

ABSTRACT

(Hydrolyzed sago starch (HSS), which acts as a substrate for the production of the ethanol was studied in a fermentation process by *Zymomonas mobilis* ATCC 10988. The study was carried out in three stages, namely, enzymatically hydrolysis, batch and continuous fermentation studies. From the hydrolysis studies, a 20% (w/v) sago starch concentration resulted in the highest conversion (98.64%) to reducing sugar compared to other starch concentrations. Optimum enzyme concentration for hydrolysis were 0.5 $\mu\text{L/g}$ and 0.6 $\mu\text{L/g}$ for Termamyl 120L and Dextrozyme. Liquefaction and saccharification process was conducted at pH 6.5 and pH 4.5 respectively, with the incubation period for liquefaction was 2 hours. Studies using batch culture system employing various concentrations of commercial glucose showed that glucose with 10% concentration was able to produce 35.70 g/L ethanol with fermentation efficiency of 86.59%, better than other glucose concentrations (15%, 20% and 25%). The initial pH and temperature for the batch culture system were kept at 5.5 and 30°C, respectively. Commercial glucose (CG) at 10% concentration was used as a comparison to access performance of HSS as substrate. The pH was either controlled at initial pH 5.5 or not controlled throughout the experiment. It was shown that experiments with both substrates with controlled pH gave higher concentration ethanol compared to not controlled pH. The ethanol concentration from CG and HSS under controlled pH was 44.20 g/L and 45.79 g/L, respectively. From continuous fermentation study at dilution rate 0.025 h⁻¹, condition under controlled pH produced higher ethanol than condition under not controlled pH, at 45.40 g/L and 35.40 g/L respectively. However, low ethanol volumetric productivity of 1.16 g/L/hr was observed. The continuous culture then was carried out at a slightly higher dilution rates of 0.05 h⁻¹, 0.10 h⁻¹ and 0.20 h⁻¹. At dilution rate of 0.10 h⁻¹ and 0.20 h⁻¹, a slight increase of ethanol volumetric productivity (3.58 g/L/h and 4.58 g/L/h) was observed but with lower biomass concentration, which reduced the ethanol concentration (35.8 g/L and 22.90 g/L). In order to improve ethanol productivities, the continuous culture system was coupled with a cell recycling facility using a hollow fiber filter, carried out at different dilution rates (0.135 h⁻¹, 0.24 h⁻¹, 0.42 h⁻¹ and 0.66 h⁻¹). Utilizing this method, the production of ethanol was improved, with the concentration around 40.95 g/L to 47.15 g/L resulting in ethanol volumetric productivity of 5.89 g/L/h up to 26.86 g/L/h. Thus, from this study HSS has a good potential as an alternative substrate for producing ethanol and it gave better result when continuous fermentation coupled with cell recycling system was applied.

ABSTRAK

Kanji sagu yang dihidrolisis digunakan sebagai sumber substrat untuk menghasilkan etanol melalui proses fermentasi menggunakan mikroorganisme *Zymomonas mobilis* ATCC 10988. Terdapat tiga peringkat kajian yang dijalankan iaitu hidrolisis enzim, fermentasi kaedah kelompok dan seterusnya fermentasi secara selanjat. Daripada kajian ke atas proses hidrolisis menggunakan enzim, kanji sagu yang berkepekatan 20% menunjukkan penukaran sebanyak 98.64% kepada glukosa, iaitu tertinggi berbanding dengan kanji sagu yang berkepekatan lain. Kepekatan optimum enzim yang digunakan adalah 0.5 µl/g untuk Termamyl 120L dan 0.6 µl/g Dextrozyme. Proses hidrolisis dikesan sesuai dijalankan pada pH 6.5 semasa pencairan manakala pH 4.5 ketika pensakarifikasian, dengan tempoh masa proses pencairan adalah 2 jam. Seterusnya fermentasi kaedah kelompok dijalankan untuk mengkaji kesan kepekatan glukosa ke atas penghasilan etanol, dengan persekitaran pH 5.5 dan suhu 30°C. Didapati glukosa yang kepekataannya 10% berupaya untuk menghasilkan etanol berkepekatan 35.70 g/L dengan kecekapan fermentasi 86.59% iaitu nilai yang baik berbanding dengan glukosa berkepekatan 15%, 20% dan 25%. Seterusnya, untuk mengkaji potensi kanji sagu yang dihidrolisis (KSH) sebagai substrat untuk menghasilkan etanol, glukosa komersial (GK) yang berkepekatan 10% digunakan sebagai perbandingan. Dalam fermentasi kaedah kelompok yang dijalankan, dua keadaan pH digunakan iaitu dikawal pada pH 5.5 dan tidak dikawal sepanjang fermentasi. Kajian menunjukkan kedua-dua sumber substrat (GK dan KSH) dengan keadaan pH dikawal berupaya menghasilkan etanol berkepekatan lebih tinggi berbanding dengan sistem pH yang tidak dikawal. Kepekatan etanol yang diperolehi adalah 44.20 g/L daripada GK manakala 45.79 g/L dihasilkan daripada KSH. Keupayaan KSH untuk menghasilkan etanol seterusnya dikaji menggunakan fermentasi kaedah selanjat pada kadar pencairan 0.025/jam dengan dua keadaan pH iaitu dikawal pada pH 5.5 dan tidak dikawal. Analisis menunjukkan sistem dengan pH dikawal menghasilkan etanol berkepekatan 45.40 g/L berbanding dengan 35.40 g/L etanol dalam sistem yang tidak dikawal. Walau bagaimanapun nilai volumetrik produktiviti untuk etanol adalah masih rendah iaitu 1.16 g/L/jam. Oleh itu fermentasi kaedah selanjat ditambahkan kadar pencairannya kepada yang lebih tinggi iaitu pada 0.05/jam, 0.10/jam dan 0.20/jam. Hasil analisis menunjukkan berlaku sedikit pertambahan pada nilai volumetrik produktiviti etanol iaitu 3.58 g/L/jam dan 4.58 g/L/jam, tetapi penurunan pada kepekatan etanol iaitu 35.80 g/L kepada 22.90 g/L, apabila kadar pencairan 0.10/jam dan 0.20/jam digunakan. Malahan berat kering sel didapati berkurangan dan baki glukosa yang masih terdapat di dalam buburan fermentasi adalah agak tinggi. Oleh itu fermentasi kaedah selanjat dengan sel yang dikitar semula menggunakan 'hollow fiber filter' dijalankan pada kadar pencairan yang berbeza-beza iaitu 0.13/jam, 0.24/jam, 0.42/jam dan 0.66/jam. Hasil analisis menunjukkan kepekatan etanol adalah lebih baik iaitu di antara 40.95 g/L hingga 47.15 g/L dengan nilai volumetrik produktiviti adalah pada 5.89 g/L/jam hingga 26.86 g/L/jam. Didapati berat kering sel bertambah apabila sistem sel yang dikitar semula digabung bersama malahan kadar penggunaan glukosa turut meningkat. Kajian ini menunjukkan substrat daripada KSH mampu menghasilkan etanol dengan kepekatan yang lebih baik apabila fermentasi kaedah selanjat dengan sel yang dikitar semula diaplikasikan.