

ชื่อโครงการ การพัฒนากระบวนการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวาน

Development of ethanol production process from sweet sorghum stem juice

ชื่อผู้วิจัย ลักขณา เหล่าไพฑูรย์¹ พัฒนา เหล่าไพฑูรย์¹ ประสิทธิ์ ใจคิด² และ พรเทพ ถนนแก้ว¹

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปี 2550 จำนวนเงิน 450,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 16 สิงหาคม 2550 ถึง 15 สิงหาคม 2551

บทคัดย่อ

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีศักยภาพในการใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตเอทานอลเชื้อเพลิงเพราะในน้ำคั้นลำต้นมีปริมาณน้ำตาลสูงใกล้เคียงกับอ้อย และเป็นน้ำตาลที่ยีสต์สามารถนำไปใช้และเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้โดยตรง นอกจากนี้ยังเป็นพืชอายุสั้นสามารถเก็บเกี่ยวได้ในระยะเวลา 100 – 120 วัน วัตถุประสงค์หลักของงานวิจัยคือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานสายพันธุ์ มข. 40 โดยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* NP 01 โดยแบ่งการศึกษาออกเป็นสองส่วน ส่วนแรกเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลโดยการใช้การหมักแบบต่อเนื่องในปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ cascade และส่วนที่สองเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลโดยการใช้เทคโนโลยี VHG

ผลการทดลองในส่วนแรก เมื่อใช้น้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานที่มีน้ำตาลเริ่มต้น 240 กรัมต่อลิตร และมีปริมาณยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร หมักเอทานอลโดยระบบต่างๆ พบว่า การใช้ปฏิกรณ์ชีวภาพแบบ cascade ที่ประกอบด้วยถังหมักขนาด 2 ลิตร เชื่อมต่อกับคอลัมน์แก้ว 3 คอลัมน์ ที่ต่อกันแบบอนุกรม (ปริมาตรทำงานรวม 3320 มิลลิลิตร) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลได้ โดยที่อัตราการเจือจาง 0.007 ต่อชั่วโมง การผลิตเอทานอลแบบต่อเนื่องโดยระบบ cascade ให้ความเข้มข้นเอทานอลสูงกว่าการใช้ระบบการหมักแบบต่อเนื่องโดยถังกวนปกติ (CSTR) และการใช้ระบบการหมักแบบกะประมาณ 51 – 60 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ โดยได้ความเข้มข้นเอทานอล 107.14 กรัมต่อลิตร อัตราผลผลิตเอทานอล 0.75 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพผลได้เอทานอล 94.45 เปอร์เซ็นต์ของผลได้ทางทฤษฎี

ผลการทดลองในส่วนที่สอง พบว่า การใช้กากเซลล์ยีสต์แห้งจากโรงงานเบียร์ 8 กรัมต่อลิตร เป็นแหล่งอาหารเสริม แทนการใช้ยีสต์เอ็กซ์แทร็กในการหมักเอทานอลแบบกะจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานภายใต้สภาวะ VHG ที่มีน้ำตาลเริ่มต้น 280 กรัมต่อลิตร และมีปริมาณยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ในถังหมักขนาด 5 ลิตร สามารถเพิ่มความเข้มข้นเอทานอลได้ประมาณ 6 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับการใช้น้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานที่ไม่เติมสารอาหารใดๆ คือได้ความเข้มข้นเอทานอล 104.54 กรัมต่อลิตร อัตราผลผลิตเอทานอล 2.18 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และมีประสิทธิภาพผลได้เอทานอล 77.78 เปอร์เซ็นต์ของผลได้ทางทฤษฎี ที่ระยะเวลาการหมัก 48 ชั่วโมง และพบว่าปริมาณยีสต์เริ่มต้น 5×10^7 เซลล์ต่อมิลลิลิตร เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานภายใต้สภาวะ VHG ในระดับ 50 ลิตร โดยที่สภาวะนี้ความเข้มข้นเอทานอลที่ได้ไม่แตกต่างกับเมื่อใช้ปริมาณยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร แต่

ใช้ระยะเวลาการหมักเพิ่มขึ้น 12 ชั่วโมง นอกจากนี้พบว่าต้นทุนการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวาน (คิดเฉพาะในส่วนของวัตถุดิบ) เท่ากับ 11 บาทต่อเอทานอล 1 ลิตร

ABSTRACT

Sweet sorghum has been of particular interest for biological transformation into ethanol for use as fuel or fuel additive because its stalks contain high fermentable sugar and it has short-life cycle for 100-120 days. The aim of this research was to increase in the efficiency of ethanol production from sweet sorghum stem juice (SSJ) cv. KKU 40 by *Saccharomyces cerevisiae* NP 01. This research was divided into two parts. Part I was to increase ethanol production by continuous fermentation using a cascade system and Part II was to increase ethanol production using VHG technology.

In Part I, when the SSJ containing total sugar of 240 g l^{-1} was use as a substrate for ethanol production by various systems at the initial yeast cell concentration of $1 \times 10^8 \text{ cells ml}^{-1}$, the results showed that the cascade system composed of a 2-litre continuous stirred tank bioreactor (CSTR) and a three-glass tubular bioreactor in series with a total working volume of 3320 ml improved ethanol production efficiency. At the dilution rate of 0.007 h^{-1} , ethanol concentration of the cascade system was 51-60 and 5 % higher than that of the CSTR system and batch system, respectively. The concentration, productivity and yield efficiency of ethanol using the cascade system were 107.17 g l^{-1} , $0.75 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ and 94.45% of the theoretical yield, respectively.

In Part II, the results showed that dried spent brewer's yeast at 8 g l^{-1} could be used as a nutrient supplement instead of yeast extract for ethanol production under VHG condition. When the SSJ containing total sugar of 280 g l^{-1} and 8 g l^{-1} of dried spent brewer's yeast was used for ethanol batch fermentation under at the initial yeast cell concentration of $1 \times 10^8 \text{ cells ml}^{-1}$ in a 5-litre bioreactor, 6 % of ethanol concentration was increased compared to using the control SSJ (without dried spent yeast). The concentration, productivity and yield efficiency of ethanol from the SSJ supplemented with 8 g l^{-1} of dried spent brewer's yeas were 104.54 g l^{-1} , $2.18 \text{ g l}^{-1} \text{ h}^{-1}$ and 77.78% of the theoretical yield, respectively at the fermentation time of 48 h. The results also showed that the initial yeast cell concentration of $5 \times 10^7 \text{ cells ml}^{-1}$ was suitable for ethanol production from the SSJ under VHG condition in a 50-litre bioreactor. Ethanol concentration at the initial yeast cell concentration of 5×10^7 and $1 \times 10^8 \text{ cells ml}^{-1}$ was not different but the fermentation time at the lower cell concentration was 12 h longer. The cost of sweet sorghum for ethanol production (raw material cost only) was 11 baht per litre.

¹ รองศาสตราจารย์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทรศัพท์ 0-4336-2121

² รองศาสตราจารย์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น โทรศัพท์ 089-416-5911