

การจัดการทรัพยากรชีวมวลที่เหมาะสมสู่การลงทุนในอุตสาหกรรมผลิตเอทานอล

The optimal of Biomass Resource Management to ethanol production of industrial Investment

อดุลย์สมาน สุขแก้ว^{1*}, ปานทิพย์ บุญส่ง², ฐกฤต ปานชลธิ¹, ปรีดา จันทวงษ์³, พิสุทธิ์ แทนทอง¹, เทวฤทธิ์ วาฤทธิ์¹, สุวิจักขณ์ สุวรรณหิรัญกุล⁴ และ ญัฐพัชร์ ศิริภัทรปิยพาน¹

¹สาขาการจัดการพลังงานและสิ่งแวดล้อม วิทยาลัยเทคโนโลยีสยาม เลขที่ 46 ถนนจรัญสนิทวงศ์ 10 แขวงท่าพระ เขตบางกอกใหญ่ กรุงเทพมหานคร 10600

²ภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์และสังคม วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

³หลักสูตรเทคโนโลยีวิศวกรรมพลังงาน วิทยาลัยเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ 1518 ถนนประชาราษฎร์ 1 แขวงวงศ์สว่าง เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800

⁴นักวิจัยอิสระทางการลงทุน ที่อยู่ 83/301 ถนนพญาไท เขตราชเทวี กรุงเทพมหานคร 10400

*ผู้ติดต่อ: adulsman.s@hotmail.com, 084-2661740

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยมุ่งเน้นถึงการประเมินความคุ้มค่าในการผลิตเอทานอลสู่ชุมชนโดยใช้พืชชีวมวล 4 ชนิด ได้แก่ ฟางข้าว (*Oryza sativa* L.) หนุ่ย (*Chylocheilichthys apogon*) ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) และ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*) แล้วศึกษาค่าปัจจุบันสุทธิ (NPV) และ ระยะเวลาคืนทุน (PB) พบว่า พืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด สามารถสร้างกำไรในปีแรกได้มากถึงประมาณ 400,000 บาท ต่อปี ซึ่งมีระยะเวลาการคืนต้นทุนประมาณเดือนที่ 5 ถึง เดือนที่ 7 เท่านั้น แต่ฟางข้าวจัดเป็นพืชที่ให้ ผลกำไร ค่า NPV และ PB ของปีที่ 1 เท่ากับ 604,800 บาท 391,144.31 และ 0.41 ปี ตามลำดับ ซึ่งเป็นผลการเปรียบเทียบดีที่สุดเมื่อเทียบกับพืชกลุ่มอื่นในช่วงเวลาเดียวกัน อย่างไรก็ตามถ้ามีการจัดการพืชชีวมวล ทั้ง 4 ชนิด อย่างเหมาะสม ก็เป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถช่วยส่งเสริมให้ชุมชนมีความเข้มแข็ง และยั่งยืน นอกจากนี้ยังสามารถลดวัสดุที่เหลือทิ้งทางการเกษตร และวัชพืช และสามารถแก้ไขวิกฤติพลังงานอีกทางหนึ่ง

คำหลัก: พืชชีวมวล, การลงทุน, เอทานอล

Abstract

The objective of this study is to assess cost effectiveness in ethanol production by using 4 biomass namely Rice straw (*Oryza sativa* L.), Grass(*Chylocheilichthys apogon*), Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) and Water hyacinth (*Eichhornia crassipes*). Net Present Value (NPV) and Break Event Point (PB) were studied and they find that the 4 biomass could create benefit approximately 400,000 baht per year in the first year. The payback period is approximately only five months to seven months. But rice straw was profitable crop which has NPV and PB in the first year as 604,800 baht, 391,144.31 and 0.41 years, respectively. The comparison was best compared to other plants in the same period. However, if four types of biomass were properly managed, it would be a mean to support robustness and sustainability of the community. It can also reduce agricultural waste and weeds. It can solve the energy crisis as an alternative avenue.

Keywords: Biomass, Investment, ethanol

1. บทนำ

ประเทศไทยจัดเป็นประเทศเกษตรกรรมที่มีทรัพยากรธรรมชาติเป็นจำนวนมาก เช่น ป่าไม้ ต้นไม้ มูลสัตว์ สาหร่าย นอกจากนี้ยังมีพืชเกษตรกรรมและเป็นวัชพืชจำนวนมากโดยเฉพาะพืชกลุ่ม พางข้าว หญ้า ปาล์ม และ ผักตบชวา ซึ่งเป็นพืชชีวมวลที่เป็นปัญหาต่อเกษตรกร และยากต่อการกำจัด โดยส่วนใหญ่แล้วในกลุ่มพืชดังกล่าวไม่ค่อยนิยมนำไปประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรม นอกจากนี้เกษตรกรมักนำพืชดังกล่าวนำไปกำจัดไม่ถูกวิธี ส่งผลกระทบต่อชั้นบรรยากาศและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม[1,2] การที่นำเศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและวัชพืชนำมาจัดการที่เหมาะสม ก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถสร้างมูลค่าเพิ่มขึ้นและช่วยจัดการทรัพยากรที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อเกษตรกร โดยทั่วไปแล้วในทรัพยากรที่เป็นวัสดุเศษเหลือทิ้งล้วนมีค่าถ้าหากมีการพัฒนา หรือแปรรูปให้ได้ผลิตภัณฑ์และสามารถตอบสนองต่อชุมชนและอุตสาหกรรมได้ ซึ่งในพืชชีวมวลกลุ่มดังกล่าวล้วนเป็นไม้เนื้ออ่อนที่มีองค์ประกอบของลิกโนเซลลูโลสที่ประกอบด้วยเซลลูโลส (20-30 เปอร์เซ็นต์) เฮมิเซลลูโลส (30-50 เปอร์เซ็นต์) และ ลิกนิน(5-15 เปอร์เซ็นต์) และพืชกลุ่มดังกล่าวสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่นใช้เป็นปุ๋ยหมัก ใช้ผลิตน้ำหมักชีวภาพ ผลิตก๊าซชีวภาพด้วยวิธีการเผาไหม้ และผลิตไบโอเอทานอล เป็นต้น[3-8] ในไบโอเอทานอลจัดเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์แบบสภาวะที่ไม่มีอากาศหรือมีอากาศน้อยๆ โดยใช้น้ำตาลเป็นสับสเตรทเริ่มต้นในกระบวนการหมัก จากนั้นก็ผ่านกระบวนการกลั่นเพื่อได้บริสุทธิ์ต่อไป ซึ่งในกระบวนการผลิตเอทานอลนั้นมีปัญหาในเรื่องต้นทุนที่สูงและไม่คุ้มค่าต่อการผลิต ซึ่งปัญหาส่วนใหญ่ในการจัดการพืชชีวมวลดังกล่าวสู่การเกิดผลิตภัณฑ์ให้มีมูลค่าที่สูงนั้นเป็นไปได้ยากและไม่มีความคุ้มค่าในการลงทุนไม่

ว่าจะเป็นส่วนอุตสาหกรรมของชุมชน และอุตสาหกรรมในระดับพาณิชย์ทั่วไป ดังนั้นในงานวิจัยมุ่งเน้นในเรื่องการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนโดยศึกษาค่าปัจจุบันสุทธิ (Net Present Value : NPV) และ ระยะเวลาคืนทุน (Payback period : PB) และการจัดหาแหล่งทรัพยากรพืชชีวมวลที่เหมาะสมของสู่การผลิตเอทานอลต่อไป

2. วัสดุและวิธีดำเนินการวิจัย

2.1 วัตถุดิบที่ใช้ประกอบการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุน

จัดหาแหล่งพืชชีวมวล ประกอบด้วย ฟางข้าว (*Oryza sativa* L.) หญ้า (*Chylocheilichthys apogon*) ปาล์มน้ำมัน (*Elaeis guineensis* Jacq.) และ ผักตบชวา (*Eichhornia crassipes*)

2.2 การประเมินผลความคุ้มค่าในการลงทุน

ในการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนโดยคำนวณจากวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการแปรรูปสภาพเริ่มต้นโดยทำการตากแดดเพื่อการจัดความชื้นจากนั้นทำการตัดและบดให้มีความละเอียดมากขึ้นจากนั้นเริ่มต้นย่อยโดยเอนไซม์ลิกโนเซลลูเลสเพื่อสลายโมเลกุลขนาดใหญ่ให้มีขนาดเล็กลงแล้วทำการหมักโดยใช้ *Saccharomyces cerevisiae* แล้วนำมาคำนวณแนวโน้มของการประเมินผลโดยศึกษามูลค่าปัจจุบันสุทธิ หรือ NPV ตามสมการที่ 1 [9,10] และ ระยะเวลาคืนทุนตามสมการที่ 2 [11-14]

$$NPV = -C_0 + \sum_{i=1}^T \frac{C_i}{(1+r)^i}$$

(1)

โดยที่

C_0 = เงินลงทุนเริ่มแรก

C = กระแสเงินสด

R = อัตราคิดลด (Discount Rate)

T = ระยะเวลา (อายุของโครงการ)

ระยะเวลาคืนทุน = กระแสเงินสดจ่ายลงทุน

(2)

กระแสเงินสดสุทธิรายปี

3. ผลและวิจารณ์การทดลอง

จากการศึกษาพืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด คือ ฟางข้าว หญ้า ปาล์มน้ำมัน และ ผักตบชวา ซึ่งเป็นพืชที่มีอยู่มากในประเทศไทย และยากต่อการกำจัดที่เหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยนี้พยายามหาแนวทางและวิธีที่ดีที่สุดที่สามารถจัดการพืชชีวมวลดังกล่าวโดยมีการคำนึงถึงต้นทุนและผลผลิตที่คาดว่าจะได้รับเป็นหลัก ซึ่งในข้อมูลเบื้องต้นของชีวมวลแต่ละชนิดที่ได้ทำการศึกษาคือ ฟางข้าว เป็นพืชวัสดุเศษเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีจำนวนมากโดยมีผลผลิต ประมาณ 30-40 ล้านตัน ต่อปี [5] ซึ่งพืชดังกล่าวเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวซึ่งมีองค์ประกอบที่เป็นเซลลูโลส (30-50 เปอร์เซ็นต์) และเฮมิเซลลูโลส (18-35 เปอร์เซ็นต์) จำนวนมาก [3,4] ส่วนหญ้า จัดเป็นวัชพืชที่มีมากโดยมักเจริญในแหล่งที่มีความชื้นสูง ใน ณ ปัจจุบันปริมาณหญ้าที่มีอยู่ครอบคลุมพื้นที่ในประเทศไทยประมาณ 15-40 เปอร์เซ็นต์ ของพื้นที่ทั้งหมด [5,6] โดยมีองค์ประกอบของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลส เท่ากับ 20-30 และ 18-35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนปาล์มน้ำมันจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่ใช้ในการผลิตเพื่อประยุกต์ใช้เป็นพลังงานทดแทนเป็นส่วนมากโดยเฉพาะพลังงานไบโอดีเซล ซึ่งเป็นพลังงานที่จำเป็นในการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องยนต์ ซึ่งมีหลายปาล์มเป็นผลพลอยได้จากกระบวนการดังกล่าวซึ่งมีปริมาณเซลลูโลสประมาณ 30-55 เปอร์เซ็นต์ และ เฮมิเซลลูโลส เท่ากับ 20-30 เปอร์เซ็นต์ ส่วน ผักตบชวาจัดได้ว่าเป็นวัชพืชที่มีอยู่มากที่ไม่ค่อยได้ใช้ประโยชน์อย่างเป็นรูปธรรมและมีปัญหาในเรื่องการคมนาคมขนส่งทางน้ำและยากต่อการกำจัดและจัดการที่เหมาะสม ซึ่งในงานวิจัยจะเป็นช่องทางที่นำเสนอการเปลี่ยนวัสดุликโนเซลลูโลสสู่การผลิตเอทานอลซึ่งเป็นพลังงานทดแทนที่สามารถใช้ประโยชน์ได้ทั้งในปัจจุบันและในอนาคต ในขั้นตอนของการจัดการพืชดังกล่าวมีหลากหลายวิธีแต่ล้วนเป็นวิธีการที่มีทำให้เกิดการสิ้นเปลืองของพลังงานในระหว่างของกระบวนการผลิตไม่ว่าจะเป็นกระบวนการอบแห้ง การบด การย่อยสลาย กระบวนการหมัก และกระบวนการกลั่น ทั้งนี้ในการประเมินในงานวิจัยได้ทำการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนโดยเลือกใช้กระบวนการที่มีต้นทุนในการผลิตที่ต่ำ ซึ่งในขั้นตอนแรกที่ใช้ในการเรื่องของการประเมินผลคือการอบแห้ง โดยในกระบวนการอบแห้งส่วนใหญ่มักนิยมใช้เครื่องอบลมร้อนซึ่งจะสิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างสูง ซึ่งในแนวทางแก้ไขเบื้องต้นอาจทำได้โดยการตากแดดโดยใช้พลังงานแสงอาทิตย์ และควบคุมพื้นที่ที่ได้รับแสงตามความเหมาะสม ซึ่งต้นทุนที่ใช้เรื่องของการจัดการอบแห้งอาจเสียในเรื่องของภาชนะที่ใช้สำหรับอบแห้ง เมื่อตัวอย่างแห้งในส่วนต่อมาคือการบดให้ละเอียดส่วนนี้อาจกระทำโดยต้องใช้เครื่องปั่นและบดที่สามารถให้พืชชีวมวลมีความละเอียดมากขึ้น และ ทำการร่อนด้วยตะแกรงซึ่งสามารถทำให้ได้โมเลกุลที่มีขนาดเล็กและเท่าๆกัน แต่ในเรื่องปัญหาของวัตถุบดอย่างปาล์ม น้ำมันที่ใช้สำหรับการปั่นและบดจะมีลักษณะแข็งเนื่องจากเป็นไม้เนื้อแข็งแต่อย่างไรก็ตามถ้าหากมีการสร้างเครื่องที่มีต้นทุนต่ำและเหมาะสมในการปั่นและบดตัวอย่างก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถลดต้นทุนและช่วยในการจัดการปัญหาเรื่องดังกล่าวได้ และเมื่อเข้าสู่กระบวนการย่อย สลายสามารถประยุกต์ใช้หลายวิธีการแต่หลายวิธีก็มีส่วนในเรื่องของการตกค้างของสารเคมี และเรื่องของการใช้ทรัพยากรที่สิ้นเปลืองการแต่

ถ้ากลับมามองในเรื่องกลไกในการสลายทางชีวภาพอย่างมีการใช้เอนไซม์จากเชื้อราที่เป็นแนวทางหนึ่งที่จะสามารถสลายพันธะของโครงสร้างลิกโนเซลลูโลส ให้มีขนาดโมเลกุลเล็กลง และสามารถนำส่วนทั้งหมดของสารละลายและกากนำไปใช้งานต่อด้วยกระบวนการหมักแบบเบ็ดเสร็จ (Bach Fermentation) ด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* เมื่อได้น้ำหมักที่มีกลีเซอรอลที่เหมาะสมต่อการทำให้เข้มข้นด้วยวิธีการกลั่นซึ่งการกลั่นนั้นจะเป็นส่วนช่วยให้เอทานอลมีความบริสุทธิ์มากยิ่งขึ้น ซึ่งในการคำนวณต้นทุนของพืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิดจะมีการคิดทุกส่วนของจากกระบวนการเริ่มต้นจนถึงสิ้นสุดกระบวนการ แล้วนำผลโดยรวมทุกส่วนมาคำนวณเพื่อดูความเป็นไปได้ในการลงทุนสู่ชุมชนเพื่อให้ได้ผลผลิตของเอทานอลและส่วนที่เหลือจากกระบวนการผลิตเอทานอลนำไปใช้ประโยชน์และทำให้มีมูลค่าที่สูงขึ้น เช่น ทำเป็นปุ๋ยชีวภาพ น้ำหมักชีวภาพ เป็นต้น โดยผลการประเมินในส่วนต้นทุนนั้นได้แสดงตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ต้นทุนในการผลิตเอทานอลจากพืชชีวมวลด้วย *S. cerevisiae* เทียบต่อปี

รายการ	หน่วย	ต้นทุนของ ฟางข้าว (บาท)	ต้นทุนของ หญ้า (บาท)	ต้นทุนของ ปาล์มน้ำมัน (บาท)	ต้นทุนของ ผักตบชวา (บาท)
พืชชีวมวล(น้ำหนักรวม) + ค่าขนส่ง	1 ตัน	1,000	500	1,500	500
เชื้อรา (กลุ่ม White rot fungi)	1 สายพันธุ์	400	400	400	400
<i>S. cerevisiae</i>	1 สายพันธุ์	400	400	400	400
ถังพลาสติกปากแคบ ขนาด 20 ลิตร	50 ขวด	4,000	4,000	4,000	4,000
เครื่องบดตัวอย่าง	1 เครื่อง	80,000	80,000	80,000	80,000
เครื่องกรองน้ำ	1 เครื่อง	6,000	6,000	6,000	6,000
เครื่องกลั่น	1 เครื่อง	70,000	70,000	70,000	70,000
Sodium meta-bisulfite ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_5$)	1 กิโลกรัม	150	150	150	150
อื่นๆ	-	10,000	10,000	10,000	10,000
	รวม	171,950	171,450	172,450	171,450

จากตารางที่ 1 ต้นทุนที่ใช้จากกระบวนการเริ่มต้นสู่ผลิตภัณฑ์เอทานอล พบว่ามีมูลค่าที่สูงซึ่งโดยรวมแล้วในทางปฏิบัติในการลงทุนเพื่อความคุ้มค่าจะเน้นในเรื่องของเครื่องมือที่ใช้ในการผลิตเริ่มต้นของพืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด จะมีความใกล้เคียงกัน คือ ประมาณ 170,000 บาท การที่นำส่วนดังกล่าวมาประยุกต์ใช้ให้ได้นั้นจำเป็นต้องมีปัจจัยอื่น ๆ ร่วมกันไม่ว่าจะเป็นเรื่องแหล่งที่ตั้ง สภาพภูมิอากาศ สภาพที่เหมาะสมในการหมัก เทคนิคที่เกี่ยวกับการอบแห้ง กระบวนการกลั่นที่เหมาะสม เป็นต้น การลงทุนในปีแรกจะมีการลงทุนในอัตราที่สูงแต่ในปีต่อไปจะมีการลงทุนที่ต่ำลงเนื่องมีการลดต้นทุนในเรื่องวัสดุและอุปกรณ์ ทั้งนี้ในส่วนอัตราเพิ่มของการผลิตสามารถส่งเสริมในเรื่องปริมาณและอัตราการผลิตที่สูงขึ้นและสามารถหาวิธีการที่เหมาะสมในกระบวนการของการผลิตและการต่อยอดเพื่อให้ได้เอทานอลและน้ำหมักที่มีคุณภาพและเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภค ซึ่งจากข้อมูลดังกล่าวมีความใกล้เคียงกับงานวิจัยของศรีอุบล ทองประดิษฐ์และคณะ (2558) [15] ที่ได้ทำการศึกษาในเรื่องของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลสู่การลงทุนในอุตสาหกรรมเอทานอลซึ่งผลที่ได้ก็มีความคุ้มค่าเพราะจะเป็นการตัดปัจจัยบางส่วนโดยเฉพาะปัจจัยในเรื่องของการอบแห้งและการย่อยสลาย ซึ่งในงานวิจัยนี้ก็เป็นจุดที่ต่อการส่งเสริมการประยุกต์ใช้ทรัพยากรที่ไม่มีประโยชน์ให้เกิดเป็นเอทานอลซึ่งเป็นสารผลิตภัณฑ์ที่ก่อให้เกิดประโยชน์ได้ อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติก็ต้องมีส่วนที่ทำให้เกิดการสูญเสียในเรื่องของการใช้พลังงานไฟฟ้า และการใช้น้ำในระหว่างกระบวนการผลิตเอทานอลดังกล่าว ซึ่งเมื่อคำนวณถึงค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าน้ำที่มีค่าประยุกต์ใช้ของลิโกลเซลลูโลซิกในรอบ 1 ปี พบว่า ค่าไฟฟ้าและค่าน้ำที่มีการประยุกต์จะมีต้นทุนที่ไม่สูงมากนัก ประมาณ 3,000 – 5,000 บาท เท่านั้น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าพลังงานไฟฟ้าและค่าน้ำโดยประมาณจากกระบวนการผลิตเอทานอลจากพืชชีวมวล ทั้ง 4 ชนิด

รายการ	หน่วยเวลา	หน่วย	ต้นทุน (บาท)
ค่าไฟฟ้าจากกระบวนการปั่นและบดแห้ง (1,000 วัตต์)	100 กิโลกรัมของการบดตัวอย่างแห้ง ใช้เวลา ปั่นและบดตัวอย่าง 5 ชั่วโมง ต่อวัน (คิด 350X5 ชั่วโมง เท่ากับ 1750)	หน่วยไฟฟ้า 0.5896 บาทต่อหน่วย (การไฟฟ้านครหลวง)	1,031.80
ค่าไฟฟ้าจากกระบวนการกลั่น (Heater 500 วัตต์)	กลั่น 12 ชั่วโมงต่อวัน ใน 1 ปี กลั่นได้ 350 วัน คิดเป็น 4,200 ชั่วโมง	หน่วยไฟฟ้า 0.5896 บาทต่อหน่วย (การไฟฟ้านครหลวง)	1,238.16

ค่าน้ำ	ใช้ 108 ลิตรต่อวัน ใน 350 วัน เท่ากับ 37.80 ลูกบาศก์เมตร	1 หน่วยน้ำเท่ากับ 8.50 (การประปา นครหลวง)	321.3
		รวม	2,591.26

จากข้อมูลในการคำนวณเพื่อหาปริมาณเอทานอลโดยเทียบกับ Yield เอทานอลที่คาดว่าจะได้ในแต่ละพืชชีวมวลในแต่ละชนิดโดยวัดจากปริมาณสารละลายน้ำตาลที่คาดว่าจะได้รับที่ผ่านจากกระบวนการหมักซึ่งผลในการศึกษาข้อมูลพบว่าในตัวอย่างที่มีเซลลูโลสสูงความน่าจะเป็นในการย่อยสลายจากเชื้อราได้ดี [12] นอกจากนี้ในสารละลายดังกล่าวที่มีอะตอมที่มีคาร์บอน 6 หน่วยอะตอมสามารถเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ดีกว่าเมื่อเทียบกับสารละลายน้ำตาลที่เป็นกลุ่มไซโลส [13,14] อย่างไรก็ตามจากข้อมูลที่สามารถ ผลิตเอทานอลได้สูงน่าจะเป็นพืชกลุ่มฟางข้าวเพราะมีปริมาณเซลลูโลสที่สูงเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่นๆ และความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลได้สูงเช่นกันเพราะจากกลไกของปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการหมักโดยมีเอนไซม์แอลกอฮอล์ดีไฮโดรจีเนสสามารถเปลี่ยนให้ได้เป็นเอทานอลซึ่งเชื้อ *S. cerevisiae* สามารถหมักโดยใช้คาร์บอน 6 อะตอมได้ดี ดังนั้นความเป็นไปได้ที่สามารถผลิตปริมาณเอทานอลได้สูง และนอกจากนี้ยังเป็นพืชที่สามารถย่อยสลายได้ง่ายโดยเชื้อราอีกด้วย ซึ่งผลการประเมินรายได้ต่อปีจากผลผลิตในเบื้องต้นในปริมาตรที่ได้เท่ากับ 25,200 ลิตร ด้วยวิธีการหมักแบบเบ็ดเสร็จฟางข้าวมีประสิทธิภาพที่ดีต่อการผลิตเอทานอลที่ดีกว่าพืชในสายพันธุ์อื่นๆ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 รายได้ต่อปีจากผลผลิตจำนวน 25,200 ลิตร ที่ได้จากกระบวนการหมักแบบเบ็ดเสร็จ ของพืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด

ผลผลิตที่ได้	ราคาน้ำหมักจากฟางข้าว(บาท)	ราคาน้ำหมักจากหญ้า (บาท)	ราคาน้ำหมักจากปาล์มน้ำมัน (บาท)	ราคาน้ำหมักจากผักตบชวา (บาท)
เอทานอล	60 % (15,120 ลิตร) 453,600 บาท	30% (7,560ลิตร) 226,800 บาท	40% (10,080 ลิตร) 302,400 บาท	50 % (12,600 ลิตร) 378,000 บาท
น้ำหมัก	40 % (10,080 ลิตร) 151,200 บาท	70% (17,640 ลิตร) 264 , 600 บาท	60% (15,120 ลิตร) 226,800 บาท	50 % (12,600 ลิตร) 189,000 บาท
รวม	604,800	491,400	529,200	567,000

หมายเหตุ กำหนด 1 ลิตรเอทานอล เท่ากับ 30 บาท และ กำหนด 1 ลิตรของน้ำหมัก เท่ากับ 15 บาท[11]

จากตารางที่ 3 พบว่าความคุ้มค่าที่มีการใช้พืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด มีความใกล้เคียงกันแต่ในแง่ของการผลิตเอทานอลนั้นขึ้นกับปัจจัยหลาย ๆ ปัจจัยเป็นองค์ประกอบ อาทิ ปัจจัยทางด้านจุลินทรีย์ที่ใช้ในการย่อย ปัจจัยของจุลินทรีย์ที่ใช้ในการหมัก การเตรียมสารละลายที่ใช้ในการหมัก ปริมาณและชนิดของน้ำตาลโมลกุลเดี่ยวที่ได้จากกระบวนการหมัก ซึ่งในข้อมูลที่ได้โดยวัดจากปริมาณลิกลินเซลลูโลสพบว่าเซลลูโลสของฟางข้าวมีปริมาณมากที่สุดเมื่อเทียบกับพืชกลุ่มอื่นๆ ซึ่งในการย่อยเซลลูโลสที่ถูกย่อยโดยเชื้อราจะมีผลทำให้ได้น้ำตาลกลูโคสในปริมาณที่สูงและสามารถ นำสารละลายน้ำตาลดังกล่าวนำไปหมักด้วยเชื้อ *S. cerevisiae* เพื่อให้ได้ปริมาณเอทานอลได้สูง แต่ในเมื่อคำนวณผลความคุ้มค่าที่ได้รับพบว่าฟางข้าวสามารถผลิตเอทานอลได้มากจริงเมื่อเทียบกับพืชชนิดอื่น แต่ในทางกลับกันพืชชนิดอื่นก็สามารถสร้างรายได้ที่ใกล้เคียงกับฟางข้าว เช่นเดียวกัน ทั้งนี้ถ้ามีการส่งเสริมโดยใช้พืชแบบผสมผสานก็จะเป็นส่วนหนึ่งที่สามารถนำร่องต่อการสร้างผลิตผลที่ดีต่อไปได้ในอนาคต และสามารถสร้างรายได้ตลอดทั้งปี

ตารางที่ 4 การประเมินผลความคุ้มค่าของการลงทุนในการผลิตเอทานอลจากพืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด ภายใน 5 ปี

Biomass		Year 1	Year 2	Year 3	Year 4	Year 5	Total
ฟางข้าว	Benefits	604,800	604,800	604,800	604,800	604,800	3,024,000
	Costs	174,541.26	15,950	15,950	15,950	15,950	238,341.26
	Cash Flow	430,258.74	588,850	588,850	588,850	588,850	2,785,658.74
หญ้า	Benefits	491,400	491,400	491,400	491,400	491,400	2,457,000
	Costs	174,041.26	15,450	15,450	15,450	15,450	235,841.26
	Cash Flow	317,358.74	475,950	475,950	475,950	475,950	2,221,158.74
		529,200	529,200	529,200	529,200	529,200	

ปาล์มน้ำมัน	Benefits						2,646,000
	Costs	174,041.26	16,450	16,450	16,450	16,450	239,841.26
	Cash Flow	355,158.74	512,750	512,750	512,750	512,750	2,406,158.74
ผักตบชวา	Benefits	567,000	567,000	567,000	567,000	567,000	2,835,000
	Costs	174,041.26	15,450	15,450	15,450	15,450	235,841.26
	Cash Flow	392,958.74	551,550	551,550	551,550	551,550	2,599,158.74

จากตารางที่ 4 แสดงให้เห็นว่าผลการประเมินความคุ้มค่าของการลงทุนโดยทำการคำนวณผลระยะ 5 ปี พบว่า การประ ยุกต์ใช้ฟางข้าวเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นมีผลกำไรสูงสุดเท่ากับ 3,024,000 บาท รองลงมาก็คือ ผักตบชวา ปาล์มน้ำมัน และหญ้า เท่ากับ 2,835,000, 2,646,000 และ 2,457,000 บาท ตามลำดับ แต่ อย่างไรก็ตามพีชีชีวมวลทั้ง 4 ชนิด มีความเป็นไปได้ต่อกระบวนการจัดการที่เหมาะสมและความ มัคมูลค่าในการลงทุนถ้าหากมีการนำพีชีดังกล่าวประยุกต์ใช้ตามความเหมาะสม ซึ่งผลจากผลการประเมินก็มีความสอดคล้องกันในเรื่องปริมาณน้ำตาลที่ได้จากการย่อยสลายและความเข้มข้นของน้ำตาลที่ได้จากการหมักเป็นส่วนปัจจัยที่สำคัญที่สามารถให้เกิดการผลิตเอทานอลได้ [13,14] แต่ทั้งนี้กระบวนการหมักและแนวทางของการหมักก็เป็นจุดหนึ่งที่สามารถให้กระบวนการผลิตเอทานอลให้ได้ผลอย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ในการลงทุนในเรื่องแรกของการผลิตเอทานอลแม้ว่าจะมีมูลค่าที่สูงแต่ถ้าหากมีการควบคุมถึงกระบวนการที่ดีย่อมสามารถลดปัจจัยอื่นๆและสามารถสร้าง ผลกำไรอย่างมหาศาลและมีการคืนทุนโดยใช้ระยะเวลาการลงทุนไม่เกิน 1 ปีโดยจากข้อมูลดังกล่าวเมื่อเทียบค่า NPV ในพีชีชีวมวลทั้ง 4 ชนิด พบว่า ในช่วงปีแรกของการลงทุนจะมีค่า NPV ต่ำกว่าปีอื่นๆ โดยผลการประเมินความคุ้มค่าปัจจุบันสุทธิในการลงทุนในปีแรกของฟางข้าว หญ้า ปาล์ ม่น้ำมัน และผักตบชวา เท่ากับ 391,144.31, 288,507.95, 322,870.91 และ 357,235.22 9 ตามลำดับ ซึ่งจะให้ระยะเวลาในการคืนทุนเพียง 0.41, 0.55, 0.49 และ 0.44 ปี ตามลำดับ เท่านั้น และเมื่อประเมินค่าปัจจุบันสุทธิในปีที่ 2 จะพบว่า ค่าของ NPV จะมีค่าสูงขึ้น เท่ากับ 1.24, 1.36, 1.31 และ 1.28 เท่า เมื่อเทียบกับค่าปัจจุบันสุทธิในปีแรก และในค่า

ปัจจุบันสุทธิของปีที่ 3, 4 และ 5 มีแนวโน้มลดลงไปเรื่อยๆ ดังแสดงในตารางที่ 5 ซึ่งจุดนี้แสดงให้เห็นว่า การลงทุนของพืชทั้ง 4 ชนิดมีความคุ้มค่าต่อการจัดเป็นธุรกิจที่ให้ผลกำไรที่ดีในอนาคต อย่างไรก็ตามบทบาทและปัจจัยที่สำคัญต่อการนำไปประยุกต์ใช้ในเชิงธุรกิจล้วนมีความซับซ้อน ทั้งนี้ในการจัดระบบที่เหมาะสมต่อการผลิตเอทานอลและผลิตภัณฑ์ที่ได้สู่ชุมชนก็เป็นแนวทางที่ดีที่น่าจะมีการส่งเสริมอย่างเป็นรูปธรรมเพราะในธุรกิจดังกล่าวถ้าหากมีการนำไปปฏิบัติจริงสู่ชุมชนก็มีความเป็นไปได้ในการสร้างผลกำไรและรายได้สู่และชุมชนและสามารถสร้างชุมชนนั้นเป็นชุมชนที่เข้มแข็งและยั่งยืนในอนาคตได้

ตารางที่ 5 ค่าปัจจุบันสุทธิ(NPV) และ ระยะเวลาคืนทุน(PB) ของพืชชีวมวลทั้ง 4 ชนิด

ปี	ฟางข้าว		หญ้า		ปาล์มน้ำมัน		ผักตบชวา	
	NPV	PB	NPV	PB	NPV	PB	NPV	PB
1	391,144.31	0.41	288,507.95	0.55	322,870.91	0.49	357,235.22	0.44
2	486,652.89	0.03	393,347.11	0.03	423,760.33	0.03	455,826.45	0.03
3	442,411.72	0.03	357,588.28	0.03	385,236.66	0.03	414,387.68	0.03
4	402,192.47	0.03	325,080.25	0.03	350,215.15	0.03	376,716.07	0.03
5	401,585.07	0.03	295,527.50	0.03	318,377.41	0.03	342,469.16	0.03

4. สรุปผลการทดลอง

ในการประเมินความคุ้มค่าในการลงทุนของพืชชีวมวลได้แก่ ฟางข้าว หญ้า ปาล์มน้ำมัน และ ผักตบชวา เพื่อเปลี่ยนเป็นไบโอเอทานอลพบว่า ฟางข้าวเป็นพืชที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เป็นสับเสรเริ่มต้นในการหมักเพราะมีปริมาณเซลลูโลสที่มากเมื่อเทียบกับพืชชีวมวลตัวอื่น และยังเป็นพืชที่หาได้ง่าย มีความชื้นต่ำ และบดได้ง่ายกว่าพืชชนิดอื่นที่ได้ศึกษาไว้ โดยให้ค่าปริมาณสุทธิเท่ากับ 391,144.31 และมีระยะ การคืนทุนเท่ากับ 0.41 ปีเท่านั้น อย่างไรก็ตามในพืชชีวมวลอื่นๆก็มีความสมบัติที่ใกล้เคียงกับฟางข้าวและให้ค่าปัจจุบันสุทธิ และระยะการคืนทุน ที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นถ้าหากมีการผสมผสานในการใช้และปรับเปลี่ยนพืชชีวมวลก็เป็นแนวทางหนึ่งที่สามารถจัดการพืชชีวมวลให้มีความเหมาะสม สามารถสร้างรายได้สู่ชุมชนอีกทางหนึ่ง สามารถแก้วิกฤตพลังงานของประเทศและส่งเสริมการเกษตรอีกทางหนึ่งได้ด้วย

5. เอกสารอ้างอิง

- [1] Bhattacharya, S.C., Bhatia, R., Islam, M.N., and Shah, N. (1985). Densified biomass in Thailand: Potential, status and problems. *Biomass*, 8(4), 255-266.
- [2] Pongpiachan, S., Tipmanee, D., Khumsup, C., Kittikoon, I., and Hirunyatrakul, P. (2015). Assessing risks to adults and preschool children posed by PM2.5-bound polycyclic aromatic

hydrocarbons (PAHs) during a biomass burning episode in Northern Thailand. *Science of The Total Environment*, 508(0), 435-444.

[3] Huang, Y.F., Shih, C.H., Chiueh, P.T., and Lo, S.L. (2015). Microwave co-pyrolysis of sewage sludge and rice straw. *Energy*, 87(0), 638-644.

[4] Singh, R., Srivastava, V., Chaudhary, K., Gupta, P., Prakash, A. and Balagurumurthy, B. (2015). Conversion of rice straw to monomeric phenols under supercritical methanol and ethanol. *Bioresource Technology*, 188(0), 280-286.

[5] Murphy, H.T., O'connell, D.A., Raison, R.J., Warden, A.C., Booth, T.H., Herr, A., Braid, A.L., Crawford, D.F., Hayward, J.A., Jovanovic, T., Mcivor, J.G., O'connor, M.H., Poole, M. L., Prestwidge, D., Raisbeck-Brown, N. and Rye, L. (2015). Biomass production for sustainable aviation fuels: A regional case study in queensland. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 44(0), 738-750.

[6] Wall, D.M., Straccialini, B., Allen, E., Nolan, P., Herrmann, C., O'kiely, P. and Murphy, J.D. (2015). Investigation of effect of particle size and rumen fluid addition on specific methane yields of high lignocellulose grass silage. *Bioresource Technology*, 192(0), 266-271.

[7] Zainudin, M.H.M., Hassan, M.A., Tokura, M. and Shirai, Y. (2013). Indigenous cellulolytic and hemicellulolytic bacteria enhanced rapid co-composting of lignocellulose oil palm empty fruit bunch with palm oil mill effluent anaerobic sludge. *Bioresource Technology*, 147(0), 632-635.

[8] Xia, A., Cheng, J., Song, W., Yu, C., Zhou, J. and Cen, K. (2013). Enhancing enzymatic saccharification of water hyacinth through microwave heating with dilute acid pretreatment for biomass energy utilization. *Energy*, 61(0), 158-166.

[9] Lopes, D.G., Da Silva, E.P., Pinto, C.S., Neves Jr, N.P., Camargo, J.C., Ferreira, P.F.P., Furlan, A.L. and Lopes, D.G. (2012). Technical and economic analysis of a power supply system based on ethanol reforming and pemfc. *Renewable Energy*, 45(0), 205-212.

[10] Schmit, T.M., Luo, J. and Tauer, L.W. (2009). Ethanol plant investment using net present value and real options analyses. *Biomass and Bioenergy*, 33(10), 1442-1451.

[11] Di-Luccio, M., Borges, C.P. and Alves, T.L.M. (2002). Economic analysis of ethanol and fructose production by selective fermentation coupled to pervaporation: Effect of membrane costs on process economics. *Desalination*, 147(1-3), 161-166.

[12] Fasahati, P., Yi, G. and Liu, J. (2012). Techno-economic analysis of ethanol production from marine biomass, in: A.K. Iftekhhar and S. Rajagopalan (Eds) *Computer aided chemical engineering*. (vol. Volume 31), Elsevier, 780-784.

- [13] Kelloway, A., Tsapatsis, M. and Daoutidis, P. (2015). Techno-economic analysis of ethanol-selective membranes for corn ethanol-water separation, in: J. K. H. Krist V. Gernaey and G. Rafiqul (Eds) *Computer aided chemical engineering*. (vol. Volume 37), Elsevier, 365-370.
- [14] Vučurović, D.G., Dodić, S.N., Popov, S.D., Dodić, J.M. and Grahovac, J.A. (2012). Process model and economic analysis of ethanol production from sugar beet raw juice as part of the cleaner production concept. *Bioresource Technology*, 104(0), 367-372.
- [15] ศรีอุบล ทองประดิษฐ์, อดุลย์สมาน สุขแก้ว, วีระพงศ์ หมวดศรี, ปาริฉัตร นิลอุปถัมภ์ และ น้อมจิตต์ แก้วไทย อันเดร (2558). การประเมินผลความคุ้มค่าของการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลด้วยเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* TISTR 5339 เพื่อการลงทุนในระดับชุมชน , การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทยครั้งที่ 11, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี , หน้า 1,344-1352.