T136995

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์ประสงค์เพื่อเข้าใจ และอธิบายการย่อยสลายของกลูโคสในสภาวะไร้อากาศโดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ จุลินทรีย์ที่ใช้ในการศึกษาคือ *Bacillus macerans* ซึ่งเป็นจุลินทรีย์หลักที่พบในถังหมักก๊าซชีวภาพจากเปลือกสับปะรดที่อุณหภูมิปานกลาง การที่จะเข้าใจถึงระบบการย่อยสลายสารอินทรีย์จำเป็นต้องเข้าใจกลไกของการย่อยสลายสารอินทรีย์ และการผลิตกรดอินทรีย์เหล่านี้ทั้งหมดก่อน งานวิจัยนี้ได้แบ่งการทดลองออกเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกเป็นการศึกษาถึงผลของความเข้มข้นของสับสเตรท (กลูโคส) pH และความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ต่ออัตราการย่อยสลายกลูโคส ส่วนที่ 2 เป็นการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ของการย่อยสลายกลูโคสในสภาวะไร้อากาศจากข้อมูลที่ได้รับในส่วนแรก โดยมีสมมุติฐานคืออัตราการย่อยสลายกลูโคสขึ้นกับความเข้มข้นของกลูโคส pH และความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายกลูโคส

จากการศึกษาผลของสภาวะแวดล้อมต่ออัตราการย่อยสลายกลูโคส พบว่าอัตราการย่อยสลายกลูโคสขึ้นกับความเข้มข้นของกลูโคส pH และความเข้มข้นของผลิตภัณฑ์ เมื่อให้ของความเข้มข้นเริ่มต้นของกลูโคสเป็น 2, 5, 8, 12 และ 20 กรัม/ลิตร พบว่าเมื่อความเข้มข้นของกลูโคสสูงจะทำให้อัตราเร็วในการย่อยสลายกลูโคสสูงขึ้น จนสูงสุดที่ 13 มิลลิโมลาร์/ชั่วโมง และอัตราการผลิตเอธานอลลดลงเมื่ออัตราการย่อยสลายกลูโคสเพิ่มขึ้น เมื่อศึกษาถึงผลของ pH ต่ออัตราการย่อยสลายกลูโคส ที่ค่า pH เริ่มต้นเป็น pH 4, 5, 6 และ 7 จากการศึกษาอัตราการย่อยสลายกลูโคสลดลงเมื่อลดค่าของ pH และอัตราการย่อยสลายกลูโคสที่เปลี่ยนไปเป็นกรดแลคติคและเอธานอลเพิ่มขึ้นเมื่อทำการลดค่าของ pH ของสารอาหารลง และเมื่อศึกษาถึงผลของผลิตภัณฑ์ที่ได้ต่อการย่อยสลายกลูโคส ซึ่งผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการย่อยสลายกลูโคสคือ กรดแลคติค กรดอะซิติก และเอธานอล พบว่าผลิตภัณฑ์หลักที่ได้จากการทดลองทั้ง 3 ชนิดมีผลต่ออัตราการย่อยสลายกลูโคส โดยเมื่อทำการเติมกรดแต่ละชนิดร่วมกับการเติมกลูโคสมีผลทำให้อัตราเร็วในการย่อยสลายกลูโคสลดลง และเมื่อศึกษา

การเติมกรดแลคติดร่วมกับกลูโคส นั่นคือเมื่อความเข้มข้นของกรดแลคติดเพิ่มขึ้นทำให้การผลิตกรดแลคติดเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของกรดอะซิติกมีผลทำให้มีการผลิตกรดแลคติดเพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับผลของความเข้มข้นของกรดแลคติด และเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของเอธานอล ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการย่อยสลายกลูโคสเป็นเอธานอล กรดแลคติด กรดอะซิติก เพิ่มสูงขึ้น และนอกจากนี้ยังมีการผลิตกรดโพรพิออนิกเพิ่มขึ้นเป็น 0.03 มิลลิโมลาร์คาร์บอน/มิลลิโมลาร์คาร์บอนของกลูโคสที่ถูกใช้ไป เมื่อทำการเพิ่มความเข้มข้นของเอธานอล

แบบจำลองจลศาสตร์ของการหมักเป็นเครื่องมือสำคัญ ที่สามารถนำไปประยุกต์เพื่อใช้ในการออกแบบและควบคุมระบบการย่อยสลายได้ ดังนั้นการสร้างแบบจำลองของอัตราการย่อยสลายสารอินทรีย์ในสภาวะไร้อากาศ สามารถอธิบายรูปแบบการย่อยสลายและการผลิตผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น ในการศึกษานี้ได้สร้างแบบจำลองของอัตราการย่อยสลายกลูโคส โดย อ้างอิงกับผลที่ได้จากการทดลอง โดยใช้แบบจำลองของ Michaelis-Menten มาดัดแปลงโดยการเพิ่มพจน์การยับยั้งของสารตั้งต้นและผลิตภัณฑ์เข้าไปในแบบจำลอง และในการหาค่าของการยับยั้งทำโดยการ fit สมการทางจลศาสตร์ให้สอดคล้องกับผลการทดลอง ทำให้ได้ค่าของการยับยั้งอัตราการย่อยสลายกลูโคส ซึ่งจากค่าคงที่ที่ได้ทำให้ทราบว่ากรดแลคติดและเอธานอลมีผลในการยับยั้งการย่อยสลายกลูโคส มากกว่ากรดอะซิติก เนื่องจากค่าคงที่ของการยับยั้งของกรดแลคติดและเอธานอลมีสูงกว่ากรดอะซิติก นั่นคือที่ความเข้มข้นของกรดแลคติด (K_{LAi}) 44.39 มิลลิโมลาร์ พบผลของการยับยั้งการย่อยสลายกลูโคสแล้ว รวมถึงมีดีกรีของการยับยั้งเท่ากับ 1.12 ในขณะผลของการยับยั้งโดยเอธานอลพบที่ความเข้มข้น (K_{EtOHi}) เท่ากับ 97.67 มิลลิโมลาร์ และมีดีกรีของการยับยั้งเท่ากับ 2.66 และกรดอะซิติกพบผลของการยับยั้งที่ความเข้มข้น (K_{Aai}) เท่ากับ $1*10^5$ มิลลิโมลาร์ และมีดีกรีของการยับยั้งเท่ากับ 0.13 ซึ่งเป็นความเข้มข้นของกรดอะซิติกที่สูงมาก ที่แสดงผลการยับยั้งต่อการย่อยสลายกลูโคส และแบบจำลองที่พัฒนาได้สามารถบอกถึงวิถีทางในการย่อยสลายกลูโคสและค่าคงที่ต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับกลไกการย่อยสลายด้วย

Abstract

The aim of this research is to study the kinetic of anaerobic degradation of glucose and its model. *Bacillus macerans*, which is one of the dominant fermentative bacteria in mesophilic digester treated pineapple peel, was used in this study. To understand the process of anaerobic glucose digestion, the kinetics of anaerobic digestion and product formation needs to be studied. The study was divided into 2 parts. Firstly, the sets of experiment were carried out to consider the effect of environmental condition such as substrate (glucose) concentration, pH and the selected product concentration on rate of glucose degradation. Secondly, the development of mathematical model for describes the kinetic of anaerobic digestion of glucose. The assumption of this work are as follow : the rate of glucose degradation are relied on glucose concentration, pH and product concentration of glucose degradation.

The results in study effects of environmental condition on rate of glucose degradation showed that the rate of glucose degradation depended on glucose concentration, pH and product concentration. To considerable effect of substrate concentration, the glucose concentrations of 2, 5, 8, 12 and 20 g/l were varied. When increased initial glucose concentration, the rate of glucose degradation increased and reached maximum at 13 mM/hr. Moreover, product yield of ethanol reduced. In case of pH variation (pH 4, 5, 6 and 7) experiments, the rate of glucose degradation decreased while pH was decreased from value at 7 to 4. The results illustrated that the product yield was affected by pH in the solution. The increasing in ethanol and lactic acid yields were observed when changing pH from 7 to 4. Three main products namely, lactic acid, acetic acid and ethanol were found. Consequently, these three main products were considered to study the effect on rate of glucose degradation. The results showed that the reduction of rate of glucose degradation depended on typed of fermentative acid. When lactic acid initially existed in glucose solution, the result showed that product yield of lactic acid increased while initial concentration of lactic acid was increased as co-substrate. Acetic acid leads to an increased in lactic acid yield when increased initial acetic acid concentration. Product yield of lactic acid and acetic acid increased when initial ethanol concentration was increased. Moreover, increasing of propionic acid yield was observed when the following concentration of ethanol was fed.

The kinetic modeling of anaerobic digestion was considered as a tool to design and control anaerobic digestion process. In this study, the kinetic model of glucose degradation was developed based on the experimental data of glucose degradation. The model was modified from Michaelis-Menten model by adding terms of inhibitions of substrate and product. The kinetic constants of inhibition in the model were sequentially determined by fitting with the experimental data. In the study of the product inhibition effects, the concentration of lactic acid, ethanol and acetic acid that caused inhibition effect were 44.39 mM (K_{LAi}), 97.67 mM (K_{EtOHi}) and $1*10^5$ mM (K_{Aai}), respectively. The inhibition degree of lactic acid ethanol and acetic acid were 1.12, 2.66 and 0.13, respectively. The results showed that lactic acid and ethanol were considered as strong product inhibitions more than acetic acid. The proper model in this study is developed and it is able to explain pathway of glucose degradation and kinetic constants with involved in glucose degradation process.