

การผลิตถ่านกัมมันต์จากชีวมวลเปลือกมังคุดเพื่อกำจัดโลหะหนัก

Production of Activated Carbon from Mangosteen Shell Biomass for heavy metal removal.

สัมพันธุ์ สร้อยกล่อม^{1*} อัจฉรา แสนฟ้า² จุฑามาศ ทิพย์เนตร² และ โสภา กลิ่นจันทร์²

Sumpan Soiklom^{1*} Achara Sanphangum² Jutamas Thipnet² and Sopa Klinchan²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อใช้เปลือกมังคุดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งผลิตถ่านกัมมันต์และศึกษาประสิทธิภาพในการกำจัดโลหะหนัก ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ เวลา และอุณหภูมิในการทำให้เป็นถ่าน (carbonization) รวมถึงความเข้มข้นกรดฟอสฟอริก ระยะเวลาในการแช่กรด เวลาและอุณหภูมิการกระตุ้นในการผลิตถ่านกัมมันต์ (activation) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมของการทำให้เป็นถ่านคือเผาเปลือกมังคุดที่ 500 องศาเซลเซียส เวลา 120 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นคือใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 (v/v) เวลาแช่กรด 180 นาที โดยมีระยะเวลาและอุณหภูมิการกระตุ้นที่ 700 องศาเซลเซียส เวลา 60 นาที ถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดที่ได้มีคุณภาพทางกายภาพและเคมีและความสามารถดูดซับโลหะตะกั่วและโครเมียมเทียบเท่ากับถ่านกัมมันต์เกรดการค้า

ABSTRACT

This research aims to use mangosteen shell to produce activated carbon and to study efficiency of it for heavy metal removal. The operating parameters were studied optimum carbonization and activation time and optimum temperature as well as phosphoric acid concentration. The results showed that the optimum condition of carbonization of mangosteen shell was 120 min at 500 °C. The optimum phosphoric concentration for activation was 5% (v/v) and optimum acid soaking time was 180 min while activation time and temperature was 60 min at 700°C. The physical and chemical properties of mangosteen shell activated carbon were similar to the commercial activated carbon. Furthermore, the mangosteen shell activated carbon could remove lead and chromium like the commercial activated carbon.

Keyword : activated carbon, mangosteen shell, heavy metal removal, lead, chromium

* Corresponding author; e-mail address: sumpans@kmutnb.ac.th

¹ ภาควิชาเคมีอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

¹ Department of Industrial Chemistry, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

² ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ

² Department of Biotechnology, Faculty of Applied Science, King Mongkut's University of Technology North Bangkok

คำนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม นอกจากนี้ยังมีอุตสาหกรรมทางการเกษตรเพื่อนำผลผลิตออกสู่ตลาดทั้งในและนอกประเทศ ทำให้มีกากและเศษวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรและจากการผลิต มังคุดเป็นผลไม้ที่มีการปลูกมากและเมื่อบริโภคแล้วจะเหลือเปลือกทิ้งโดยไม่ก่อให้เกิดประโยชน์จำนวนมาก โดยในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีผลผลิตมังคุด 199,861 ตัน (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2558) ดังนั้นย่อมจะมีเปลือกมังคุดที่เป็นวัสดุเหลือทิ้งเป็นจำนวนมากเช่นกัน

ถ่านกัมมันต์ (Activate carbon) เป็นถ่านที่สังเคราะห์ขึ้นโดยผ่านกระบวนการคาร์บอนไนซ์เซชันและทำการกระตุ้นด้วยวิธีทางเคมีหรือทางกายภาพ ทำให้ผิวของคาร์บอนของถ่านกัมมันต์เกิด ร่องแหว่พรุน จึงมีพื้นที่ผิวสัมผัสมาก ซึ่งช่วยให้มีสมบัติในการดูดซับสูง วัตถุประสงค์ที่ใช้ในการผลิตถ่านกัมมันต์มีหลายชนิดเช่นไม้ยางพารา ไม้ไผ่ เศษไม้เหลือทิ้งและวัสดุ เหลือทิ้งทางการเกษตร เช่น แกลบ กะลามะพร้าว ขี้เลื่อย เปลือกมะพร้าว (Grauito *et al.* 2008) เป็นต้น ถ่านกัมมันต์ถูกนำมาใช้กันแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่างๆ เช่น ใช้ในการฟอกสีในอุตสาหกรรมน้ำตาล ใช้กำจัดกลิ่นในอุตสาหกรรมเครื่องดื่ม เช่น เบียร์และไวน์ ใช้ในการดูดซับสีและกลิ่น ใช้ในการดูดแก๊สและไอ ใช้ในการทำน้ำประปา ใช้ในเครื่องกรองน้ำ ใช้ดูดซับโลหะหนัก เป็นต้น จะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์นั้นมีประโยชน์การใช้งานมากมาย ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงสนใจที่จะศึกษาการผลิต ตรวจสอบคุณสมบัติและการประยุกต์ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้จากเปลือกมังคุด เพื่อศึกษาสมบัติและประสิทธิภาพของถ่านกัมมันต์ในการดูดซับโลหะหนัก เป็นการลดปริมาณขยะ ที่จะต้องนำไปกำจัดซึ่งจะช่วยลดปัญหาและผลกระทบทางสิ่งแวดล้อมอีกด้วย และเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุชีวมวลเหลือใช้อีกทางหนึ่ง

อุปกรณ์และวิธีการ

ตัวอย่าง : เปลือกมังคุด

1. ศึกษาการผลิตถ่านมังคุด

นำเปลือกมังคุด ล้างแล้วอบแห้งที่อุณหภูมิ 200 °C เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำไปเผาด้วยเตาเผาชนิดอัดอากาศที่อุณหภูมิ 400 °C 500 °C และ 600 °C ตามลำดับ เป็นเวลา 2 ชั่วโมง บดถ่านให้มีขนาดเล็กกว่า 50 mesh สังเกตลักษณะถ่านและวิเคราะห์ปริมาณคาร์บอน (Walkley and Black method)

2. ศึกษาสถานะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์

ศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของถ่านกัมมันต์ ได้แก่

2.1 ศึกษาความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่ใช้กระตุ้นถ่านกัมมันต์และศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากระตุ้น - นำถ่านที่ได้จากข้อ 1 ไปกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) ที่ความเข้มข้น 5%, 10%, 15%, 20%, 30% และ 60% (v/v) เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นจนกระทั่งน้ำที่ล้างมีสภาพเป็นกลาง นำไปอบที่ 110 °C เวลา 4 ชั่วโมง ทิ้งให้เย็น แล้วเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 600 °C และ 700 °C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พิจารณาสถานะความเข้มข้นกรดฟอสฟอริกและอุณหภูมิการเผากระตุ้นที่เหมาะสม จากค่าการดูดซับไอโอดีน (ASTM D 4607) และค่าการดูดซับเมทีลีนบลู (colorimetric method, UV-Vis spectrophotometer)

2.2 ศึกษาระยะเวลาในการแช่กรดฟอสฟอริกและระยะเวลาในการเผากระตุ้นที่เหมาะสม

- นำตัวอย่างถ่านมั่งคุดเผากระตุ้นโดยใช้ความเข้มข้นกรดและอุณหภูมิในการเผากระตุ้นตามสภาวะที่เลือกได้จากข้อ 2.1 แช่กรดฟอสฟอริกที่เวลา 1 ชม. และ 3 ชม. และเผากระตุ้นเป็น 1 ชม. และ 3 ชม. แล้วนำถ่านกัมมันต์ที่ได้วิเคราะห์ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู

3. ศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำเสียสังเคราะห์โลหะหนัก

นำถ่านกัมมันต์ทดสอบประสิทธิภาพการดูดซับโลหะหนัก ได้แก่ ตะกั่วและโครเมียมในน้ำเสียสังเคราะห์ ด้วยเทคนิค AAS โดยใช้ถ่านกัมมันต์ในปริมาณที่ต่างกันคือ 0.5 กรัม 1.0 กรัม และ 1 กรัม ในการดูดซับโลหะหนัก ตะกั่วและแคดเมียมความเข้มข้น 100 พีพีเอ็ม

4. ศึกษาคุณสมบัติถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เกรดการค้า

นำถ่านกัมมันต์ที่ได้และถ่านกัมมันต์เกรดการค้าทดสอบคุณสมบัติดังนี้ 1) การดูดซับไอโอดีน 2) ค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 3) ค่าความเป็นกรด ต่าง 4) ค่าความชื้น 5) ค่าความหนาแน่น 6) ปริมาณเถ้า

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. ผลศึกษาการผลิตถ่านมั่งคุด

พบว่าถ่านที่ได้จากการเผาที่อุณหภูมิ 400 °C ยังมีเปลือกมั่งคุดบางส่วนที่ยังไม่แปรสภาพเป็นถ่านและเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการเผาเป็น 500 °C พบว่าถ่านมีสีดำมันวาว เปลี่ยนรูปเป็นถ่านมากขึ้น เมื่อนำถ่านที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณคาร์บอนพบว่าถ่านซึ่งเผาที่อุณหภูมิ 500 °C ในบรรยากาศที่อัดอากาศให้เปอร์เซ็นต์คาร์บอนมากที่สุดคือ 69.40 % (ตารางที่ 1) จึงเลือกการเผาที่ 500 °C ระยะเวลา 120 นาที สำหรับการทดลองต่อไป

Table 1 The percentage organic carbon at various temperature.

Temperature (°c)	Organic carbon (%)
400	56.89± 0.09
500	69.40 ± 0.12
600	48.93 ± 0.28

2. ผลศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตถ่านกัมมันต์

2.1 ผลศึกษาความเข้มข้นของกรดฟอสฟอริกที่ใช้กระตุ้นถ่านกัมมันต์และอุณหภูมิที่เหมาะสมในการเผากระตุ้น

พบว่าถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกที่ 60% อุณหภูมิการเผากระตุ้นที่ 700 °C มีค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซับไอโอดีน 1045.7 mg/g และค่าการดูดซับเมทิลีนบลู 44.4 mg/g ซึ่งเป็นคุณสมบัติของถ่านกัมมันต์ที่ดีที่สุด แต่เมื่อเปรียบเทียบกับที่การแช่กรดฟอสฟอริกที่ 5% อุณหภูมิการเผากระตุ้นที่ 700 °C ซึ่งมีค่าดูดซับไอโอดีนและเมทิลีนบลู 975.3 mg/g และ 45.8 mg/g ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีค่าต่างกับสภาวะที่ดีที่สุด

ไม่มากเกินไป จึงได้เลือกนำถ่านกัมมันต์ที่แช่กรดฟอสฟอริกที่ 5% อุณหภูมิการเผากระตุ้นที่ 700 °C ไปใช้ในการทดลองต่อไปเนื่องจากเป็นทางเลือกหนึ่งในการลดค่าใช้จ่ายในการใช้สารเคมี

Table 2 The iodine number and methylene blue number of Mangosteen activated carbon at various phosphoric acid and various temperature.

Temp (°C)	Iodine number (mg/g)					Methylene blue (mg/g)				
	5	10	15	30	60	5	10	15	30	60
Phosphoric acid(% v/v)										
600	1005.7	998.8	1005.5	982.0	1008.8	33.2	37.3	35.3	35.7	35.7
700	975.3	951.8	851.3	871.4	1045.7	45.8	42.4	15.6	33.9	44.4

2.2 ผลการศึกษาระยะเวลาในการแช่กรดและเผากระตุ้นถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม

เวลาในการแช่กรดฟอสฟอริกและเวลาในการเผากระตุ้นถ่านกัมมันต์ที่เหมาะสม คือ แช่กรด 3 ชั่วโมง และการเผาที่อุณหภูมิ 700 °C เป็นเวลา 1 ชั่วโมง ซึ่งให้ค่าการดูดซับเมธิลีนบลูมากที่สุดซึ่งมีค่า 70.2 mg/g (ตาราง 3) จึงเลือกการผลิตถ่านกัมมันต์ที่สภาวะดังกล่าว ทั้งนี้การเผาเป็นเวลา 1 ชั่วโมง ยังเป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายในการใช้พลังงานอีกทางหนึ่ง

Table 3 The Methylene blue number of Mangosteen activated carbon at various soaking times in phosphoric acid and various activated times

Soaking time in phosphoric acid (hour)	Activated Time (hour)	Methylene blue number (mg/g)
1	1	69.7
1	3	70.1
3	1	70.2
3	3	70.1

3. ผลการศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำเสียสังเคราะห์โลหะหนักตะกั่วและโครเมียม

พบว่าถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้คือถ่านกัมมันต์มังคุด (Mango ACT) มีความสามารถในการดูดซับตะกั่วเพิ่มขึ้นเมื่อเวลาในการดูดซับเพิ่มขึ้นโดยเมื่อใช้ถ่านกัมมันต์ปริมาณ 0.5 กรัม ที่เวลาการดูดซับ 20 นาที ให้ค่าความสามารถในการดูดซับตะกั่วดีที่สุด คือ 4.1% ซึ่งมีประสิทธิภาพดีกว่าถ่านกัมมันต์เกรดการค้า (Com ACT) ในสภาวะเดียวกันที่มีประสิทธิภาพการดูดซับ 3.5% แต่ทั้งนี้ถ่านกัมมันต์เกรดการค้าที่ปริมาณ 1.5 กรัม ที่เวลาดูดซับ 20 นาที มีความสามารถดูดซับตะกั่วดีที่สุด คือ 9.9% (รูป 1)

เมื่อนำถ่านกัมมันต์มังคุด (Mango ACT) ดูดซับน้ำเสียสังเคราะห์โลหะโครเมียมพบว่าเมื่อใช้ถ่านปริมาณ 1.5 g และใช้เวลาดูดซับ 20 นาทีสามารถดูดซับโครเมียมได้ดีที่สุดถึง 30.6% ในขณะที่ถ่านกัมมันต์เกรดการค้ามีค่าการดูดซับโครเมียม 34.8% (รูป 2)

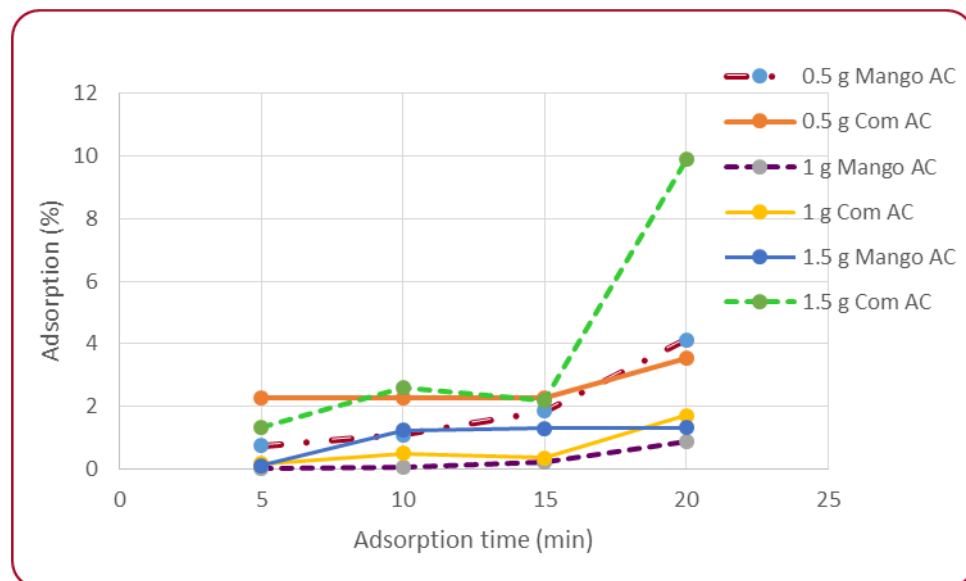


Figure 1 The adsorption of Pb content at the various Mangosteen- activated carbons (Mango ACT) and Commercial activated carbons (Com ACT) quantities at various absorption times.

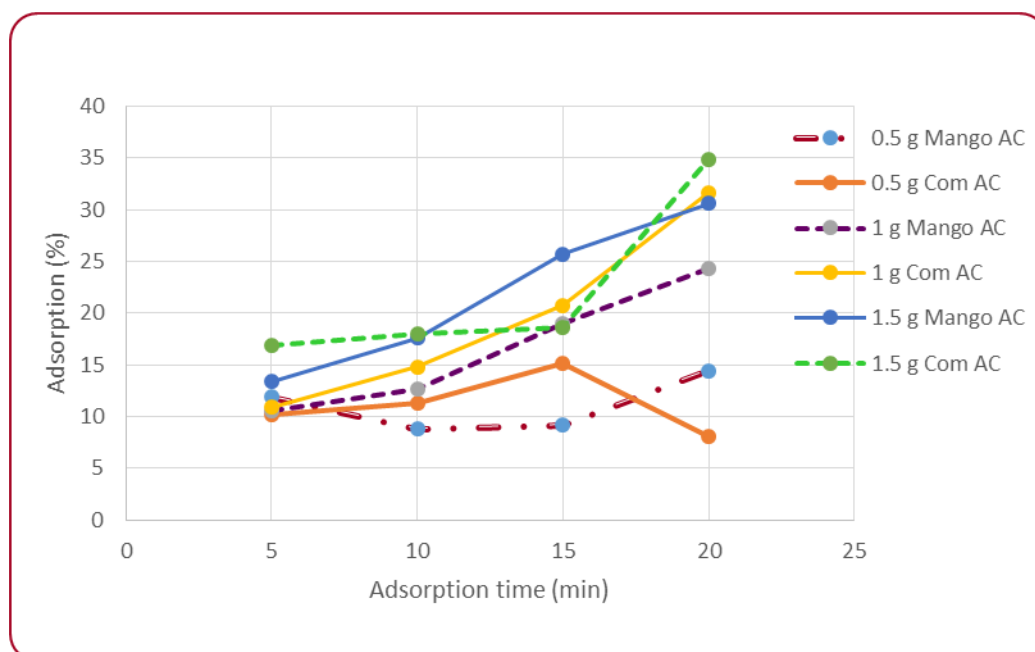


Figure 2 The adsorption of Cr content at the various Mangosteen- activated carbons and commercial activated carbons quantities at various absorption times.

4. ผลการศึกษาคุณสมบัติถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้เปรียบเทียบกับถ่านกัมมันต์เกรดการค้า

เมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพพบว่ามีค่าเมธิลลีนบลู 63.6 mg/g ค่าไอโอดีน 958.1 mg/g ในขณะที่ถ่านกัมมันต์เกรดการค้าเท่ากับ 1,394.6 mg/g ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้มีค่าความเป็นกรดต่างเท่ากับ 8.25 ความหนาแน่น 0.37 g/cm³ และค่าเถ้า 93.5% (ตาราง 4) ทั้งนี้จะเห็นได้ว่าภายใต้สภาวะเดียวกันในการผลิตถ่านกัมมันต์เดียวกันอาจจะให้ค่าแตกต่างกันเช่น ค่าเมธิลลีนบลูแตกต่างกันเนื่องจากการสุ่มตัวอย่างซึ่งจะต้องให้ความสำคัญตรงจุดนี้เป็นอย่างมาก สำหรับค่าไอโอดีนที่ได้สอดคล้องกับของ Chen Y. *et al.* 2011 ที่ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุดโดยการ กระตุ้นด้วยโปแตสเซียมคาร์บอเนต โดยสภาวะที่เหมาะสมคือการเผากระตุ้นที่ 900 °C เป็นเวลา 120 นาที ซึ่งจะให้ไอโอดีน 954 mg/g

Table 4 Physical properties of Mangosteen Shell Activated Carbon and Commercial Activated Carbon.

Item	Methylene blue (mg/g)	Iodine number (mg/g)	Density (g/cm ³)	Moisture (%)	pH	Ash (%)
Mangosteen- Activated Carbon	63.6	958.1	0.37	2.9	8.25	93.5
Commercial Activated Carbon	65.7	1,394.6	0.52	7.5	8.81	96.1

สรุปและวิจารณ์ผล

เปลือกมังคุดซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งสามารถนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ได้โดยมีสภาวะในการผลิตคือเผาเปลือกที่ 500 °C เป็นเวลา 120 นาที และสภาวะที่เหมาะสมในการกระตุ้นคือใช้กรดฟอสฟอริกความเข้มข้นร้อยละ 5 (v/v) เวลาแช่กรด 180 นาที โดยมีเวลาและอุณหภูมิการกระตุ้นที่ 700 °C เป็นเวลา 60 นาที ถ่านกัมมันต์ที่ได้มีคุณภาพเทียบเท่ากับถ่านกัมมันต์เกรดการค้า นอกจากนี้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตได้ยังมีความสามารถในการดูดซับน้ำเสียตะกั่วและโครเมียมสังเคราะห์ได้ดี ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Chen *et al.* 2012. ที่ใช้ถ่านกัมมันต์ที่ผลิตจากเปลือกมังคุดดูดซับโลหะหนักได้ โดยดูดซับ Cu (II)

เอกสารอ้างอิง

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร ,2558, มังคุด : เนื้อที่ยืนต้น เนื้อที่ให้ผลผลิต และผลผลิตต่อไร่

ปี 2556 -2558,สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

Chen Y., Huang B., Huang M. , Cai B. 2011. On the preparation and characterization of activated carbon from mangosteen shell. *Journal of the Taiwan Institute of Chemical Engineers*, 42: 837–842.

Chen Y., Huang M. , Chen W. Huang B., 2011. Absorption of Cu(II) from aqueous solution using activated carbon derived from mangosteen sheel. *Bioresources*, 7(4):4965-4975.

Gratuito M.K.B., Panyathanmaporn T.,Chumnanklang R.A. ,Sirinuntawittaya N., Dutta A. .2008.Production of activated carbon from coconut shell: Optimization using response surface methodology. *Bioresource Technology*, 99 : 4887–4895.