีความเข้มข้นของสารอินทรีย์เริ่มต้นที่ 7 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตร เป็นข้อสรุปสำหรับการศึกษาศักยภาพการผลิตมีเทน (Biomethane production potential; BMP) ในขั้นตอนที่สองของกระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศ จากผลการทดลองพบว่าผลผลิตของมีเทนคือ 418 ± 10 มิลลิลิตรมีเทนต่อกรัมของของแข็งระเหยที่ถูกเติม ซึ่งให้ผลผลิตสูงเป็น 2 เท่าของผลผลิตที่ได้รับจากการหมัก SLS เพียงอย่างเดียว

การศึกษาระบวนการย่อยสลายแบบไร้อากาศสองขั้นตอนสำหรับการผลิตไฮโดรเจนและมีเทนแบบตามลำดับจากการย่อยสลายร่วมของ SLS กับ POME ที่มีอัตราส่วนการผสมที่ 55:45 ร้อยละโดยปริมาตรต่อปริมาตร ภายใต้สภาวะเทอร์โมฟิลิก โดยขั้นตอนที่หนึ่งดำเนินการในเครื่องปฏิกรณ์ที่มีการกวนอย่างต่อเนื่อง (Continuously stirred tank reactor; CSTR) สำหรับการผลิตไฮโดรเจนที่ใช้ระยะเวลาในการกักเก็บของเหลว (Hydraulic retention time; HRT) คือ 2.25 วัน และ 4.50 วัน ซึ่งสอดคล้องกับภาระการบรรทุกสารอินทรีย์ (Organic loading rate; OLR) คือ 20 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อวัน และ 10 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อวัน ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าการผลิตไฮโดรเจนที่ได้จากสภาวะที่ใช้ HRT 4.50 วัน มีอัตราการผลิตไฮโดรเจนและผลผลิตไฮโดรเจนคือ 341 ± 19 มิลลิลิตรไฮโดรเจนต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อวัน และ 1533 ± 88 มิลลิลิตรไฮโดรเจนต่อลิตรของข้อสรุป ซึ่งสูงกว่าที่ได้รับจากสภาวะที่ใช้ HRT 2.25 วัน ภายใต้สภาวะการดำเนินการที่ใช้ HRT 4.50 วัน ผลิตภัณฑ์ที่อยู่ในรูปของของเหลวประกอบด้วย กรดอะซิติก (14.7-24.1 มิลลิโมลต่อลิตร) กรดบิวทิริก (15.8-28.7 มิลลิโมลต่อลิตร) กรดโพรพิโอนิก (12.7-26.5 มิลลิโมลต่อลิตร) เอทานอล (13.2-21.0 มิลลิโมลต่อลิตร) และกรดแลคติก (99.1-138.1 มิลลิโมลต่อลิตร) หลังจากนั้นป้อนน้ำเสียออกที่ได้กวนผสมจนเป็นเนื้อเดียวจากขั้นตอนการผลิตไฮโดรเจนที่ HRT 4.50 วัน เข้าสู่ขั้นตอนที่สองเพื่อผลิตมีเทนที่ใช้ HRT คือ 18 วัน ซึ่งสอดคล้องกับ OLR คือ 2 กรัมของของแข็งระเหยต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อวัน จากผลการทดลองพบว่าอัตราการผลิตมีเทนและผลผลิตมีเทนโดยเฉลี่ยคือ 79 ± 12 มิลลิลิตรมีเทนต่อลิตรของถังปฏิกรณ์ต่อวัน และ 1517 ± 199 มิลลิลิตรมีเทนต่อลิตรของข้อสรุป ดังนั้นการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักเพื่อผลิตมีเทนในขั้นตอนที่สองจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นเนื่องจากกรดอะซิติกยังคงสะสมที่ความเข้มข้นค่อนข้างสูงคือ 63-150 มิลลิโมลต่อลิตร

Thesis Title	Optimization of Hydrogen and Methane Production with a Two-Stage Anaerobic Co-digestion of Skim Latex Serum (SLS) and Palm Oil Mill Effluents (POME) under Thermophilic Condition
Author	Mr. Kullachat Sama
Major Program	Applied Chemistry
Academic Year	2014

ABSTRACT

Determination of biohydrogen production potential (BHP) at various mixing ratios of skim latex serum (SLS) to palm oil mill effluent (POME) at initial concentration of 7 g-VS_{added}/L and 21 g-VS_{added}/L was conducted in batch dark fermentation at thermophilic conditions. At the organic concentration of 7 g-VS_{added}/L and SLS: POME mixing ratio of 55:45 (%v/v), high hydrogen production yield of 71.8±1.7 mL H₂/g-VS_{added} was achieved. Acetic and propionic acids were the major soluble end-products with concentrations of 26.83±0.40 mM and 7.59±1.14 mM, respectively. Furthermore, buffer and nutrients optimization were then investigated through response surface methodology (RSM) with a central composite design (CCD) at initial organic concentration of 7 g-VS_{added}/L, and 55:45 (%v/v) SLS:POME mixing ratio. Although, the hydrogen production yield achieved from optimization is higher than that obtained from non-optimization, approx. 22%. However, the increased yield is not uneconomical for the industrial scale when considering cost of the external buffer and nutrients supplemented. Afterwards, the effluents achieved from H₂ production phase, consisting of SLS and POME at the mixing ratio of 55:45 (%v/v) and 7 g-VS_{added}/L was further used as substrate for biomethane potential (BMP) in the second anaerobic stage. The methane production yield of 418±10 mL CH₄/g-VS_{added}, which was 2 times greater than that achieved from sole anaerobic digestion of SLS was obtained.

The two-stage anaerobic process for sequential production of hydrogen and methane from thermophilic dark co-digestion of SLS with POME at a mixing ratio of 55:45 (%V/V) was investigated. The first stage was operated in a continuously stirred tank reactor (CSTR) for producing at the hydraulic retention times (HRTs) of 2.25 days and 4.50 days, corresponding to organic loading rate of 20 g-VS/ L_{reactor} d and 10 g-VS/ L_{reactor} d, respectively. Hydrogen production was achieved at the HRT of 4.50 days with the hydrogen production rate and hydrogen production yield was 341±19 mL H₂/L_{reactor} d and 1533±88 mL H₂/L_{substrate}, respectively, which is higher than that obtained from the HRT of 2.25 days. Under the operational conditions at the 4.50-day HRT, soluble metabolites were dominated with acetic acid (14.7-24.1 mM), butyric acid (15.8-28.7 mM), propionic acid (12.7-26.5 mM), ethanol (13.2-21.0 mM), and lactic acid (99.1-138.1 mM). Subsequently, the homogenized effluents collected the first stage hydrogen production operated at 4.50-day HRT was further fed into the second stage at the HRT of 18 days, corresponding to the organic loading rate of 2 g-VS/L_{reactor} d. The average methane production rate and methane production yield was 79±12 mL CH₄/L_{reactor} d and 1517±199 mL CH₄/L_{substrate}, respectively. Further optimization for the second stage UASB is necessary due to acetic acid accumulated in rather high concentration (63-150 mM).