

PEMBUATAN BIOETANOL DARI KULIT NANAS OLEH SACCHAROMYCES CEREVISIAE TERIMOBILISASI DALAM BUTIRAN ALGINAT

L. Nulhakim^{1*}, R. R. Febriana¹, B. Anggono¹, H. Lukmana¹, F. Erviana¹, A. D. Pratiwi¹, dan P. N. Azizah¹

¹Teknik Kimia, Universitas Jayabaya, Jakarta
Corresponding author: lukman@ftjayabaya.ac.id

ABSTRAK: Kulit nanas merupakan limbah buah yang memiliki kandungan gula dan karbohidrat yang cukup tinggi, sehingga berpotensi untuk dijadikan bahan baku energi alternatif yaitu etanol. Pada penelitian ini, proses pembuatan etanol dari kulit nanas dikembangkan, dimana kulit nanas difermentasi menggunakan yeast terimobilisasi dalam butiran *alginate*. Kulit nanas di buat serbuk yang selanjutnya dihidrolisis menggunakan asam klorida. Larutan gula yang dihasilkan dari proses hidrolisis di fermentasi oleh yeast terimobilisasi dalam butiran *alginate*. Pada proses hidrolisis, konsentrasi asam mempengaruhi perolehan konsentrasi gula. Konsentrasi gula terbesar dihasilkan setelah 10 menit waktu hidrolisis yaitu dengan menggunakan HCl 2 M dimana konsentrasi yang dihasilkan 12,6 °Brix. Temperatur dan kecepatan pengadukan tidak mempengaruhi perolehan konsentrasi gula. Alkohol dapat dihasilkan oleh yeast terimobilisasi dalam butiran *alginate*. Konsentrasi alkohol tertinggi yang dihasilkan sebesar 36 % volume oleh yeast terimobilisasi dalam butiran *alginate* dengan diameter 2,78 mm.

Kata Kunci: kulit nanas, hidrolisis, fermentasi, alkohol, *alginate*

ABSTRACT: Pineapple peel is a waste that has high sugar and carbohydrate content so that it can be used as an alternative raw material for ethanol production. In this research, the process of making ethanol from pineapple peel was developed where it was fermented using immobilized yeast in alginate beads. Powdered pineapple peel then underwent hydrolysis process using hydrochloric acid. The sugar solution produced from the process was fermented by immobilized yeast in alginate beads. In the hydrolysis process, the acid concentration affected the yield of sugar obtained. The greatest concentration of sugar which was 12.6 °Brix was produced after 10 minutes of hydrolysis time by using 2 M HCl. Stirring speed and temperature did not have an influence to the yield of sugar. The highest alcohol concentration that can be produced by immobilized yeast in 2,78 mm-diameter of alginate beads was 36% by volume.

Keywords: pineapple peel, hydrolysis, fermentation, alcohol, alginate

PENDAHULUAN

Peningkatan jumlah populasi dan aktivitas manusia akan meningkatkan kebutuhan bahan bakar. Pada tahun 2015, tingkat kebutuhan Bahan Bakar Minyak (BBM) dari fosil di Indonesia mencapai 1,5 juta barel per hari. Disisi lain, produksi BBM nasional hanya sebesar 800 ribu barel per hari. Oleh karena itu, setiap harinya sebanyak 700 ribu barel minyak harus diperoleh dengan cara impor. Untuk mengurangi impor BBM maka perlu dicari bahan bakar alternatif lain. Bioetanol merupakan salah satu Bahan bakar alternatif yang dimanfaatkan untuk mengurangi konsumsi bahan bakar jenis premium, baik digunakan sebagai campuran gasolin-etanol ataupun etanol murni. Bahan baku pembuatan bioetanol adalah karbohidrat yang bisa berupa amilosa, sukrosa, fruktosa, ataupun glukosa. Amilum yang merupakan polimer dari glukosa juga dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol, namun dengan terlebih dahulu memecahnya menjadi molekul yang lebih sederhana melalui proses likuifikasi dan hidrolisis. Selama ini,

produksi bioetanol di dunia dan di Indonesia berasal dari jagung dan singkong yang kaya dengan karbohidrat berupa amilum. Namun, singkong dan jagung adalah salah satu bahan pangan utama di dunia (Sufahri et al, 2016). Sebagai alternatif lain limbah kulit nanas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan bioetanol karena memiliki kandungan glukosa yang cukup besar (81,72 % air, 20,87 % serat kasar, 17,53 % karbohidrat, 4,41 % protein dan 13,65 % gula reduksi) (Wijana et al, 1991). Ketersediaan limbah kulit nanas di Indonesia cukup besar dimana Indonesia termasuk dari 10 negara penghasil nanas terbesar di dunia pada tahun 2012 Indonesia dapat memproduksi nanas mencapai 1.781 ton/tahun (Lobo et al, 2017). Etanol dari kulit nanas dapat diproduksi oleh *Saccharomyces Cerevisiae* secara bebas (Bardia et al, 1996, Iteima et al, 2013) ataupun terimobilisasi. Konversi etanol yang diperoleh oleh *Saccharomyces Cerevisiae* terimobilisasi dalam matriks *loofah* lebih tinggi dibandingkan *Saccharomyces Cerevisiae* bebas (Choonut et al, 1996). Jenis matriks yang umum digunakan untuk proses immobilisasi adalah

alginate, karena *alginate* memiliki kelebihan seperti memiliki biokompabilitas yang baik, harga yang murah, tersedia dalam jumlah banyak, dan preparasi yang mudah. sehingga pada penelitian ini material *alginate* digunakan untuk memproduksi alkohol dari kulit buah nanas, serta proses pengaruh ukuran butir *alginate* terhadap produksi alkohol dipelajari.

METODE PENELITIAN

Pembuatan Serbuk Kulit Buah Nanas

Kulit nanas yang didapatkan dari penjual buah di lingkungan Fakultas Teknologi Universitas Jayabaya, dipotong – potong hingga berukuran 1 cm. potongan – potongan ini di keringkan selama 3 hari dengan cara di jemur di bawah sinar matahari. Potongan yang telah dikeringkan kemudian diblender dan diayak oleh ayakan berukuran 80 mesh.

Hidrolisa

Serbuk nanas seberat 10 gram di larutkan ke dalam 100 mL larutan HCl dengan konsentrasi 0,1 M, 0,5 M, 1M, 1,5 M, 2 M dan variasi temperatur (30 °C, 50 °C, 75 °C dan 90 °C) dan kecepatan pengadukan (200 rpm, 300 rpm, 350 rpm dan 450 rpm), kemudian konsentrasi gula diukur setiap 1 menit. Hasil optimasi konsentrasi HCl, temperatur dan kecepatan digunakan untuk memproduksi 1L larutan gula. Larutan hasil hidrolisa didinginkan dan disaring untuk dilanjutkan pada proses fermentasi

Immobilisasi Yeast Dalam Butiran *Alginate*

Hal pertama yang dilakukan adalah melarutkan *alginate* dalam 50 mL air distilat hingga menghasilkan larutan *alginate* dengan konsentrasi 4%. Kemudian larutan ini didiamkan selama 1 jam untuk memungkinkan deaerasi. Larutan kultur yeast dibuat dengan cara melarutkan 14 gr Ragi (*Saccharomyces Cerevisiae*) dalam 50 mL air distilat pada suhu 40 °C. kemudian kultur yeast dimasukkan ke dalam larutan *alginate* dengan perbandingan 1:1. Larutan diaduk hingga yeast dan larutan *alginate* bercampur. Campuran larutan *alginate*-yeast dimasukkan ke dalam *syringe* dengan berbagai ukuran *tip* (12 G, 16 G, 18 G) untuk selanjutnya diekstrusi ke dalam larutan CaCl_2 50 mM dalam gelas beker yang sedang diaduk. Setelah semua butiran *alginate* terbentuk, diamkan butiran *alginate* dalam larutan CaCl_2 selama satu jam tanpa diaduk kemudian butiran diukur jari - jarinya.

Fermentasi

200 mL larutan gula hasil hidrolisa diatur pHnya hingga pH 5 dengan menggunakan NaOH 4 M dalam Erlenmeyer. Selajutnya penambahan 0,5 gr urea dan 0,6 gr NPK, serta seluruh butiran *alginate* yang

mengandung yeast (*Saccharomyces Cerevisiae*) dimasukkan ke dalam larutan tersebut. Selanjutnya 1 mL sampel larutan diambil setelah 4 hari untuk dianalisa kadar alkohol pada berbagai variasi ukuran butir.

Penentuan Kadar Gula dan Etanol

Kadar gula diukur dengan refraktometer glukosa dan kadar etanol diukur dengan menggunakan refraktometer alkohol. Refraktometer ditetaskan dengan aquades sebanyak 4 tetes pada bagian prisma untuk mengkalibrasi refraktometer dan diteropong hingga terlihat kadar gula 0 °Brix. Setelah itu, bagian prisma dibersihkan dari aquades dengan menggunakan tisu hingga kering. Sampel kemudian ditetaskan sebanyak 4 tetes pada bagian prisma hingga terlihat kadar gula dalam satuan °Brix. Skala °Brix dari refraktometer sama dengan berat gram gula dari 100 gram larutan yang diukur.

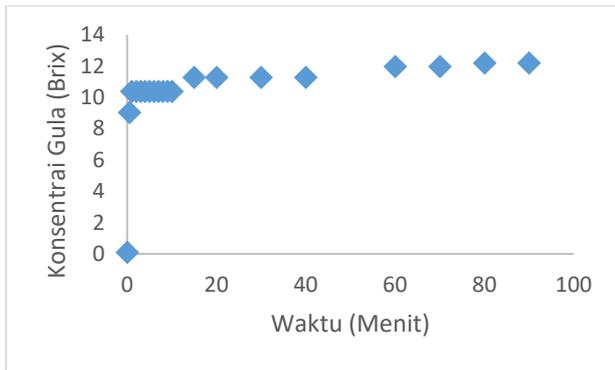
Pengukuran Ukuran Butir

Pengukuran jari – jari butir *alginate* hasil immobilisasi dilakukan dengan cara yang diadaptasi dari Rochmadi et al (2009). Gambar dari 100 butir *alginate* diambil dengan kamera digital. Gambar butiran ini dilihat dengan *Software Image Pro Plus*, kemudian diukur diameternya.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hidrolisis Kulit Nanas

Kulit nanas mengandung glukosa dan karbohidat yang cukup tinggi yakni 13,65 % dan 17,53 %. Kandungan karbohidarat dalam kulit nanas terdiri dari selulosa sebesar $21,98 \pm 2,34$ %, hemiselulosa sebesar $74,96 \pm 2,55$ % dan lignin sebesar $2,68 \pm 1,54$ %. Untuk mengkonversi selulosa dan hemiselulosa dalam karbohidrat menjadi gula dapat dilakukan dengan meghidrolisa dengan bantuan katalis asam (Mondal et al, 2017). Gambar 1 menunjukkan proses hidrolisis kulit nanas oleh bantuan katalis HCl 0,1 M dimana proses reaksi hidrolisis berjalan sangat cepat dengan dihasilkannya kadar gula sebesar 9 °Brix pada waktu 30 detik, pada waktu 1 menit hingga 10 menit dihasilkan konsentrasi gula yang konstan yakni 10,38 °Brix, hal ini dikarenakan seluruh hemiselulosa dan amorphous selulosa habis bereaksi dengan air. Sementara kristalin selulosa bereaksi lebih lambat dibandingkan dengan amorphous selulosa (Mcparland et al, 1981). Hal ini ditunjukkan dengan perubahan konsentrasi gula pada waktu 10 menit hingga 90 menit dari 10,38 °Brix menjadi 12,18 °Brix, sehingga waktu optimal proses hidrolisis adalah 10 menit. Hal yang serupa dihasilkan pada hidrolisis tepung kulit ketela pohon dengan menggunakan katalis HCl (Mastuti et al, 2010)



Gambar 1 Grafik hubungan konsentrasi gula terhadap waktu dengan katalis HCl 0,1 M.

HCl dipilih sebagai katalis asam dikarenakan mudah terionisasi, sehingga lebih efektif untuk menghidrolisis serbuk kulit nanas menjadi gula. Ketika ion H^+ dari HCl membentuk asam terkonjugasi, menyebabkan pemebelahan ikatan glikosidik dengan penambahan molekul air dan melepaskan gula dan ion H^+ . Hal tersebut yang menyebabkan konsentrasi asam dapat mempengaruhi perolehan gula (Dumitriu, 2004), seperti pada Tabel 1, dimana semakin tinggi konsentrasi HCl maka akan menyebabkan semakin tinggi gula yang dihasilkan

Tabel 1 Pengaruh konsentrasi HCl terhadap konsentrasi gula yang dihasilkan setelah 10 menit hidrolisis (temperatur 75°C dan pengadukan 300 rpm).

Konsentrasi HCl (M)	Konsentrasi Gula (°Brix)
0,1	2,2
0,5	5,6
1	10,4
2	12,6

Berdasarkan persamaan Arrhenius, peningkatan temperatur akan mempengaruhi besarnya laju reaksi, sehingga gula yang dihasilkan akan semakin besar. Namun hal tersebut tidak berlaku pada penelitian ini dimana temperatur tidak mempengaruhi konsentrasi glukosa yang dihasilkan, seperti pada Tabel 2. Hal serupa terjadi pada proses hidrolisis jerami gandum oleh asam format (Zhuang et al, 2012).

Tabel 2 Pengaruh temperatur terhadap konsentrasi gula yang dihasilkan setelah 10 menit hidrolisis (HCl 2M dan pengadukan 300 rpm).

Temperatur °C	Konsentrasi Glukosa (°Brix)
30	11,3
50	11
75	12,6
90	11,2

Kecepatan pengadukan tidak mempengaruhi konsentrasi gula yang dihasilkan, dimana konsentrasi gula setelah 10 menit hidrolisis relatif sama seperti pada Tabel 3. Hal ini menandakan bahwa transfer massa tidak mempengaruhi proses hidrolisis atau dapat disimpulkan bahwa laju reaksi mengontrol jalannya reaksi.

Tabel 3 Pengaruh kecepatan pengadukan terhadap konsentrasi gula yang dihasilkan setelah 10 menit hidrolisis (HCl 2M dan temperatur 75 °C).

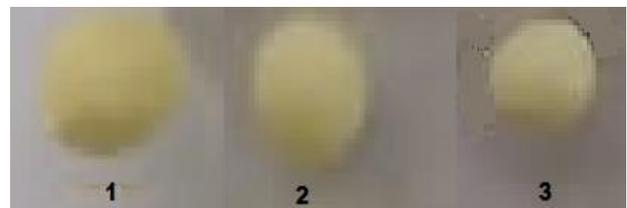
Kecepatan Pengadukan (RPM)	Konsentrasi Gula (°Brix)
200	13,2
250	13
300	12,64
450	13,4

Immobilisasi Yeast

Immobilisasi yeast dalam butiran *alginate* dapat dilihat pada Gambar 2 dan 3. Gambar 2 diperlihatkan hasil ukuran butir pada berbagai macam ukuran *tip* dari *syringe* dimana bentuk dari butiran *alginate* tidak sepenuhnya berbentuk bulat melainkan berbentuk seperti air mata. Bentuk dari butiran *alginate* dipengaruhi oleh konsentrasi *alginate*, jarak antara ujung *tip* dengan permukaan larutan $CaCl_2$ (Chan et al, 2009), berdasarkan hasil optimasi, pada jarak 22 cm antara ujung *tip* dengan permukaan larutan $CaCl_2$ dihasilkan butiran *alginate* yang berbentuk bulat, seperti pada Gambar 3.



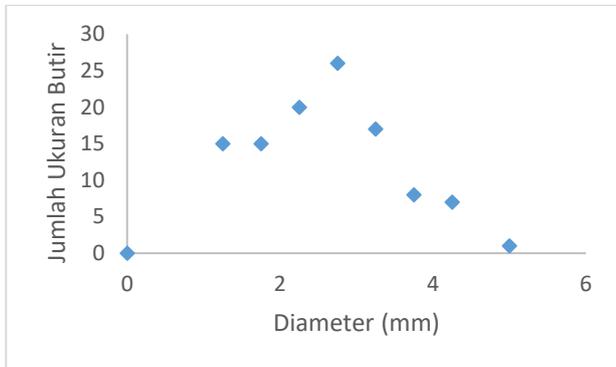
Gambar 2 Foto butiran alginat dengan metode ekstrusi pada berbagai ukuran *tip* dan ketinggian, 1) 12 G, 12 cm, 2) 16 G, 14 cm 3) 18 G, 16 cm.



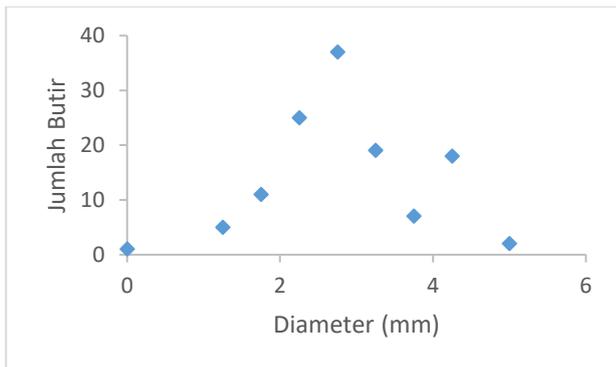
Gambar 3 Foto butiran *alginate* dengan metode ekstrusi pada berbagai ukuran *tip* dengan ketinggian 22cm, 1) 12 G, 2) 16 G, 3) 18 G.

Distribusi ukuran diameter *alginate* yang dihasilkan pada berbagai ukuran *tip* dapat dilihat pada Gambar 4-6. Ukuran rata – rata yang dihasilkan dengan menggunakan *tip* 18 G (diameter dalam 0,84 mm), 16

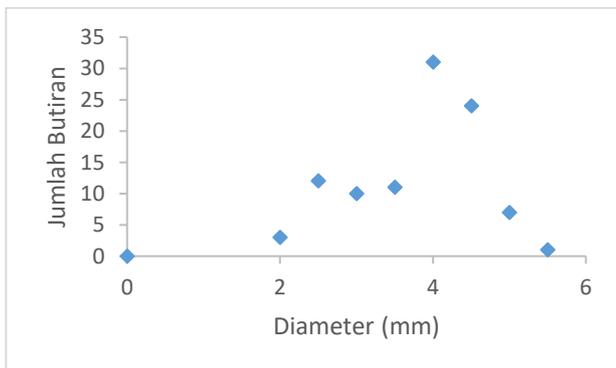
G (diameter dalam 1,16 mm), dan 12 G (diameter dalam 2,77 mm) adalah 2,78 mm, 3,2 mm dan 4,02 mm. semakin besar ukuran diameter *tip* maka akan semakin besar ukuran butiran *alginate* yang dihasilkan, hal ini dikarenakan selain perbandingan ratio D-mannuronic acid (M) dengan L-guluronic acid (G), ukuran diameter dari *tip* mempengaruhi diameter butiran *alginate* (Chan, 2009)



Gambar 4 Distribusi ukuran butir *alginate* dengan menggunakan *tip* 18 G.



Gambar 5 Distribusi ukuran butir *alginate* dengan menggunakan *tip* 16 G.



Gambar 6 Distribusi ukuran butir *alginate* dengan menggunakan *tip* 18 G.

Fermentasi

Tabel 4 Konsentrasi alkohol yang dihasilkan pada proses fermentasi dengan berbagai macam ukuran butir.

Alkohol (% volume)			
Yeast <i>Alginate</i>	Terimmobilisas	Dalam Butiran	Yeast Bebas
Diamter Rata - Rata	Diamter Rata - Rata	Diamter Rata- Rata	
4,02 mm	3,2 mm	2,78 mm	
33	35	36	38

Kelebihan menggunakan yeast terimmobilisasi dalam proses kontinyu adalah jumlah yeast dalam reaktor lebih tinggi dibandingkan yeast bebas, sehingga produktivitas lebih tinggi dan dalam operasi berkepanjangan tidak perlu menambahkan yeast dan mengkhawatikan *wash out*. Pada Tabel 4 dapat dilihat konsentrasi alkohol yang dihasilkan dengan yeast terimmobilisasi lebih kecil dibandingkan dengan dengan yeast bebas, hal ini di karenakan efek diffusional/ transfer massa, karena yeast yang terimmobilisasi tidak memiliki kemampuan kontak secara efektif dengan nutrient atau yeast terinhibisi oleh produk (Nicolic et al, 2010). Hal tersebut juga dibuktikan dengan semakin besarnya diameter butiran *alginate* maka nilai konsentrasi alkohol akan semakin kecil, dimana efek diffusional/transfer massa dipengaruhi oleh besarnya diameter butiran. Hasil yang sama ditunjukkan oleh Duarte et al (2013) yang menggunakan glukosa dan sukrosa murni.

KESIMPULAN

Alkohol dapat di hasilkan oleh yeast terimmobilisasi dalam butiran *alginate*. Semakin kecil ukuran diameter butiran *alginat* maka akan semakin besar konsentrasi gula yang dihasilkan. Konsentrasi alkohol tertinggi yang dihasilkan sebesar 36 % volume oleh yeast terimmobilisasi dalam butiran *alginate* dengan diameter 2,78 mm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terimakasih kepada Fakultas Teknologi Industri Universitas Jayabaya karena atas dukungan dana dan fasilitas sehingga penelitian ini dapat terselesaikan.

DAFTAR PUSTAKA

Bardiya, N., Somayaji, D., & Khanna, S. (1996). Biomethanation of banana peel and pineapple waste. *Bioresource Technology*, 58(1), 73–76. doi:10.1016/s0960-8524(96)00107-1

- Chan, E.-S., Lee, B.-B., Ravindra, P., & Poncelet, D. (2009). Prediction models for shape and size of calcium alginate macrobeads produced through extrusion–dripping method. *Journal of Colloid and Interface Science*, 338(1), 63–72.
- Choonut, A., Saejong, M., & Sangkharak, K. (2014). The Production of Ethanol and Hydrogen from Pineapple Peel by *Saccharomyces Cerevisiae* and *Enterobacter Aerogenes*. *Energy Procedia*, 52, 242–249.
- Duarte, J. C., Rodrigues, J. A. R., Moran, P. J. S., Valença, G. P., & Nunhez, J. R. (2013). Effect of immobilized cells in calcium alginate beads in alcoholic fermentation. *AMB Express*, 3(1), 31.
- Dumitriu, Severian (2004), *Polysaccharides: Structural Diversity and Functional Versatility*, Second Edition, CRC Press, 1003
- Itelima, J., Onwuliri, F., Onwuliri, E., Onyimba, I., & Oforji, S. (2013). Bio-Ethanol Production from Banana, Plantain and Pineapple Peels by Simultaneous Saccharification and Fermentation Process. *International Journal of Environmental Science and Development*, 213–216.
- Lobo, Maria Gloria, Paull, Robert E. (2017), *Handbook of Pineapple Technology*. Wiley Black Well.
- Masatuti Endang, Purwanti, Amanda Ayu ,(2013), Hidrolisa Pati dari Kulit Singkong (Variabel Ratio Bahan dan Konsentrasi Asam), *Ekulilibrium* vol 12. No. 1, 1-5
- McParland, J. J., Grethlein, H. E., & Converse, A. O. (1982). Kinetics of acid hydrolysis of corn stover. *Solar Energy*, 28(1), 55–63.
- Nikolić, S., Mojović, L., Pejin, D., Rakin, M., & Vukašinović, M. (2010). Production of bioethanol from corn meal hydrolyzates by free and immobilized cells of *Saccharomyces cerevisiae* var. *ellipsoideus*. *Biomass and Bioenergy*, 34(10), 1449–1456.
- Rochmadi, Agus, P., and Wahyu, H, 2009, *Pembuatan Mikrocapsul Dari Resin Urea-Formaldehid*, Fakultas Teknik, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta.
- Sulfahri, Amin, Mohamad, Sumitro, Sutiman Bambang, Saptasari, Murni (2016). Bioetanol Alga *Spirogyra* Bahan Bakar Masa Depan. *Leutikaprio*.
- Wijana, S., S. Kumalaningsih, A. Setyowati, U. Efendi, dan N. Hidayat. (1991). Optimalisasi Penambahan Tepung Kulit Nanas dan Proses Fermentasi pada Pakan Ternak terhadap Peningkatan Kualitas Nutrisi. Laporan Penelitian Hibah Agricultural Research Management Project (ARMP) Departemen Pertanian Republik Indonesia. Universitas Brawijaya. Malang..
- Wyman, Charles.,(1996)., *Hand Book on Bioethanol, Production and utilization*, Taylor and francis.
- Zhuang, J. P., Li, X. P., & Liu, Y. (2012). Production of Fermentable Sugars from Wheat Straw by Formic Acid Pretreatment. *Advanced Materials Research*, 550-553, 1258–1261. *Journal of Bioprocessing & Biotechniques*.