

กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอเอทานอล จากเปลือกกล้วยน้ำว้า

Pre-treatment Process for Enhancing the Efficiency of Bioethanol Production from Banana Peel

สุขจี จิตชื่น^{1*} ภาณุพงษ์ จันทวงศ์² ธนาวรรณ สุขเกษม³ และกานต์ แยมพงษ์⁴

Sukajee Jitcheun^{1*} Panupong Jannawong² Tanawan Sukkasem³ and Karn Yampong⁴

^{1*} นักศึกษา สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 67000

โทรศัพท์ติดต่อ 0882823287 E-mail: tan_awan@hotmail.com

² นักศึกษา สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 67000

³ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 67000

⁴ อาจารย์ สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 67000

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้จุดมุ่งหมายเพื่อศึกษากระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้า วิธีที่ใช้ในการศึกษาการปรับสภาพ ได้แก่ การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก การปรับสภาพโดยใช้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ และการปรับสภาพด้วยเอนไซม์เซลลูเลส แล้วนำมาหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี พบว่าการปรับสภาพเปลือกกล้วยด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ สามารถผลิตเอทานอลได้ปริมาณสูงสุด 3.4 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 5.87 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น 0.87 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ส่วนการปรับสภาพด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 1% สามารถผลิตเอทานอลได้ปริมาณต่ำที่สุด 1.2 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดต่าง เท่ากับ 5.53 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เริ่มต้น 0.66 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไบโอเอทานอลได้ดีกว่าการปรับสภาพโดยใช้ความร้อน และการปรับสภาพโดยใช้เอนไซม์ ซึ่งให้ผลผลิตเอทานอลมากกว่า 0.76 และ 2.83 เท่า ตามลำดับ

คำสำคัญ : การปรับสภาพ, ไบโอเอทานอล, เปลือกกล้วยน้ำว้า

Abstract

This research aims to study about pretreatment processes for enhancing the efficiency of bioethanol production from waste of banana peel CV. Kluai Namwa. The method used in the study include pretreatment with 1 M hydrochloric acid, pretreatment with autoclave and pretreatment with 1% enzyme cellulase. fermentation with *Saccharomyces cerevisiae*. Then perform to analysis of physical properties and chemical properties. It was found that the pretreatment with hydrochloric acid to be the highest pretreatment for produce ethanol about 3.4%, pH 5.87, initial of reducing sugar 0.87 mg/ml. The pretreatment with cellulase to be the lowest to produce ethanol about 1.2%, pH 5.53, initial of reducing sugar 0.66 mg/ml.

The pretreatment method with 1 M hydrochloric acid was the most effective to improved production of bioethanol better than pretreatment with autoclave and pretreatment with cellulase, which yields of ethanol more than 0.76 and 2.83 fold, respectively.

Keywords : Pre-treatment, Bioethanol, Banana peel

บทนำ

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของน้ำมันดิบจากธรรมชาติก็ลดน้อยลง ดังนั้นการหาพลังงานทดแทนจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างเร่งด่วน เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่มีความนิยมสูง กระบวนการผลิตเอทานอลเกิดจากการหมักวัตถุดิบประเภทพืช หรือ ผลพลอยได้จากอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอล ส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ เช่น กากน้ำตาล และ มันสำปะหลัง เอทานอลสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลประโยชน์ของการใช้เอทานอลจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศและช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร (โอภาส ชุนทร และ กนกพร สังขรักษ์, 2559) เนื่องจากกล้วยเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศ เนื่องจากมีการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของกล้วยในปริมาณมาก อาทิ การรับประทานผล การใช้ประโยชน์จากใบตองและลำต้นกล้วย การตัดเครือกล้วย เพื่อนำผลมารับประทานนั้นต้องโค่นต้นกล้วยทำให้ลำต้นและเปลือกของกล้วยเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรทำให้เกิดปัญหาต่อสภาพแวดล้อม เช่น ส่งกลิ่นเหม็น ในปัจจุบันเปลือกกล้วยนำมาประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมได้หลากหลายชนิด เช่น การผลิตเอทานอล โปรตีนเซลล์เดียว เยื่อกระดาษ เวชสำอาง ปุ๋ยชีวภาพ ชีวการแพทย์ วิศวกรรมชีวภาพ และกระบวนการทางเทคโนโลยีชีวภาพที่ช่วยทำให้สิ่งแวดล้อมสะอาดขึ้น (Ilori *et al.*, 2007) การผลิตเอนไซม์ cellulase, amylase การผลิต lactic acid การผลิต bioplastic และการผลิตเส้นใย และกระดาษ เป็นต้น (Rana *et al.*, 2018)

ในการทดลองนี้จะนำเปลือกของกล้วยน้ำว้ามาทำการหมักด้วยการปรับสภาพ 3 วิธี คือ การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก การปรับสภาพด้วยเอนไซม์เซลลูเลส การปรับสภาพด้วยการใช้ความร้อน เพื่อย่อยเซลลูโลสจากนั้นนำน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคส เซลโลไบโอส และโอลิโกแซคคาไรด์ ชนิดต่างๆ ที่ได้ในการย่อยเซลลูโลสมาใช้ผลิตเอทานอล ด้วยกระบวนการหมักด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของกล้วยที่จะนำมาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักเพื่อผลิตเป็นเอทานอล โดยทำการศึกษาการปรับสภาพและศึกษาเปลือกกล้วยน้ำว้าในการผลิตเอทานอลซึ่งเป็นการลดต้นทุนการผลิตเอทานอลและเพิ่มมูลค่าของกล้วยน้ำว้า

วัสดุและวิธีการ

การเตรียมตัวอย่างเปลือกกล้วยน้ำว้า

ล้างเปลือกกล้วยให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นขนาด 2-3 เซนติเมตร จากนั้นอบให้แห้ง (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เวลา 1 วัน ทิ้งไว้ให้เย็น แล้วนำเปลือกกล้วยที่แห้งแล้วไปบดด้วยเครื่องบด ร่อนด้วยตะแกรง ชั่ง 300 กรัม ใส่ถุงซิปล็อคเก็บไว้ในตู้ดูดความชื้น

การย่อยสลายเซลลูโลสด้วยวิธีการปรับสภาพ

การปรับสภาพมี 3 วิธี คือ

ทางเคมี นำเปลือกกล้วยแช่ด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1 โมลาร์ ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 (เปลือกกล้วย 100 กรัม ต่อ สารละลายกรดไฮโดรคลอริก 1000 มิลลิลิตร) ที่อุณหภูมิห้อง โดยให้สารละลายกรด ท่วมเปลือกกล้วยตลอดเวลา เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

ทางกายภาพ นำเปลือกกล้วยผสมกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 (เปลือกกล้วย 100 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร) นำไปให้ความร้อนด้วยเครื่อง autoclave ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อ ตารางนิ้ว เป็นเวลา 1/2 ชั่วโมง

การใช้เอนไซม์ นำเปลือกกล้วยผสมกับน้ำกลั่น ในอัตราส่วน 1 ต่อ 10 (เปลือกกล้วย 100 กรัม ต่อน้ำกลั่น 1000 มิลลิลิตร) เติมเอนไซม์เซลลูเลส 10 มิลลิลิตร แช่ไว้เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

การเตรียมหัวเชื้อ *Saccharomyces cerevisiae*

นำเชื้อ *S. cerevisiae* มาเลี้ยงบนอาหาร PDA บ่มที่อุณหภูมิ 38 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน ถ่ายเชื้อ *S. cerevisiae* ในอาหาร PDB บ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 วัน

การหมักเอทานอล

นำเปลือกกล้วยทั้งหมดที่ผ่านการย่อยสลายเซลลูโลสด้วยวิธีการปรับสภาพแล้วมาฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว ทิ้งไว้ให้เย็นใส่เชื้อยีสต์ *S. cerevisiae* ลงไป 2 ลูกป ใช้ระยะเวลาในการหมัก 18 วัน จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ค่าความเป็นกรดต่าง (pH) ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ปริมาณแอลกอฮอล์ (Alcohol content) ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ (Total soluble solid) และวัดค่าสี (Colour) โดยเก็บตัวอย่างวิเคราะห์ผลการทดลองทุกๆ 3 วัน จำนวน 3 ซ้ำ จนสิ้นสุดกระบวนการหมัก

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

นำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์ทางกายภาพและทางเคมี มาวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้สถิติทดสอบเปรียบเทียบความแปรปรวนทางเดียว (One way ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ($P < 0.05$)

ผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ

จากการศึกษากระบวนการกระบวนการปรับสภาพเปลือกกล้วยน้ำว้าเพื่อนำมาเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอเอทานอล มี 3 วิธี คือ การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก การปรับสภาพด้วยเอนไซม์ และ

การปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยวิธีการนึ่งอัดความดันไอน้ำ หลังจากนั้นนำเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลโดยการหมักด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* เป็นเวลา 18 วัน โดยเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน จำนวน 7 ครั้ง จากนั้นวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพ คือ การวัดค่าสีของเอทานอลที่ได้จากการหมักเปลือกกล้วย พบว่าน้ำหมักที่ได้จากการปรับสภาพเปลือกกล้วยด้วย กรดไฮโดรคลอริกจะมีสีคล้ำออกสีเขียวเข้ม ส่วนเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยเอนไซม์เซลลูเลสสีน้ำหมักที่ได้จะมีสีค่อนข้างสว่างสีเหลืองอ่อน ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการวัดค่าสีของเอทานอลจากเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพทั้ง 3 วิธี

Parameter	Pretreatment method		
	HCl	Autoclave	Cellulase
L	0.32±0.00 ^a	8.06±0.00 ^a	10.32±0.00 ^a
a*	1.23±0.00 ^a	4.28±0.00 ^a	3.45±0.00 ^a
b*	0.55±0.00 ^a	12.33±0.00 ^a	15.00±0.00 ^a

^{a-c}ตัวอักษรที่กำกับที่เหมือนกันตามแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

จากการศึกษากระบวนการหมักเอทานอลด้วยเชื้อด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* จากเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพ 3 วิธี คือ การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก การปรับสภาพด้วยเอนไซม์ และการปรับสภาพด้วยความร้อนด้วยวิธีการนึ่งอัดความดันไอน้ำ หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมักเป็นเวลา 18 วัน ทำการเก็บตัวอย่างทุก ๆ 3 วัน จำนวน 7 ครั้ง เพื่อนำมาวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี ได้แก่ ปริมาณแอลกอฮอล์ (%v/v) ค่าความเป็นกรดต่าง ปริมาณของแข็งที่ละลายได้ ($^{\circ}$ Brix) และปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (mg/ml) แสดงดังตารางที่ 2

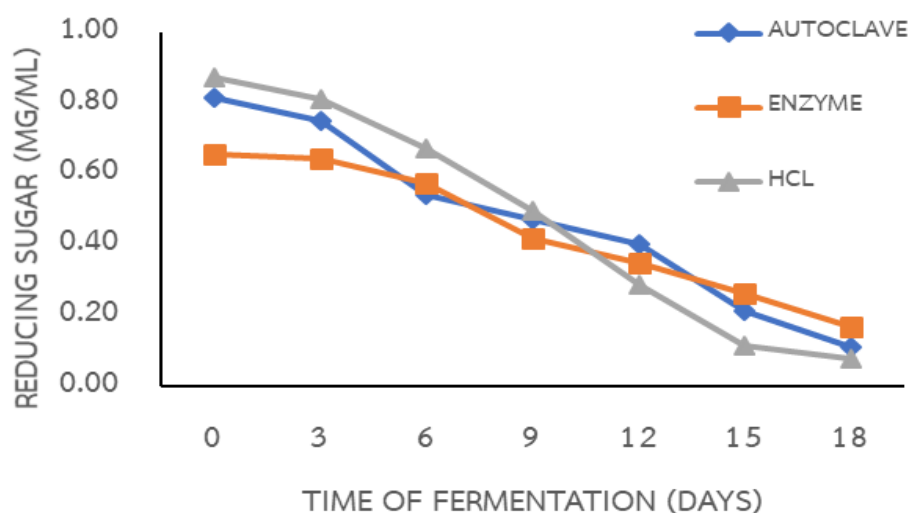
ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของเอทานอลจากเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพทั้ง 3 วิธี หลังจากสิ้นสุดกระบวนการหมัก (18 วัน)

Parameter	Pretreatment method		
	HCl	Autoclave	Cellulase
pH	5.87±0.01 ^a	5.46±0.00 ^a	5.53±0.01 ^a
TSS (Brix)	6±0.00 ^a	5±0.00 ^b	5±0.00 ^b
Alcohol (degree)	3.4±0.02 ^a	2.6±0.01 ^b	1.2±0.02 ^c
Reducing sugar (mg/ml)	0.08±0.04 ^c	0.11±0.03 ^b	0.17±0.01 ^a

^{a-c}ตัวอักษรที่กำกับที่แตกต่างกันตามแนวนอนเดียวกันแสดงถึงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

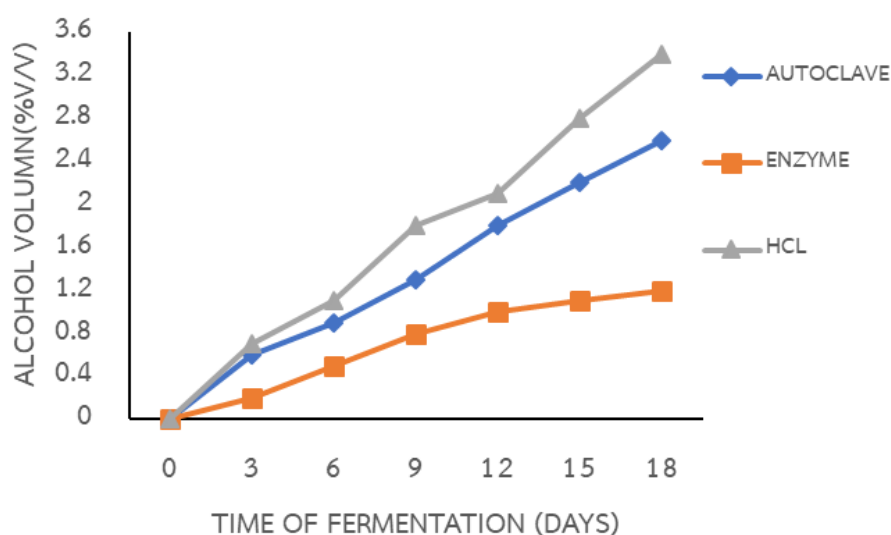
จากตารางที่ 2 พบว่าเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกความเข้มข้น 1 โมลาร์ สามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุดเมื่อสิ้นสุดระยะเวลาการหมัก 1.67 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรดต่าง 5.87±0.01

ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 0.08 ± 0.04 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 6.0 ± 0.00 องศาบริกซ์ ส่วนการปรับสภาพด้วยเอนไซม์เซลลูเลส 1% จะสามารถผลิตเอทานอลได้ปริมาณน้อยที่สุด 1.20 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.53 ± 0.01 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 0.17 ± 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 5.0 ± 0.00 องศาบริกซ์ และการปรับสภาพเปลือกกล้วยโดยการให้ความร้อนด้วยวิธีการนึ่งด้วยความดันไอน้ำ (Autoclave) สามารถผลิตเอทานอลได้ 2.60 เปอร์เซ็นต์ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง 5.46 ± 0.00 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ 0.11 ± 0.03 มิลลิกรัมต่อลิตร และปริมาณของแข็งที่ละลายได้ เท่ากับ 5.0 ± 0.00 องศาบริกซ์



ภาพที่ 1 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากการหมักเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการปรับสภาพทั้ง 3 วิธี

จากภาพที่ 1 พบว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จะมีค่าลดลงตามระยะเวลาการหมัก เปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกจะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าวิธีการปรับสภาพด้วยความร้อน และการปรับสภาพด้วยเอนไซม์



ภาพที่ 2 ปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้จากการหมักเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้าที่ผ่านการปรับสภาพทั้ง 3 วิธี

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมักเอทานอลเป็นระยะเวลา 18 วัน พบว่าปริมาณเอทานอล ดังภาพที่ 2 จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการหมัก และพบว่าเปลือกกล้วยที่ผ่านการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกจะสามารถผลิตเอทานอลได้ปริมาณสูงที่สุด รองลงมาได้แก่ การปรับสภาพด้วยความร้อน ส่วนการปรับสภาพด้วยเอนไซม์จะให้ผลผลิตเอทานอลในปริมาณต่ำที่สุด ซึ่งให้ผลสอดคล้องกับปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่คงเหลือ

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษากระบวนการกระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกกล้วยน้ำว้า ทั้ง 3 วิธี คือ การปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริก การปรับสภาพด้วยเอนไซม์ และการปรับสภาพด้วยความร้อน โดยทำการเปรียบเทียบปริมาณเอทานอลที่ผลิตได้ โดยการหมักด้วยยีสต์ *S. cerevisiae* โดยทำการเก็บผลผลิตเอทานอลเป็นเวลา ทุก ๆ 3 วัน เป็นเวลา 18 วัน พบว่า วิธีการปรับสภาพด้วยกรดไฮโดรคลอริกสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตไบโอเอทานอลได้ดีกว่าการปรับสภาพโดยใช้ความร้อน และการปรับสภาพโดยใช้เอนไซม์เพียงอย่างเดียว ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Arumugam และ Manikandan (2011) โดยการปรับสภาพเปลือกกล้วยด้วยกรดซัลฟูริกเจือจางจะช่วยเพิ่มปริมาณเอทานอลได้สูงสุด 13.84% นอกจากนี้ยังพบว่าเปลือกกล้วยและเปลือกสับปะรดมีศักยภาพในการใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลในปริมาณ 8.34% (v/v) และ 7.45% (v/v) อย่างมีนัยสำคัญ (Itelima *et al.*, 2013) ซึ่งเป็นวิธีการปรับสภาพที่สามารถเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตไบโอเอทานอลจากเปลือกกล้วยที่เหลือทิ้งได้สูงขึ้น การศึกษาครั้งนี้ใช้เป็นแนวทางเลือกหนึ่งที่ช่วยลดปริมาณขยะในสิ่งแวดล้อม และนำมาเพิ่มมูลค่าให้เกิดประโยชน์ อีกทั้งยังเป็นแนวทางหนึ่งในการเลือกวัตถุดิบที่เหลือทิ้งทางการเกษตรมาผลิตไบโอเอทานอลทำให้ต้นทุนในการผลิตลดต่ำลง

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนาวรรณ สุขเกษม ที่ให้ทุนสนับสนุนในการวิจัย อนุเคราะห์การใช้เครื่องมือ และให้คำปรึกษาชี้แนะมาด้วยดีตลอดจนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- รัชพล พะวงศ์รัตน์. (2554). การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสตผักตบชวาโดยหมอนึ่งไอน้ำแรงดันสูงเพื่อผลิตเอทานอล. Veridian E-Journal SU, 4(1), 891-901.
- รัชพล พะวงศ์รัตน์. (2558). กระบวนการปรับสภาพเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลส. Veridian E-Journal SU, 2(1), 143-157.
- เบญจมาศ ศิลาย้อย. (2558). กล้วย. พิมพ์ครั้งที่ 3 กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- โอภาส ชุนทร และกนกพร สังข์รักษ์. (2559). *การผลิตเอทานอลและการนำของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลไปใช้ประโยชน์*. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 19(2), 1-8.
- Arumugam, R. and M. Manikandan. (2011). *Fermentation of pretreated hydrolyzates of banana and mango fruit wastes for ethanol production*. Asian Journal of Biological Science, 2(2), 246-256.
- Rana, G.K., Y. Singh, S.P. Mishra and H.K. Rahangdale. (2018). *Potential use of banana and its by-products: A review*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 7(6), 1827-1832.
- Ilori, M.O., S.A. Adebuseye, A.K. lawal and O.A. Awotiwon. (2007). *Production of biogas from banana and plantain peels*. Advance in Environmental Biology, 1(1), 33-38.
- Itelima, J., F. Onwuliri, E. Onwuliri, I. Onyimba and S. Oforji. (2013). *Bio-ethanol production from banana, plantain and pineapple peels by simultaneous saccharificaion and fermentation process*. International Journal of Environmental Science and Development, 4(2), 213-216.
- Jadhav, S.A., P.K. Kataria, K.K. Bhise and S.A. Chougule. (2013). *Amylase production from potato and banana peel waste*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. 2(11), 410-414.