บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวัน โดยใช้ *Zymomonas mobilis* TISTR 548 ด้วยวิธีการหมักแบบกะ จากการศึกษาการเจริญของ *Z. mobilis* TISTR 548 ในอาหารสูตร YPG และน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันพร้อมหมักและติดตามผลการเจริญเติบโตด้วยวิธีนับจำนวนเซลล์โดยตรง พบว่าแบคทีเรีย *Z. mobilis* TISTR 548 สามารถใช้น้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันเป็นแหล่งคาร์บอนเพื่อการเจริญเติบโตได้ จากการศึกษาองค์ประกอบในหัวแก่นตะวันพบว่ามีความชื้น 76.2 เปอร์เซ็นต์ และในส่วนของน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันพบว่ามีค่าความเป็นกรด-ด่าง อยู่ในช่วง 5.2-5.6 ซึ่งเป็นค่า pH ที่อยู่ในช่วงที่เหมาะสมในการเจริญของแบคทีเรีย *Z. mobilis* มีปริมาณของแข็งที่ละลายได้ทั้งหมด 16.47 องศาบริกซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด 186.21 กรัมต่อลิตร ปริมาณน้ำตาลฟรุคโตส 34.0 กรัมต่อลิตร น้ำตาลกลูโคส 4.4 กรัมต่อลิตร น้ำตาลซูโครส 5.2 กรัมต่อลิตร ปริมาณอินูลิน 168 กรัมต่อลิตร ปริมาณฟีนอลลิก 0.719 กรัมต่อลิตร มีแร่ธาตุ ได้แก่ ไนโตรเจน (N) 0.238 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร ฟอสฟอรัส (P) 0.018 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร โพแตสเซียม (K) 0.262 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร แคลเซียม (Ca) 0.007 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร แมกนีเซียม (Mg) 0.034 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร ซัลเฟอร์ (S) 0.01 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร โซเดียม (Na) 0.026 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักต่อปริมาตร เหล็ก (Fe) 14.4 มิลลิกรัมต่อลิตร แมงกานีส (Mn) 1.284 มิลลิกรัมต่อลิตร คอปเปอร์ (Cu) 0.584 มิลลิกรัมต่อลิตร สังกะสี (Zn) 2.054 มิลลิกรัมต่อลิตรในการศึกษาปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันโดยใช้ *Z. mobilis* ด้วยวิธีการหมักแบบกะในระดับฟลาสก์ พบว่าน้ำคั้นที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้น หรือเอนไซม์อินูลิเนสมีปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้น เมื่อนำวัตถุดิบนี้ไปทดสอบการหมักพบว่าน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลดีที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับน้ำคั้นที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเอนไซม์หรือที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส และ 100 องศาเซลเซียส โดยให้ผลได้ของเอทานอลเท่ากับ 0.45 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ อัตราผลผลิตของเอทานอล 0.64 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และผลได้ของเอทานอลในทางทฤษฎีเท่ากับ 88.66 เปอร์เซ็นต์ จากการศึกษาหาค่า pH ของสูตรอาหารที่เหมาะสมในการหมักเอทานอล และปริมาณเชื้อเริ่มต้น (เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร) พบว่าน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันที่ปรับให้มีค่าความเป็นกรด-ด่างเริ่มต้นเท่ากับ 5.0 ร่วมกับปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ให้ประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลสูงสุดโดยมีผลได้ของเอทานอลเท่ากับ 0.47 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ อัตราผลผลิตของเอทานอล 1.30 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และมีผลได้ของเอทานอลในทางทฤษฎีเท่ากับ 90.77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันที่มีค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้น 6.0 และ 7.0 และการใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ให้ประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลดีกว่าเมื่อเทียบกับการใช้ปริมาณเชื้อเริ่มต้น 1 และ 5 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ จากการศึกษาหาปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นที่เหมาะสมของน้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันพบว่าที่ปริมาณน้ำตาลเริ่มต้น 250 กรัมต่อลิตร สามารถผลิตเอทานอลได้สูงที่สุด มีค่าผลได้ของเอทานอลเท่ากับ 0.41 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ มีอัตราผลผลิตเอทานอล 0.95 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และผลได้ของเอทานอลเทียบกับทฤษฎีเท่ากับ 80.06 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลที่ได้จากการศึกษาในระดับฟลาสก์ไปทดสอบการผลิตเอทานอลในระดับถังปฏิกรณ์ชีวภาพขนาด 5 ลิตร โดยเลือกใช้น้ำคั้นจากหัวแก่นตะวันที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริกเข้มข้นที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ปรับปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นเป็น 250 กรัมต่อลิตร ปรับค่าความเป็นกรดด่างเริ่มต้นเป็น 5.0 ใช้กล้าเชื้อ 10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ทำการหมักโดยมีปริมาตรทำงาน (Working volume) เท่ากับ 3.5 ลิตร และกำหนดอัตราการกวนที่ 100 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส พบว่าให้ผลได้ของเอทานอลเท่ากับ 0.39 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ อัตราผลผลิตของเอทานอล 1.31 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง และผลได้ของเอทานอลในทางทฤษฎีมีค่าเท่ากับ 75.07 เปอร์เซ็นต์

ABSTRACT

The aim of this research was to study the possibility of ethanol production from Jerusalem artichoke tuber juice by *Zymomonas mobilis* TISTR548 using batch fermentation. Growth of *Z. mobilis* TISTR 548 in YPG medium and Jerusalem artichoke tuber juice was investigated by direct plate count technique and the results found that *Z. mobilis* TISTR548 can utilize the Jerusalem artichoke tuber juice as a carbon source for its growth. Jerusalem artichoke tubers contained 76.2% moisture. Composition analysis of the juice extracted from Jerusalem artichoke tubers revealed that it contained 16.47 °Brix of total soluble solid, 186.21 g/l of total sugars, 34.0 g/l of fructose, 4.4 g/l of glucose, 5.2 g/l of sucrose, 168 g/l of inulin, 0.719 g/l of phenolic compounds, and some minerals such as nitrogen (0.238 % w/v), phosphorus (0.018 % w/v) potassium (0.262 % w/v) calcium (0.007% w/v), magnesium (0.034% w/v), sulfur (0.01% w/v), sodium (0.026% w/v), ferrous (14.4 ppm), manganese (1.284 ppm), copper (0.584 ppm) and zinc (2.054 ppm). pH of the juice extracted from the tubers was 5.2-5.6 which is in the optimal pH range for growth of *Z. mobilis*. Factors affecting the ethanol production from the juice by *Z. mobilis* TISTR548 using batch fermentation was investigated in a flask scale. The results showed that juice treated with concentrate sulfuric acid or inulinase enzyme had higher reducing sugar content than that without treated. The treated juice with sulfuric acid at 80°C gave the best ethanol fermentation efficiency with the ethanol yield of 0.38 g ethanol/g sugar utilized, ethanol productivity of 1.50 g/l.h and 74.55% of theoretical ethanol yield as compared to those treated with inulinase enzyme or acid at 60 or 100°C. An initial pH of ethanol production medium and inoculum size of 5.0 and 10% by vol, respectively, were found to give the maximum ethanol fermentation efficiency with the ethanol yield of 0.41 g ethanol/g sugar utilized, ethanol productivity of 1.57 g/l.h and 79.67% of theoretical ethanol yield, which is higher than those at the pH 6.0 and 7.0 or inoculum size of 1 or 5% by vol. Initial sugar concentration of 250 g/l gave the highest ethanol fermentation efficiency with the ethanol yield of 0.39 g ethanol/g sugar utilized, ethanol productivity of 1.59 g/l.h and 78.11% of theoretical ethanol yield. The ethanol production in a 5-l bioreactor with the working volume of 3.5-l was evaluated using the optimum ethanol production conditions obtained in the flask scale, i.e., juice treated with acid at 80°C as a carbon source, initial sugar concentration of 250 g/l, initial pH of 5.0 and 10% inoculum size. An agitation speed of the reactor was set at 100 rpm and the temperature was controlled at 30°C. The maximum ethanol yield and ethanol productivity obtained in the bioreactor scale were 0.39 g ethanol/g sugar utilized and 1.31 g/l.h, respectively, with the theoretical ethanol yield of 75.07%.