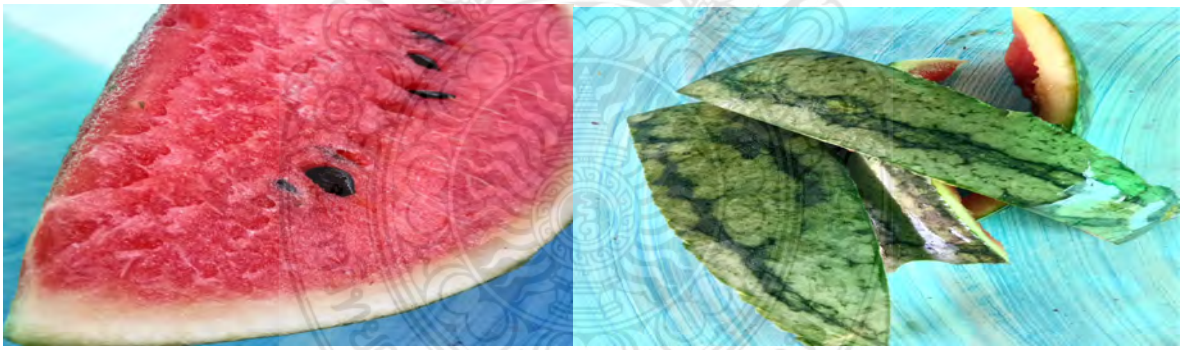
รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การผลิตเอทานอลจากเปลือกแตงโมโดยกระบวนการหมัก

Ethanol Production from Watermelon Shell by Fermentation Process.



สังเวย เสวกวิหารี

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่องานวิจัย : การผลิตเอทานอลจากเปลือกแตงโมโดยกระบวนการหมัก

ผู้วิจัย : สังเวย เสวกวิหารี

พ.ศ. : 2562

บทคัดย่อ

เอทานอล เป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่ง ที่สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิง ทดแทนน้ำมันเบนซิน หรือดีเซลได้ น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ เอทานอล สามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตร ขยะ และของเหลือทิ้งต่างๆ งานวิจัยนี้ จึงใช้เปลือกแตงโม ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากชุมชน มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล โดยกระบวนการหมัก จุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก คือ ลูกแป้งข้าวหมาก เมื่อหมักครบ 6 ชั่วโมงพบว่า เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก10 กรัม วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ได้ค่าความเข้มข้น 9.3 % VOL,18 Brix % เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 20 กรัม วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ได้ค่าความเข้มข้น 8.1 % VOL , 16 Brix % เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 30 กรัม วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ได้ค่าความเข้มข้น 8 % VOL,16 Brix % เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 40 กรัม วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ได้ค่าความเข้มข้น 7.9 % VOL,15.1 Brix % และเปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 50 กรัม วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ ได้ค่าความเข้มข้น 7 % VOL,15 Brix %

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่า เปลือกแตงโม ซึ่งเป็นขยะเหลือทิ้งจากชุมชน เป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพสูงในการนำมาผลิตเอทานอล เพื่อใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน แทนการใช้วัตถุดิบจากพืชอาหาร และพืชพลังงานอื่นๆ

Research Title : Ethanol Production from Watermelon Shell by Fermentation Process

Researcher : SANGWOEI SAWEKWIHAREE

Year : 2019

ABSTRACT

Ethanol is a form of renewable energy. That can be used as fuel. Can replace gasoline or diesel. Fuel is an important factor driving the country's economy. Ethanol can be produced from agricultural products, garbage and various waste. his research uses watermelon rind. Which is waste from the community as a raw material for the production of ethanol by the fermentation process the microorganisms used in the fermentation process are ball flour. After fermentation for 6 hours, it was found that the watermelon rind weighing 10 grams measured the concentration of alcohol. The concentration was 9 .3 % VOL, 1 8 Brix %. 20 grams of watermelon rind, measuring the concentration of alcohol The concentration of 8 .1 % VOL, 1 6 Brix % of watermelon rind at 3 0 grams, measured the concentration of alcohol. Get the concentration 8 % VOL, 1 6 Brix %, watermelon rind at 4 0 grams, measure the concentration of alcohol, get the concentration of 7 .9 % VOL, 1 5 .1 Brix % and watermelon rind at 5 0 grams, measure the concentration of alcohol the concentration of 7 % VOL, 15 Brix %.

Therefore, it can be said that the watermelon rind, which is waste from the community. Is a raw material with high potential for ethanol production to be used as a renewable energy source Instead of using raw materials from food plants and other energy crops.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณ ผู้ที่มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ที่ปรากฏในงานวิจัยนี้ และขอขอบคุณทุกกำลังใจ ทุกคำแนะนำ และทุกความช่วยเหลือ ที่ให้กับผู้วิจัย ด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		**I**
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		**II**
กิตติกรรมประกาศ		**III**
สารบัญ		**IV**
สารบัญตาราง		**VI**
สารบัญภาพประกอบ		**VII**
บทที่ 1	**บทนำ**	**1**
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ขอบเขตของการวิจัย	2
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	2
บทที่ 2	**เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง**	**3**
	แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
บทที่ 3	**วิธีดำเนินการวิจัย**	**17**
	วิธีการดำเนินการ	17
บทที่ 4	**ผลการวิเคราะห์ข้อมูล**	**25**
	ผลการศึกษา	25
บทที่ 5	**สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ**	**27**
	สรุปผลการวิจัย	27
เอกสารอ้างอิง		**28**
ภาคผนวก		**31**
ประวัตินักวิจัย		40

สารบัญตาราง

ตารางที่ **หน้า**

1. ผลการวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้จากกระบวนการหมัก 25
2. ผลจากการหมักสารละลายตัวอย่างต่อ อีก 7 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ 26

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่ **หน้า**

1. จุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก 17
2 บดลูกแป้งข้าวหมาก 17
3. บดลูกแป้งข้าวหมากจนละเอียด 18
4. ชั่งน้ำหนักจุลินทรีย์ลูกแป้ง 1 กรัม 18
5. ชั่งน้ำตาล 25 กรัม 19
6 ปรับความหวาน 20 องศาบริกซ์ 19
7. เปลือกแตงโมเหลือทิ้ง 19
8. หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ 19
9. ชั่งน้ำหนัก เปลือกแตงโม 20
10. เติมสารละลายน้ำตาล 100 มิลลิลิตร 20
11. อุ่นให้ร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส 20
12. ตั้งไว้ให้เย็น 20
13. เติมจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก 1 กรัม 21
14. ปิดฝาขวดด้วยกระดาษฟอย 21
15. หมักที่อุณหภูมิห้อง 21
16. หมักที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมง 21
17. หมักที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง 22
18. หมักที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง 22
19. กรองแยกเก็บสารละลาย 22
20. หมักต่อที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน 22
21. เริ่มหมักวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ 0 % 23
22. น้ำหนัก 10 กรัมหมัก 6 ชัวโมง วัดได้ 9.3 % 23
23. น้ำหนัก 20 กรัม หมัก6 ชั่วโมง วัดได้ 8.1 % 23
24. น้ำหนัก 30 กรัม หมัก 6 ชั่วโมงวัดได้ 8 % 23
25. น้ำหนัก 40 กรัม หมัก6 ชั่วโมง วัดได้ 7.9 % 24
26. น้ำหนัก 50 กรัม หมัก 6 ชั่วโมงวัดได้ 7 % 24
27. รีแฟรกโตมิเตอร์ วัดปริมาณแอลกอออล์ 24

บทที่ 1

บทนำ

การผลิตเอทานอลจากเปลือกแตงโมโดยกระบวนการหมัก

Ethanol Production from Watermelon Shell by Fermentation Process.

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสภาวะการณ์ด้านพลังงาน เป็นปัญหาวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจและการดำรงชีพของมนุษย์สูงขึ้นเรื่อยๆ ปัญหารการขาดแคลนน้ำมันเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญ เอทานอลจึงเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่งที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันในอนาคต แต่การผลิตเอทานอลจากชีวมวล โดยใช้พืชผลทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบ เช่น อ้อย ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน ข้างฟ่าง และมันสำปะหลัง อาจส่งผลกระทบต่อภาวะการขาดแคลนแหล่งอาหารของโลก เพราะพืชเหล่านี้เป็นพืชเศรษฐกิจ และเป็นพืชผลิตอาหาร ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสินค้า ทำให้สินค้ามีราคาสูงขึ้น การผลิตเอทานอลจากพืชผลทางการเกษตรมี 2 กระบวนการหลักคือ กระบวนการหมัก (Fermentation) และกระบวนการกลั่น (Distillation)

แตงโมเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภค เมื่อบริโภคเนื้อหมดแล้วจะทิ้งส่วนของเปลือกสีเขียวเป็นปัญหาขยะเปียก โดยมิได้นำมาใช้ประโยชน์ การนำเปลือกแตงโมมาผ่านกระบวนการหมักจะได้เอทิลแอลกอฮอล์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเกิดจากสาเหตุหลายปัจจัย คือ วิกฤตพลังงาน ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และความต้องการพึ่งตนเองทางด้านพลังงาน ซึ่งการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ในด้านเศรษฐกิจนั้นจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานแก่ประเทศ สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่พืชผลทางการเกษตร ด้านสิ่งแวดล้อม จะช่วยลดปัญหาขยะจากการเน่าเสีย ลดการนำผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงาน ได้พลังงานสะอาดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อโลก ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน และยังเป็นการพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในประเทศ เพื่อผลิตพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเปลือกแตงโม มาเป็นวัตถุดิบในกระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอล
2. เพื่อเป็นแนวทางในการนำขยะเหลือทิ้งมาทำให้เกิดมูลค่า

3. เพื่อพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลเป็นพลังงานหรือพลังงานทางเลือกอื่นๆ

ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ทดลอง ห้องปฏิบัติการเคมี (9406) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2.วัตถุดิบในการทดลองคือ เปลือกแตงโมที่เหลือทิ้งจากการรับประทาน และ จากร้านขายผลไม้สด

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาขยะในแหล่งชุมชน
2. ลดปัญหาการนำพืชอาหารมาผลิตเป็นพืชพลังงาน
3. เพิ่มแหล่งวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับสังคม

นิยามศัพท์เฉพาะ

เอทานอล (Ethanol) หรือ Ethyl Alcohol คือแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ติดไฟง่าย ให้เปลวไฟสีน้ำเงิน ไม่มีควันสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่นใช้ผลิตอาหาร และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม และใช้เป็นเชื้อเพลิง

กระบวนการหมัก (Fermentation Process) หมายถึง กระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลที่ได้จากการย่อย เป็นเอทานอล ด้วยเชื้อจุลินทรีย์

เปลือกแตงโม (Watermelon Shell) หมายถึง เปลือกนอกสีเขียวเข้ม หรือมีลายสีเขียวอ่อนพาดตามยาว ส่วนของเนื้อในฉ่ำน้ำ รสหวานหอม มีเมล็ดสีดำเล็ก ๆ แทรกอยู่ตามแนวแกนกลางเนื้อใน มีทั้งพันธุ์สีแดง และสีเหลือง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

เชื้อเพลิงเอทานอล เอทานอลหรือ Ethyl Alcohol เป็นแอลกอฮอล์ที่แปรรูปมาจากพืชจำพวกแป้ง และน้ำตาล รวมทั้งเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลส โดยผ่านกระบวนการหมัก (Fermentation) เอทานอลมีสวนผสมของน้ำอยู่ 5 % Hydrated Ethanol 95 % สามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงกับเครื่องยนต์สันดาปภายใน ที่เป็นเครื่องยนต์ที่มีอัตราส่วนการอัดสูง เอทานอลที่บริสุทธิ์ 99.5 % นำไปผสมกับน้ำมันเบนซิน (Gasoline) ให้เป็นแก๊สโซฮอล์ (Gasohol) ด้วยอัตราส่วน 5-22 % เป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับค่า Octane ของน้ำมันเบนซิน เพื่อให้สามารถนำมาใช้งานกับเครื่องยนต์ทั่วไปได้ โดยไม่ต้องปรับแต่งเครื่องยนต์ใหม่ การนำเอทานอลมาแปรรูปเป็น Ethyl-Tertiary-Butyl-Ether (ETBE) ก็ใช้แทน Methyl-Tertiary-Butyl-Ether (MTBE) ซึ่งเป็นสารเติมแต่งเพื่อปรับค่า Oxygenate ของน้ำมันเบนซิน ในต่างประเทศมีการใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงมานานแล้ว บราซิลเป็นประเทศที่ผลิตและใช้เอทานอลมากที่สุดในโลก โดยใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงโดยตรงกับรถยนต์ที่ได้รับการปรับแต่งเครื่องยนต์แล้ว มีประมาณ 4 ล้านคัน และใช้เอทานอลร้อยละ 22 ผสมในน้ำมันเบนซิน เพื่อใช้กับเครื่องยนต์ปกติประมาณ 12 ล้านคัน (ฉัตรชัย ไกรสรพงษ์ , 2548)

พลังงานทางเลือก หรือพลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานสะอาดสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ได้ต่อเนื่องไม่มีวันหมด และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะใดๆต่อโลก พลังงานทดแทนที่สำคัญคือ พลังงานความร้อนใต้ภิภพ พลังงานจากลม พลังงานแสงอาทิตย์ และพลังงานจากชีวมวล เชื้อเพลิงชีวภาพ หรือ Biofuej เป็นเชื้อเพลิงที่ได้จากชีวมวล (Biomass) โดยผ่านการสังเคราะห์ด้วยแสง แล้วสะสมเป็นพลังงานเคมีอยู่ในรูปสารอินทรีย์ที่ได้จากสิ่งมีชีวิตปัจจุบัน ประเทศไทยยังไม่สารมารถผลิตพลังงานได้เพียงพอกับความต้องการที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องด้วยเหตุนี้ จึงต้องมีการค้นคว้า และพัฒนาอย่างเร่งด่วนโดยเชื้อเพลิงชีวภาพที่ใช้อยู่ในประเทศไทยได้แก่ เอทานอล น้ำมันแก๊สโซฮอล์ น้ำมันพืช และไบโอดีเซล

แตงโม

แตงโมมีชื่อวิทยาศาสตร์ : Citrullus lanatus ชื่อวงศ์ : Cucurbitaceae ชื่อสามัญ : Watermelon แตงโม มีถิ่นกำเนิดจากทวีปแอฟริกา ขยายพันธุ์ โดยเพาะเมล็ด แตงโมเป็นพืชในวงศ์เดียวกับแคนตาลูปและฟัก เป็นพืชล้มลุกเป็นเถา อายุสั้น เถาจะเลื้อยไปตามพื้นดิน มีขนอ่อนปกคลุม ผลมีทั้งทรงกลมและทรงกระบอก เปลือกแข็งมีทั้งสีเขียว และสีเหลือง บางพันธุ์มีลวดลายบนเปลือก ในเนื้อมีเมล็ดสีดำแทรกอยู่ แตงโมเมื่อแก่เนื้อจะมีรสหวาน เมื่อบริโภคเนื้อหมดแล้วจะทิ้งส่วนของเปลือกสีเขียวเป็นปัญหาขยะเน่าเสีย โดยมิได้นำมาใช้ประโยชน์ การนำเปลือกแตงโมมาผ่านกระบวนการหมักจะได้เอทิลแอลกอฮอล์ ซึ่งแอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมักนี้ สามารถนำไปผลิตเป็นพลังงานเชื้อเพลิงได้ แตงโมเป็นผลไม้ที่คนไทยนิยมบริโภค เมื่อบริโภคเนื้อหมดแล้วจะทิ้งส่วนของเปลือกสีเขียวเป็นปัญหาขยะเปียก โดยมิได้นำมาใช้ประโยชน์ การนำเปลือกแตงโมมาผ่านกระบวนการหมักจะได้เอทิลแอลกอฮอล์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเกิดจากสาเหตุหลายปัจจัย คือ วิกฤตพลังงาน ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และความต้องการพึ่งตนเองทางด้านพลังงาน ซึ่งการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ในด้านเศรษฐกิจนั้นจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานแก่ประเทศ สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่พืชผลทางการเกษตร ด้านสิ่งแวดล้อม จะช่วยลดปัญหาขยะจากการเน่าเสีย ลดการนำผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงาน ได้พลังงานสะอาดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อโลก ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน และยังเป็นการพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในประเทศ เพื่อผลิตพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

(Ethanol)

เอทานอล หรือเอทิลแอลกอฮอล์ คือแอลกอฮอล์ชนิดหนึ่งที่มีลักษณะเป็นของเหลวใส ติดไฟง่าย ให้เปลวไฟสีน้ำเงิน ไม่มีควัน สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่นใช้ผลิตอาหาร และเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ ใช้เป็นตัวทำละลายในอุตสาหกรรม และใช้เป็นเชื้อเพลิง เอทานอลจัดเป็นแหล่งพลังงานใหม่ที่กำลังได้รับความสนใจในขณะนี้ พบว่า 90 % ได้มาจากกระบวนการหมัก (Fermentation) ที่เหลือได้จากการสังเคราะห์ขึ้นมา (Synthesis) ในกระบวนการผลิตเอทานอล กระบวนการหมักเป็นขั้นตอนที่สำคัญ เนื่องจากเป็นขั้นตอนที่จุลินทรีย์จะเป็นตัวไปเปลี่ยนวัตถุดิบ (raw material) ให้กลายเป็นเอทานอล Ethanol (ethyl alcohol , grain

alcohol) สูตรทางเคมีคือ CH_3CH_2OH หรือเขียนเป็นสูตรแบบย่อคือ C_2H_5OH ประกอบด้วย คาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจน เป็นไฮดรอกซิลดิริเวทีฟของไฮโดรคาร์บอน เกิดจากการแทนที่ไฮโดรเจนอะตอมด้วย hydroxyl group (OH) มีน้ำหนักโมเลกุล 46.07 จุดเดือดประมาณ 78 องศาเซลเซียส

วัตถุดิบ (น้ำตาล) ⟶ เอทิลแอลกอฮอล์ ⟶ คาร์บอนไดออกไซด์

$C_6 H_{12} O_6 \longrightarrow CH_3CH_2OH \longrightarrow 2\ CO_2$

เอทานอลสามารถผลิตได้จากวัตถุดิบทางการเกษตรได้หลายชนิด เช่น วัตถุดิบประเภทแป้ง วัตถุดิบประเภทน้ำตาล และเศษวัสดุที่เป็นเซลลูโลส โดยวัตถุดิบที่เป็นประเภทแป้ง และเซลลูโลสจะถูกย่อยด้วยกรด หรือเอนไซด์ ให้เป็นน้ำตาลก่อน ส่วนวัตถุดิบที่เป็นน้ำตาลอยู่แล้วสามารถนำไปใช้หมักได้เลย ระยะเวลาในการหมักเพื่อให้ได้เป็นเอทานอล จะใช้เวลาประมาณ 48 ชั่วโมงจะได้เอทานอลที่มีความเข้มข้น 8 – 12 % โดยปริมาตร (ที่มา www.nrel.gov, เอทานอลจากจุลินทรีย์)

ประเทศที่ผลิตเอทานอลมากที่สุดของโลกได้แก่ บราซิล และประเทศสหรัฐอเมริกา ส่วนประเทศในแถบเอเชีย เช่น จีน อินเดีย ก็ให้ความสนใจมากในการใช้พลังงานทดแทน โดยเฉพาะเอทานอล ซึ่งปัจจุบันอินเดียได้ส่งเสริม และพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตเอทานอลบริสุทธิ์เพื่อใช้ภายในประเทศ และส่งออกเทคโนโลยีไปยังประเทศต่างๆรวมทั้งประเทศไทย

วัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตเอทานอลแบ่งออกเป็น 3 ประเภทใหญ่ๆคือ

1. วัตถุดิบแระเภทแป้ง ได้แก่ ธัญพืช ข้าวจ้าว ข้าวสาลี ข้างบาร์เลย์ ข้าวโพด ข้าวฟ่าง มันสำปะหลัง มันเทศ และมันฝรั่งเป็นต้น
2. วัตถุดิบประเภทน้ำตาล ได้แก่ อ้อย กากน้ำตาล บีตรูต ข้าวฟ่างหวาน เป็นต้น
3. วัตถุดิบประเภทเส้นใย ได้แก่ ข้าวฟ่าง ชานอ้อย ซังข้าวโพด เศษไม้ กระดาษขี้เลื่อย รำข้าว วัชพืช เป็นต้น

การผลิตเอทานอลจากพืชผลทางการเกษตรมี 2 กระบวนการหลักคือ กระบวนการหมัก

(Fermentation) และกระบวนการกลั่น (Distillation) รูปแบบการใช้เอทานอล

1. ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรง ทดแทนน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซล

2. นำไปผสมกับน้ำมันเบนซิน หรือน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆเช่น**น้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่**ได้จากการผสมระหว่างน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว ออกเทน 91 กับเอทานอลบริสุทธิ์ในอัตราส่วน 9: 1 น้ำมันแก๊สโซฮอล์จะมีคุณภาพเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซินออกเทน 95 ทุกประการ

3. ใช้เป็นสารเพิ่มค่าออกเทนในน้ำมันเบนซิน

วิธีที่ใช้ในการสกัด หลังจากการเก็บเกี่ยวสาหร่าย ขั้นตอนต่อมาคือ การสกัดน้ำมันออกจากผนังเซลล์ของสาหร่าย ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งได้เป็น 2 วิธีหลัก ดังนี้

การสกัดด้วยวิธีทางกายภาพ(Physical extraction)วิธีที่ง่ายที่สุดคือ การบด (mechanicalcrushing)โดยการนำสาหร่ายตากแห้ง มาคั้นด้วยเครื่อง (oil press) ซึ่งมีหลากหลายรูปแบบ เช่นสกรู หรือลูกสูบทั้งนี้ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสาหร่ายที่ต้องการคั้น วิธีนี้สามารถสกัดน้ำมันได้ประมาณร้อยละ 75 ซึ่งส่วนใหญ่มักทำร่วมกับการสกัดด้วยสารเคมี

วิธีออสโมติกช็อก (osmotic shock) เป็นวิธีที่ทำให้เซลล์แตกโดยการลดความดันออสโมซิสอย่างฉับพลัน บางครั้งมีการนำวิธีการนี้มาใช้ในการสกัดน้ำมันจากเซลล์ของสาหร่าย

วิธีการสกัดแบบอัลตราโซนิก (ultrasonicextraction) เป็นวิธีการเร่งกระบวนการสกัดโดยใช้คลื่นอัลตราโซนิก ซึ่งคลื่นอัลตราโซนิกจะทำให้เกิดฟองอากาศขนาดเล็กในตัวทำละลาย เมื่อฟองอากาศแตกใกล้ๆ กับบริเวณผนังเซลล์จะทำให้เกิดคลื่นกระแทก (shock wave) และนำของเหลว (liquidjet) ซึ่งสามารถทำให้ผนังเซลล์แตก และปลดปล่อยสิ่งที่อยู่ภายในเซลล์ออกมาในตัวทำละลาย นอกจากนี้ยังสามารถนำวิธีการสกัดนี้ไปใช้ร่วมกับเอนไซม์ ซึ่งจะเรียกว่า การสกัดแบบอัลตราโซนิกเอนไซมาติก(ultrasonic enzymatic extraction) วิธีนี้ใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย และมีเอนไซม์เป็นตาทำลายผนังเซลล์โดยคลื่นอัลตราโซนิกจะเป็นตัวทำให้เกิดฟองอากาศซึ่งฟองอากาศจะช่วยให้เอนไซม์แทรกซึมเข้าไปในเนื้อเยื่อและทำลายผนังเซลล์ได้เร็วขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการสกัดดีขึ้น

การสกัดด้วยวิธีทางเคมี(Chemical extraction) การสกัดด้วยวิธีทางเคมีเป็นวิธีที่นิยมนำมาสกัดน้ำมัน แต่ทว่าวิธีนี้มีข้อด้อยจากการใช้ตัวทำละลายที่เป็นสารเคมีอันตราย ดังนั้น จึงควรเอาใจใส่ในการทำงานกับสารเคมีเพื่อป้องกันอันตรายที่อาจเกิดขึ้น ตัวทำละลายที่ใช้ส่วนใหญ่คือ เฮกเซน

(hexane) เนื่องจากมีราคาถูก ส่วนเบนซีน(benzene) และอีเทอร์ (ether) ก็สามารถใช้สกัดน้ำมันได้ แต่ตัวทำละลายเบนซีนจัดเป็นสารที่ก่อให้เกิดมะเร็ง (carcinogen)

วิธีการสกัดแบบซอกซ์เล็ต (soxhletextraction) เป็นวิธีการสกัดสาหร่ายด้วยตัวทำละลายเฮกเซน และปิโตรเลียมอีเทอร์ภายใต้ความร้อนเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยขึ้นไปและควบแน่นลงมาในสาหร่าย ทำให้น้ำมันถูกสกัดออกมา ข้อเด่นของวิธีนี้คือ ตัวทำละลายที่ใช้สกัดจะใช้ซ้ำไปมาอย่างต่อเนื่องเป็นการประหยัดตัวทำละลาย

การสกัดวิกฤตยิ่งยวด (Supercritical fluidsmethod) วิธีนี้ใช้คาร์บอนไดออกไซด์เป็นตัวทำละลาย โดยจะทำให้คาร์บอนไดออกไซด์อยู่ในรูปของเหลว ภายใต้ความดันและความร้อนซึ่งสามารถสกัดน้ำมันออกมาได้อย่างมีประสิทธิภาพภายหลังเสร็จสิ้นกระบวนการสกัดและได้น้ำมันจากสาหร่ายแล้ว ขั้นตอนต่อไปคือ การทำให้เป็นไบโอดีเซล ด้วยกระบวนการเปลี่ยนเอสเทอร์ หรือทรานเอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) เช่นเดียวกับน้ำมันจากพืชชนิดอื่น

การหมัก (fermentation)

alcohilic fermentation คือ การหมัก (fermentation) ให้เกิดเอทิลแอลกอฮอล์และคาร์บอนไดออกไซด์ โดยมีสารตั้งต้น คือน้ำตาลกลูโคส (glucose)

$$C_6H_{12}O_6 \longrightarrow C_2H_5OH + CO_2$$

glucose ethyl alcohol carbon dioxide

การหมักขั้นนี้เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และคาร์บอนไดออกไซด์ ในทางปฏิบัติมีน้ำตาลประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เปลี่ยน เป็นเอทานอลส่วนที่เหลือยีสต์จะใช้ในการเจริญและสร้างสารอื่น ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO2) อะเซทัลดีไฮด์ (C2H4O) กรดอะซิติก (CH3COOH) กลีเซอรีน [C3H5(OH)3] กรดแลกติก (C3H6O3) กรดซักซินิก (C4H6O4) ฟูเซลออยล์ (Fusel Oil) และเฟอฟูรอล (C5H4O2) อีกเล็กน้อย

ลูกแป้ง หรือแป้งข้าวหมาก

ลูกแป้งหรือแป้งข้าวหมาก เป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ผสมธรรมชาติผลิตจากภูมิปัญญาพื้นบ้าน คุณภาพของลูกแป้งมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิต ลูกแป้งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม ขนาด 3-4 เซนติเมตร ประกอบด้วยเนื้อแป้งสีขาวนวล ไม่มีรอยแตก เนื้อแป้งจะมีจุลินทรีย์ประเภทเปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์อยู่จำนวนมาก โดยจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในลูกแป้งข้าวหมากพื้นบ้าน ส่วนใหญ่เป็นเชื้อรา อะไมโลไมซิส รอกซิไอ (Amylomyces rouxii) ไรโซปัส (Rhizopus oryzae) และ Mucorindicus ยีสต์ เช่น Candida parapdida , Pichiakudriavzevil , Candidaquercitrusa และแบคทีเรียผลิตกรดแลคติก เช่น Pediococcuspentosaceus (อรุณี ทรัพย์เจริญเลิศ 2556)

จุลินทรีย์ที่ใช้สำหรับการผลิตเอทานอล กระบวนการผลิตเอทานอลจากน้ำตาล ด้วยยีสต์นั้นในระดับอุตสาหกรรม มีกระบวนการผลิตแตกต่างกันไป รวมถึงยีสต์ที่ได้รับความสนใจ และถูกเลือกใช้ในการหมัก ได้แก่ Saccharomyces cerevisiae, Saccharomyces uvaum (carlsbergensis), Shizosaccharomyces pombe และ Kluyveromyces species สำหรับแบคทีเรีย ที่ได้รับความสนใจและมีการนำมาใช้ในกระบวนการหมัก ได้แก่ Zymomonas mobilis ซึ่งการเลือกใช้จุลินทรีย์ชนิดใด ก็ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบที่นำมาใช้ สำหรับ Zymomonas mobilis และ Saccharomyces cerevisiae ต่างมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้ในกระบวนการหมัก ในระดับอุตสาหกรรม กรณีเลือกใช้ Z. mobilis ซึ่งเป็นจุลินทรีย์ที่ให้ผลผลิตเอทานอลสูง แต่มีชีวมวลต่ำ และมีความทนต่อเอทานอลต่ำกว่ายีสต์ จึงจำเป็นต้องมีความระมัดระวังในเรื่องของการกำจัดเชื้อในอาหารเลี้ยงเชื้อ ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงแง่เศรษฐศาสตร์ โรงงานอุตสาหกรรมทั่วไปจึงให้ความสนใจ S. cerevisiae มากกว่า อีกทั้ง Z. mobilis (ชุติมา, 2548) คุณสมบัติของยีสต์ที่ใช้ในการผลิต เอทานอล ที่นำมาใช้ในการผลิตเอทานอลควรมีลักษณะดังนี้ (นฤมล, 2549)

(1) สามารถใช้สารตั้งต้นได้หลากหลายชนิด

(2) ให้ผลผลิตสูง และมีอัตราการหมักเอทานอลเร็ว ทำให้ต้นทุนการผลิตลดลง

(3) มีความทนต่อเอทานอล เนื่องจากระหว่างการหมักจะมีเอทานอลบางส่วนสะสมอยู่ในเซลล์ ซึ่งอาจทำให้เซลล์ยีสต์แตกได้ ยีสต์ที่สามารถทนต่อความเข้มข้นของเอทานอลได้สูงจึงส่งผลให้มีการผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้น

(4) มีความทนต่ออุณหภูมิสูง (Thermotolerance) เพราะในกระบวนการผลิต เอทานอลจะมีการปล่อยพลังงานความร้อนออกมา ทำให้อุณหภูมิในการหมักสูงขึ้น มีผลต่อการอยู่รอด และกิจกรรมการทำงานของยีสต์ ยีสต์ที่ทนอุณหภูมิสูงจึงช่วยให้มีการผลิตเอทานอลเพิ่มขึ้น

(5) ทนพีเอช (pH) ต่ำหรือทนกรด (Acid tolerance) ในกระบวนการผลิตจะเกิดกรดทำให้พีเอชของอาหารลดลง ยีสต์ที่สามารถทนพีเอชต่ำได้จะช่วยให้มีผลการผลิตเอทานอลสูงขึ้นด้วย

(6) มีความทนต่อการเปลี่ยนแปลงในสภาวะต่างๆ ของการหมัก และมี

พันธุกรรมที่ไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย ส่งผลให้ประสิทธิภาพและคุณภาพในการผลิตเอทานอลสม่ำเสมอ

(7) มีความสามารถในการตกตะกอน (Flocculation) ทำให้ง่ายต่อการเก็บเกี่ยว และนำเซลล์ยีสต์กับมาใช้ใหม่ได้

(8) มีความทนต่อแรงดันออสโมซิส (Osmotolerance) ทำให้สามารถใช้อาหารที่มีปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นสูงๆ และช่วยลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ชนิดอื่นที่ไม่ทนต่อแรงดันออสโมซิส จึงมีผลการผลิตเอทานอลมากขึ้น

ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการผลิตเอทานอล (ธีระพงษ์ และคณะ, 2549) ปัจจัยหลายอย่างที่มีบทบาทสำคัญในการยับยั้งปฏิกิริยาการผลิตเอทานอลทำให้ผลิต เอทานอลได้น้อยลง ซึ่งปัจจัยหลัก ๆ ได้แก่

(1) การยับยั้งการผลิตเอทานอลโดยผลิตภัณฑ์สุดท้าย คือ เอทานอลทำหน้าที่เป็นตัวยับยั้งปฏิกิริยา

(2) การยับยั้งการผลิตเอทานอลโดยกรดอินทรีย์ซึ่งเป็นผลผลิตพลอยได้จากการหมัก

(3) การยับยั้งโดยแรงดันออสโมซิสเนื่องจากมีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง

(4) การยับยั้งเนื่องจากผลของอุณหภูมิที่เพิ่มมากขึ้น

(5)การยับยั้งกระบวนการหมักแต่ไปส่งเสริมการเจริญของยีสต์เนื่องจากการให้อากาศหรือการกวน

(6) การยับยั้งกระบวนการหมักเนื่องจากการปนเปื้อนจากแบคทีเรียหรือยีสต์ชนิดอื่น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหมักในระดับอุตสาหกรรม

(7) การยับยั้งกระบวนการหมักเนื่องจากสายพันธุ์ยีสต์ที่เลือกใช้ไม่คงตัว มีการกลายพันธุ์ หรือมีลักษณะที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิมนอกจากนี้ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการหมักเอทานอลของยีสต์ มีดังนี้

1. ความเข้มข้นของเอทานอล เอทานอลมีผลต่อการเติบโตของยีสต์ การมีเอทานอลสะสมอยู่ในถังหมักถือว่าเป็นปัญหาหลักอย่างหนึ่งที่ไปยับยั้งการเจริญของจุลินทรีย์ (Roehr, 2001) ความเข้มข้นของเอทานอลร้อยละ 1-2 โดยน้ำหนัก ทำให้จุลินทรีย์เจริญได้ช้าลง และที่ความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยน้ำหนัก ทำให้การเจริญของจุลินทรีย์เกือบหยุดลง (Brown et al., 1981) ได้ทำการศึกษาและชี้ให้เห็นว่าผลของการยับยั้งนั้นมีความซับซ้อนมาก ยิ่งไปกว่านั้นถ้ามีการเติมเอทานอลในช่วง log phase ทำให้อัตราการเจริญของยีสต์ลดลงอย่างรวดเร็ว (อาจเป็นผลเนื่องมาจากการสังเคราะห์โปรตีน) ทำให้เซลล์ที่มีชีวิตลดลง ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเอนไซม์ถูกทำให้เสียสภาพอย่างถาวร โดยทั่วไปพบว่าเอลยีสต์ (Ale Yeast) หรือยีสต์ที่ลอยอยู่บนผิวหน้าเมื่อเกิดการหมัก มีความทนต่อเอทานอลน้อยกว่าลาเกอร์ยีสต์ (Lager Yeast) หรือยีสต์ที่นอนก้นจมอยู่ด้านล่างเมื่อเกิดการหมัก โดยยีสต์ที่เจริญในสภาวะที่มีอากาศหรือในสภาวะที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวพบว่ามีการตอบสนองต่อเอทานอลน้อย (Smart, 2000) แต่เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงช่วยส่งเสริมให้ความเป็นพิษของเอทานอลมีมากขึ้น การผลิตเอทานอลลดลงเมื่อยีสต์อยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่ยีสต์สามารถเจริญได้ และการผลิตเอทานอลมีมากขึ้นเมื่อยีสต์อยู่ในสภาวะของอุณหภูมิต่ำสุดของการเจริญ (Casey and Ingledew, 1985)

เอทานอลมีผลต่อการยับยั้งแบบไม่แข่งขันในการขนส่งกลูโคส มอลโทสแอมโมเนีย และกรดอะมิโนต่างๆ ยีสต์สายพันธุ์ที่เยื่อหุ้มเซลล์มีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมากสามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเอทานอลสูงๆ มากกว่ายีสต์สายพันธุ์ที่มีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวอยู่น้อย ซึ่งมีลักษณะเหมือนว่าผลของเอทานอลไปส่งเสริมให้ไฮโดรเจนไอออน (Hydrogen ion) ไหลผ่านเยื่อหุ้มเซลล์มากขึ้น ซึ่งการไหลผ่านของไฮโดรเจนไอออนนี้ไม่ได้ผ่านทาง ATPase ของเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง จึงทำให้เกิดความต่างระดับของโปรตอนกระจายไปทั่วเยื่อหุ้มเซลล์ จึงไปมีผลต่อการยับยั้งการขนส่งสารละลายต่างๆ นอกจากนี้ยังพบว่าไมโทคอนเดรียมีบทบาทสำคัญ ต่อการทนเอทานอลของยีสต์ (Smart, 2000) และยีสต์ที่มีขนาดของเซลล์เล็กสามารถทนต่อเอทานอลได้ดีกว่ายีสต์ที่มขนาดของเซลล์ใหญ่ (Panchal, 1990)

2. ความเข้มข้นของน้ำตาล อาหารสำหรับหมักที่มีน้ำตาลสูงกว่าร้อยละ 15 ทำให้การหมักเอทานอลของยีสต์จะหยุดลง (Nagodawithana et al., 1976; Panchal and Stewart, 1980) ดังนั้นการใช้ยีสต์ S. cerevisiae มาหมักในสภาวะเช่นนี้ จึงมีผลให้การหมักเป็นไปได้ช้าๆ และเมื่อเลือกใช้ยีสต์ ที่ทนต่อแรงดันออสโมซิส เช่น Saccharomyces rouxii พบว่าสามารถ

เจริญได้ดีในอาหารที่มี ความเข้มข้นของน้ำตาลสูง แต่มีความสามารถในการผลิตเอทานอลต่ำ (Panchal and Stewart, 1980; D'Amore et al., 1988)

งานวิจัยที่เกี่ยงข้อง

เอทานอล : พลังงานทดแทนในวิถีพอเพียง รองศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา วงศ์เกษมจิตต์ และนายเดโช ขุนนคร ได้ศึกษาวิจัยหากระบวนการเปลี่ยนพืชให้เป็นน้ำตาล ให้ง่าย และเร็วกว่าการหมัก รวมทั้งใช้วัสดุอื่น ๆ ที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อมาทดแทนการใช้อ้อย ข้าวโพด หรือมันสำปะหลัง โดยศึกษาจากผลงานวิจัยที่ได้รวบรวมขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาทางด้านพืชหลายๆชนิดที่สามารถนำมาหมักเพื่อให้ได้เอทานอล ซึ่งวัสดุที่กลุ่มวิจัยเลือกใช้ในการศึกษาเพื่อใช้เป็นวัสดุชีวมวลสำหรับกระบวนการหมักเอทานอลได้แก่ กากอ้อย และหญ้าช้าง (Miscantus) จากการศึกษาพบว่าวัสดุทั้งสองชนิดนี้ จะให้ปริมาณน้ำตาลที่สูง หลังผ่านกระบวนการทางเคมี โดยใช้เวลาในการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลค่อนข้างสั้น แสดงให้เห็นว่า ทั้งกากอ้อย และหญ้าช้างสามารถนำมาใช้ทดแทนวัสดุชีวมวลที่ใช้ผลิตเอทานอลในปัจจุบันได้ สิ่งสำคัญที่สุดคือ กากอ้อย และหญ้าช้าง เป็นวัชพืชธรรมชาติที่ชอบขึ้นตามบริเวณไร่อ้อย ทำให้ไม่มีการแข่งขันทางด้านราคา ดังนั้นการนำกากอ้อยและหญ้าช้างมาทดแทนในกระบวนการหมักนั้น จะให้ประสิทธิภาพทางด้านราคา และการแข่งขันในการผลิตเอทานอลที่ดีขึ้น (สุจิตรา วงศ์เกษมจิตต์ และนายเดโช ขุนนคร, 2552)

การผลิตเอทานอลจากมันเทศเหลือทิ้ง จากการนำมันเทศเหลือทิ้งจากไร่นาของเกษตรกรซึ่งเป็นมันเทศที่เสียหายจากการถูกด้วงงวงทำลาย มาทำการหมักเพื่อผลิตเป็นเอทานอลเปรียบเทียบกับมันเทศคุณภาพดี ผลการศึกษาพบว่า ที่ระยะเวลาการหมัก 14 วัน โดยมีการใช้เอนไซม์ช่วยย่อยแป้งในขั้นตอนการหมัก ทั้งมันเทศคุณภาพดี และมันเทศที่เสียหายให้ผลผลิตได้แก่ เปอร์เซ็นต์อแลกอฮอล์ในน้ำหมัก เอทานอลน้ำ และปริมาตรของอแลกอออล์ที่ได้จากการดูดซับ ไม่แตกต่างกันในทางสถิติ จึงมีความเป็นไปได้ในการนำมันเทศที่เสียหายจากการถูกด้วงงวงทำลายมาสร้างมูลค่าเพิ่มด้วยการนำมาผลิตเอทานอล (พิทักษ์พงศ์ ป้อมปราณี , 2552)

พลังงานทางเลือกใหม่จากใบหญ้า นักวิทยาศาสตร์รุ่นเยาว์จากโครงการ JSTP ศึกษาวิธีเปลี่ยนหญ้า วัชพืชไร้ค่าเป็นเอทานอล พลังงานทดแทน พบวิธีการย่อยเซลลูโลสในหญ้าด้วยเอนไซม์ (Enzymatic Hydrolysis) ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ซึ่งเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอลสูง หวังเป็นวัตถุดิบทางเลือกใหม่ แทนมันสำปะหลัง และอ้อยที่อาจขาดแคลนในอนาคต นางสาว

เทียมแข มโนวรกุล นักเรียนโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี เยาวชนโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับเด็กและเยาวชน (Junior Sicence Talent Project : JSTP) สวทช พบว่า ในกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัชพืช ต้องเริ่มต้นจากการนำวัชพืชไปผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส (การย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) เพื่อให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีหมู่คาร์บอนิล ซึ่งถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย เป็นน้ำตาลที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมัก) ก่อน จากนั้นจึงนำน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้ไปเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักเพื่อให้ได้เอทานอล ผลการทดลองพบว่า วิธีการไฮโดรไลซิสพืชด้วยเอนไซม์นั้นจะให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงกว่าการไฮโดรไลซิสด้วยสารละลายกรด โดยการไฮโดรไลซิสวัชพืชด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้น 10 % ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงที่สุด และจากการทดสอบในวัชพืชทั้งสามชนิด พบว่า หญ้าขน เป็นวัชพืชที่ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุด รองลงมาคือ หญ้าชันกาศ และธูปฤาษี ตามลำดับ ส่วนปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้ต่อปริมาณวัชพืชนั้นก็มากเพียงพอต่อการนำไปใช้ในการหมักเอทานอลได้ (เทียมแข มโนวรกุล , 2555)

การผลิตเอทานอลจากไม้ยูคาลิปตัสโดยกระบวกการย่อยเป็นน้ำตาลและหมักพร้อมกัน การผลิตเอทานอลโดยกระบวนการย่อยเป็นน้ำตาล และหมักพร้อมกัน (SSF) จากไม้ยูคาลิปตัสที่ผ่านการปรับสภาพแล้ว โดยใช้ยีสต์ Saccharomyces Sc90 ในการหมัก จากการศึกษาปริมาณเยื่อ (5,7.5 และ 10 % w/v) และอุณหภูมิ (30 , 35 และ 40 อาศาเซลเซียส)พร้อมทั้งใส่เอนไซม์ Celluclast 1.5 L และ Novozym 188 ในการหมักแบบ SSF เพื่อให้ได้ปริมาณเอทานอลสูงสุด พบว่าปริมาณเยื่อ 10 % w / v ในการหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่เหมาะสม มีปริมาณเอทานอล 28.47 กรัมต่อลิตร และ Ethanol yield 79.01 % เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเยื่อ และอุณหภูมิส่งผลให้มีปริมาณเอทานอลสูงขึ้น (วนิดา ปานอุทัย และคณะ , 2553)

การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากซางข้าวฟ่างหวานโดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดจากการศึกษา พบว่า องค์ประกอบสำคัญได้แก่ เฮมิเซลลูโลส 25.42 เซลลูโลส 58.23 และลิกนิน 14. 95 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง จากนั้นทำการปรับสภาพซางข้าวฟ่างหวานด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ 10 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก เพื่อกำจัดลิกนิน พบว่า มีปริมาณของเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเป็น 90.37 และปริมาณของเฮมิเซลลูโลส และลิกนินลดลงเป็น 5.97 และ 3.56 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักแห้ง ตามลำดับ จากนั้นนำซางข้าวฟ่างหวานที่ผ่านการปรับสภาพแล้วมาหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์ดดยกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยกรดที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส และทำการออกแบบการทดลองด้วยวิธี Box – Behnken เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการไฮโดรไลซิส และสมการ

ความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ โดยปัจจัยที่ศึกษา ได้แก่ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริก เวลาที่ใช้ในการไฮโดรไลซิส และสัดส่วนซางข้าวฟ่างหวานต่อสารละลายกรดซัลฟิวริก พบว่า สภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิตน้ำตาลรีดิวซ์คือ ความเข้มข้นของกรดซัลฟิวริกที่ 21.44 เปอร์เซ็นต์น้ำหนักโดยปริมาตร เวลาที่ใช้ในการไฮโดรไลซิส 72.34 นาที และสัดส่วนของซางข้าวฟ่างหวานต่อสารละลายกรดซัลฟิวริกเท่ากับ 1: 19.3 กรัมต่อมิลลิลิตร จะได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 34.97 เปอร์เซ็นต์กรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง และเมื่อทำการเปรียบเทียบปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์จากสมการที่ได้จากการออกแบบการทดลองกับการทดลองจริงพบว่า น้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้จากการทดลองมีค่าน้อยกว่าค่าจากสมการเท่ากับ 4.23 เปอร์เซ็นต์ (นันทิกา คล้ายชม และคณะ , 2554)

วัชรา และสุภาตรา (2546) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลจากชานอ้อย และผักตบชวา โดยทาการย่อยเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.50 เปอร์เซ็นต์ ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 10 นาที ทาการหมักโดยใช้ S. cerevisiae พบว่าเอทานอลที่ได้จากชานอ้อยมีปริมาณมากกว่าผักตบชวา โดยชานอ้อยที่มีความเข้มข้นเอทานอลสูงสุดเมื่อใช้เวลาหมัก 4 วัน คือ 80.99 กรัมต่อกิ โลกรัม และผักตบชวามีความเข้มข้นเอทานอลสูงสุดเมื่อใช้ระยะเวลาในการหมัก 3 วัน คือ 40.80 กรัมต่อกิโลกรัม

กัลยา และจิรศักดิ์ (2547) ได้ทำการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการผลิตน้ำตาลรีดิ่ว คือ ชนิดของกรดซัลฟูริก กรดเกลือ และกรดอะซิติก ความเข้มข้นของกรด 0.01-0.25 โมลาร์ อุณหภูมิ 105-135 องศาเซลเซียส และความเข้มข้นของวัตถุดิบ 0.30-1.50 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักต่อปริมาตร พบว่า กรดที่เหมาะสมกับการไฮโดรไลซีสคือ กรดซัลฟิวริก 0.10 โมลาร์ อุณหภูมิ 135 องศาเซลเซียส เวลา 90 นาที และความเข้มข้นของเปลือกมันสาปะหลังเป็น 1.50 เปอร์เซ็นโดยน้ำหนัก ต่อปริมาตร ให้น้ำตาลรีดิ่วสูงถึง 66.28 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก

กาญจนา และคณะ (2552) ได้ทำการศึกษาสภาวะของการผลิตไบโอเอทานอลจากกากมะพร้าว โดยการนำกากมะพร้าวมาปรับสภาพด้วยกรดซัลฟู ริกเข้มข้น 0.75 เปอร์ เซ็น นำไปอบฆ่าเชื้อทีอุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที จากนั้นนำไปหมักแบบกึ่งต่อเนื่อง ด้วยยีสต์สายพันธุ์ S. cerevisiae ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียสเป็นเวลานาน 7 วัน ผลจากการปรับสภาพพบว่าสภาวะที่ดีที่สุด คือ การปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.75 เปอร์ เซ็นเพียงอย่างเดียว ได้ผลผลิตปริมาน้ำตาลเท่ากับ 2.12 กรัมต่อลิตร และได้ปริมาณของเอทานอล 0.18 เปอร์เซ็นปริมาตรต่อปริ มาตร

วิไลวรรณ (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการปรับสภาพไม้ไผ่ด้วยยกรดซัลฟูริกเจือจางก่อนเข้าสู่ กระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยใช้ไม้ไผ่ปริมาณร้อยละ 10 น้ำหนักต่อน้ำหนักจากผล

การทดลอง พบว่าสภาวะของการปรับสภาพที่ดีที่สุด คือ ที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกร้อยละ 1.20 อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 นาที พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลไซโลสสู ง ที่สุด แต่ในช่ วงที่ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก ร้อยละ 1.20 อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลรี ดิ่วสูงที่สุด หลังจากนั้นทาการหมักด้วยยีสต์S. cerevisiae เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ได้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุดจากสภาวะของการปรับสภาพดังกล่าว

ปรียารัตน์ โยวะผุย (2550) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลโดยกระบวนการทำให้เป็น น้ำตาลควบคู่กบ การหมักจากวัสดุ เหลือใช้ทางการเกษตร โดยศึกษาปัจจัย ต่างๆ ดังนี้ปริมาณแป้งที่ เหมาะสมในการผลิตเอทานอล โดยใช้ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 0.25 แล้วนำไปย่อยด้วยเอนไซม์ แอลฟาอะไมเลส 166.7 มิลลิยนิต ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและเติม เอนไซม์

อ ะไมโลกลู โคซิ เดส 333.33 มิลลิยูนิต ที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา24 ชั่วโมง แล้วจึงใส่ S.cerevisiae 5048 หมักไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง ได้ผลผลิต เอทานอล 0.832 กรัมต่อลิตร และ 0.8912 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการ หมักเพิ่มขึ้นปริมาณเอทานอลที่ได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย

รัชดาภรณ์ เบญจวัฒนานนท์ (2550) ได้ทำการศึกษาการผลิต เอทานอลจาก หยวกกล้วยโดย ใช้ยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ด้วยวิธีการหมักแบบกะ ทำการทดลองโดยการนำหยวกกล้วยซึ่งมี เซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักมาย่อยด้วยกรดเกลือเข้มข้น ที่ค่าพีเอช 4.5-5 เพื่อให้เซลลูโลส เปลี่ยนเป็นแป้งก่อน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที หลังจากนั้นนำแป้งที่ได้มา หมักด้วยยีสต์ Saccharomyces cerevisiae และปรับความหวานที่ ระดับ ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 บริกซ์ ทำการ หมักเป็นเวลา 5-7 วัน ใช้พีเอชในการหมัก 4.5–5 หลังจากนั้นนำเอทานอลที่ผลิตได้ กลั่นด้วยเครื่อง Ratory evaporator ได้ปริมาณเอทานอลเฉลี่ย 676.76 มิลลิลิตร และเมื่อนำไปกลับ ลำดับส่วนได้ ผลผลิตเอทานอลบริสุทธิ์ ร้อยละ 80.66

กล้าณรงค์ และคณะ (2549) ทำการศึกษา การพัฒนาการผลิตเอทานอลจาก มันสำปะหลัง โดยการปรับปรุงการย่อยแป้งดิบด้วยเอนไซม์ ใช้มันเส้นเข้มข้นร้อยละ 25 โดยมวลแห้ง จำนวน 2.5 ลิตร ปรับพีเอชเป็น 4.5 ทำการย่อยแป้งดิบด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและ กลูโคอะไมเลสที่ ค วาม เข้มข้นร้อยละ 0.125, 0.25 และ 0.5 โดยมวลแห้ง ทำการหมัก ด้วยยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ร้อย ละ 5 โดยปริมาตร ที่อุณหภูมิ 32 องศาเซลเซียส ความเร็วรอบ 200 รอบต่อนาที เป็นเวลา 72 ชั่วโมง นำไปวิเคราะห์หาปริมาณเอทานอลและน้ำตาลด้วยเครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ได้น้ำที่มีปริมาณเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 7.61, 9.95, และ 10.40 โดยมวล จากการศึกษาพบว่า

เมื่อใช้ปริมาณเอนไซม์เพิ่มมากขึ้นจะทำให้ได้ปริมาณ ผลผลิตเอทานอลเพิ่มมากขึ้นด้วย

เกศมณี และคณะ (2546) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลจากเปลือกสับปะรดทำการทดลองโดยแช่เปลือกสับปะรดที่บดแล้ว ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0-2.5 โมลาร์ ในอัตราส่วนโดยมวลของเปลือกสับปะรดต่อสารละลายเท่ากับ 1 ต่อ 10 ที่อุณหภูมิห้อง โดยให้สารละลายท่วมเปลือกสับปะรดตลอดเวลา แช่ ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วกรองด้วยผ้าขาวบาง เอาสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ออก แล้วเติมลงไปใหม่โดยใช้ความเข้มข้นเดียวกับที่แช่ในอัตราส่วนเท่าเดิมนำไปต้ม โดยเครื่องอังน้ำอุ่น ที่อุณหภูมิ 50-90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที พบว่า ที่ ความเข้มข้น 2.5 โมลาร์ แช่เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้ ว นำไปต้ม ที่ อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส นาน 90 นาที มีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 91.32 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 0.46 และ ลิกนินร้อยละ 4.09 แล้วนำเปลือกสับปะรดที่ ผ่านการปรับสภาพมาย่อยด้วยลูกแป้งในอัตราส่วนตะกอนเปลือกสับปะรดต่อลูกแป้งเป็น 1.5 ต่อ 0.1 ในน้ำ 7.5 มิลลิลิตร ทิ้งไว้เป็นเวลา 24 ชั่วโมงหลัง จากนั้น ทำการวัดหาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ทุก 12-15 ชั่ว โมง แล้ว นำไปหมัก ด้วยเชื้อยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ปริมาณร้อยละ 5 โดยปริมาตรของสารละลายน้ำตาล ที่พีเอชเริ่มต้น 5.0 ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นระยะเวลา 7 วัน ได้ผลผลิตเอทานอลเข้มข้นร้อยละ 4.55 โดยปริมาตร

Milati et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลจากปาล์มน้ำมัน โดยการย่อยปาล์มน้ำมัน ด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.20 และ 0.80 เปอร์ เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 170-230 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5 และ 15 นาที ผลของการย่อยปาล์มมามันด้วยกรดซัลฟูริก เข้มข้น 0.8 เปอร์ เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ได้ผลผลิตน้ำตาลไซโลสสูงถึง 135.94 กรัม ต่อ กิโลกรัมของปาล์มน้ามัน และเมื่อใช้กรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.8 เปอร์ เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 210 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที พบว่า ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคสสูงถึง 62.70 กรัมต่อกิ โลกรัมของปาล์มน้ำมันด้วยเช่นกัน จากนั้นนำสารละลายน้ำตาลที่ได้จากการย่อยทั้ง 2 ชนิด มาทำการหมักน้ำตาลไซโลสด้วย เชื้อ Mucor indicus ส่วนๆน้ำตาลกลูโคสหมักด้วยเชื้อ S. cerevisiae ซึ่งปริมาณเอทานอลที่ได้ คือ 0.45 และ 0.46 กรัมต่อกรัมของน้ำตาล ตามลาดับ

Zhang et al. (2011) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลจากลาต้นธูปฤาษี โดยการปรับสภาพด้วยกรดซัลฟูริกเข้มข้น 0.1-1 เปอร์ เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 140-180 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 5-10นาที ผลจากการปรับสภาพ พบว่า ที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก 0.5 เปอร์ เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 180องศเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที และทำการไฮโดรไลซีสด้วยเอนไซม์ ได้ผลผลิตเป็นน้ำตาลกลูโคสสูงถึง 97.1 เปอร์เซ็นต์ หลังจากนั้นนำไปหมักด้วยยีสต์ S. cerevisiae ATCC 24858 ได้ปริมาณเอทานอลสูงถึง 90

เปอร์เซ็นต์

Cheng และคณะ (2011) ได้ทำการศึกษาการปรับสภาพซังข้าวโพดด้วยสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ โดยใช้ซังข้าวโพดที่มีขนาดในช่วง 2-4 มิลลิเมตร ทำการสกัดลิกนินออกด้วย เบนซิน-เอทานอล ในกระบวนการปรับสภาพใช้ถังสแตนเลสขนาด 200 มิลลิลิตร และมีน้ำมันเป็นตัวให้ความร้อน ใช้ข้าวโพด 6 กรัม ผสมกับสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ร้อยละ 5-10 ระยะเวลา ในการปรับสภาพ 1-2 ชั่วโมง อุณหภูมิที่ใช้ 150-180 องศาเซลเซียส พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพ คือ ใช้ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมซัลไฟต์ร้อยละ 7.1 อัตราส่วนระหว่าง สารละลายโซเดียมซัลไฟต์ต่อซังข้าวโพดเป็น 7.6 ต่อ 1 ทำการทดลองที่อุณหภูมิ 156 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 1.4 ชั่วโมง ได้ผลผลิตที่มีองค์ประกอบของกลูแคนร้อยละ 76.8 ± 0.3 ไซเลนร้อยละ 6.6 ± 0.2 และลิกนินร้อยละ 12.6 ± 0.4 แล้วนำไปย่อยด้วยเอนไซม์ เซลลูเลส 30 Filter paper unit (FPU) ต่อกรัมกลูแคน ที่อุณหภูมิ 45 ± 0.1 องศาเซลเซียสพีเอช 4.8 และเขย่า 140 รอบต่อนาที หลังจากนั้นทำการหมักแบบ Simultaneous Saccharification and Fermentation Process ด้วยยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ที่พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 5 อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ให้ผลผลิตเอทานอล 60.8 กรัมต่อลิตร และร้อยละเชิงทฤษฎีเป็น 72.2

Karimi และคณะ (2006) ได้ทำการศึกษาการปรับสภาพฟางข้าวด้วยสารละลาย กรดเจือจาง ในกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้ Mucor indicus และ Rhizopus oryzae ด้วยวิธีการ หมักแบบ Simultaneous Saccharification and Fermentation Process (SSF) นำฟางข้าวมาบดให้มีขนาดเล็กกว่า 833 ไมโครเมตร ซึ่งประกอบด้วยเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 27 (±0.5) เซลลูโลสร้อยละ 39 (±1) ลิกนินร้อยละ 12 (±0.5) และเถ้าร้อยละ 11 (±0.5) นำฟางข้าว 600 กรัม มาปรับสภาพโดยการแช่ฟางข้าวในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้นร้อยละ 0.5 ปริมาตร 4 ลิตร เป็นเวลา 20 ชั่วโมงนำของผสมที่ได้ใส่ลงถังปฏิกรณ์ แล้วให้ความร้อนด้วยไอน้ำให้ได้ความดันเท่ากับ 15 บาร์ และคงความดันนี้ เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นทำให้เย็นจนความดันเท่ากับ 2 บาร์ นำส่วนที่เป็นของแข็งไปล้างด้วยน้ำจำนวน 5 ครั้ง ที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส กรองและเก็บรักษาไว้ ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส นำมาย่อยด้วยเซลลูเลส 35 Filter paper unit (FPU) ต่อมิลลิลิตร และβ-Glycosidase 112 IU ต่อมิลลิลิตร จากนั้นเข้าสู่กระบวนการหมัก แบบ Simultaneous Saccharification and Fermentation Process (SSF) เป็นเวลา 7 วัน โดยเปรียบเทียบกับฟางข้าว ที่ ผ่านการหมัก ด้วย M. indicus และ R. oryzae พีเอชเริ่มต้น 5.5 ± 0.1 พบว่า การหมักโดยใช้ 15 Filter paper unit (FPU) ต่อกรัมฟางข้าวแห้ง กับ R. oryzae ให้ ผลผลิตเอทานอล ร้อยละ74 มากกว่าการหมักด้วย M. indicus ซึ่งได้ผลผลิตเอทานอลเพียงร้อยละ 68 เท่านั้น

บทที่ 3
วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการทดลอง

3.1 การเตรียมจุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ลูกแป้ง หรือแป้งข้าวหมาก เป็นผลผลิตกล้าเชื้อจุลินทรีย์ผสมธรรมชาติ ผลิตจากภูมิปัญญาพื้นบ้าน หาซื้อจากตลาดในจังหวัดสิงห์บุรี ลูกแป้งมีลักษณะเป็นก้อนแข็ง ครึ่งวงกลม มีขนาด 3-4 เซนติเมตร น้ำหนักลูกละ 10 -11 กรัม ประกอบด้วยเนื้อแป้งสีขาวนวล ไม่มีรอยแตก

รูปที่ 1 จุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก

รูปที่ 2 บดลูกแป้งข้าวหมาก

รูปที่ 3 บดลูกแป้งข้าวหมากจนละเอียด

รูปที่ 4 ชั่งน้ำหนักจุลินทรีย์ลูกแป้ง 1 กรัม

3.2 การเตรียมวัตถุดิบตัวอย่างเปลือกแตงโม

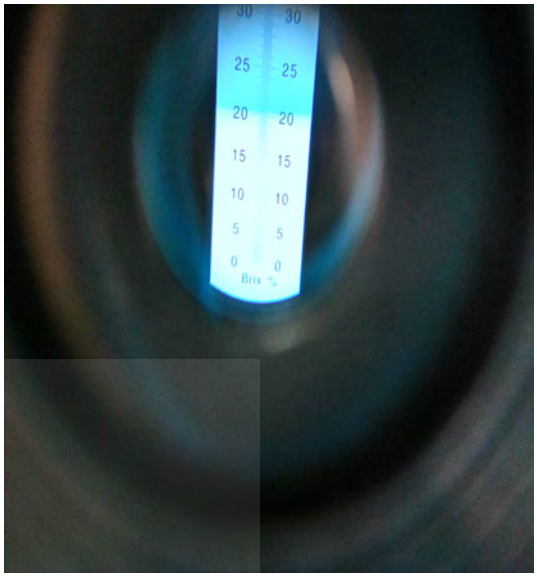
3.2.1 นำเปลือกแตงโม มาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วชั่งวัตถุดิบใส่ในขวดรูปชมพู่ จำนวน 5 ขวด ขวดละ 10 กรัม 20 กรัม 30 กรัม 40 กรัม และ 50 กรัม ตามลำดับ

3.3 การผลิตเอทานอล โดยการทำให้หวานและการหมักด้วยจุลินทรีย์พร้อมกัน

3.3.1 การทำให้หวานด้วยน้ำตาล ซูโครส (sucrose) โดยการปรับปริมาณความหวานเริ่มต้นเป็น 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย 25 กรัม ละลายในน้ำ 100 มิลลิลิตร

3.3.2 นำวัตถุดิบตัวอย่าง เปลือกแตงโม ที่ใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ ทั้ง 5 ขวดมาเติมสารละลายน้ำตาลซูโครส ที่ความหวาน 20 องศาบริกซ์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ครบทั้ง 5 ขวด ผสมคนให้เข้ากัน ตั้งไฟให้ร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมเชื้อยีสต์จากลูกแป้งข้าวหมากบดละเอียด จำนวน 1 กรัม ลงไปทั้ง 5 ตัวอย่าง ปิดฝาขวดด้วยกระดาษฟอย เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างที่ได้การจากหมักครั้งละ 5 มิลลิลิตร ทุก ๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 24 ชั่วโมง วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์

รูปที่ 5 ชั่งน้ำตาล 25 กรัม

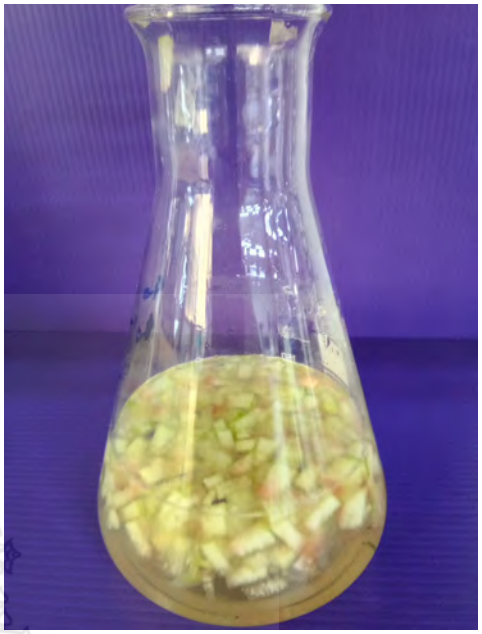


รูปที่ 6 ปรับความหวาน 20 องศาบริกซ์

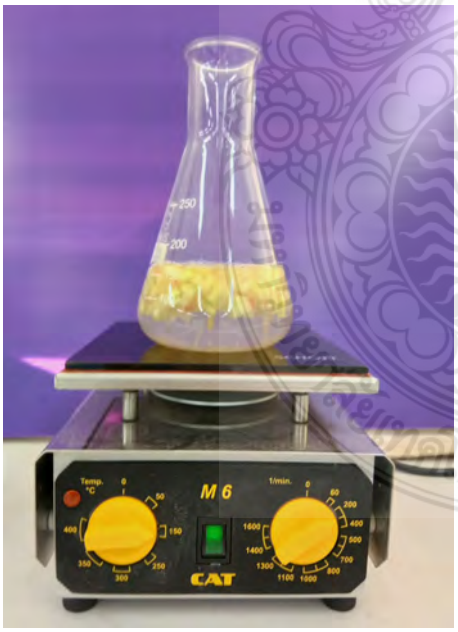
รูปที่ 7 เปลือกแตงโมเหลือทิ้ง

รูปที่ 8 หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ

รูปที่ 9 ชั่งน้ำหนัก เปลือกแตงโม



รูปที่ 10 เติมสารละลายน้ำตาล 100 มิลลิลิตร



รูปที่ 11 อุ่นให้ร้อนอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส

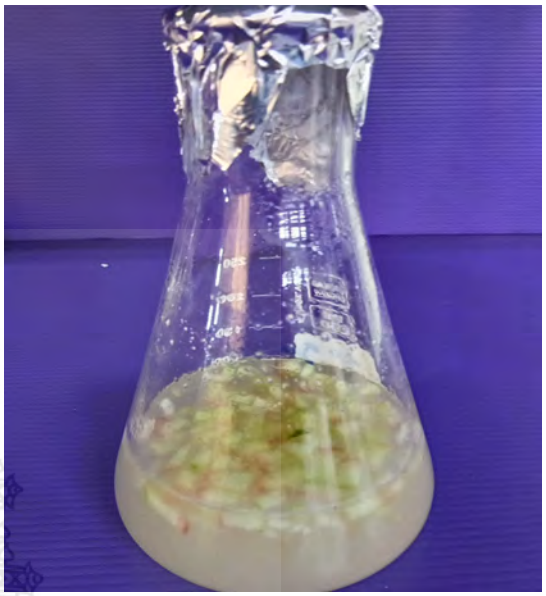
รูปที่ 12 ตั้งไว้ให้เย็น

รูปที่ 13 เติมจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก 1 กรัม รูปที่ 14 ปิดฝาขวดด้วยกระดาษฟอย

รูปที่ 15 หมักที่อุณหภูมิห้อง

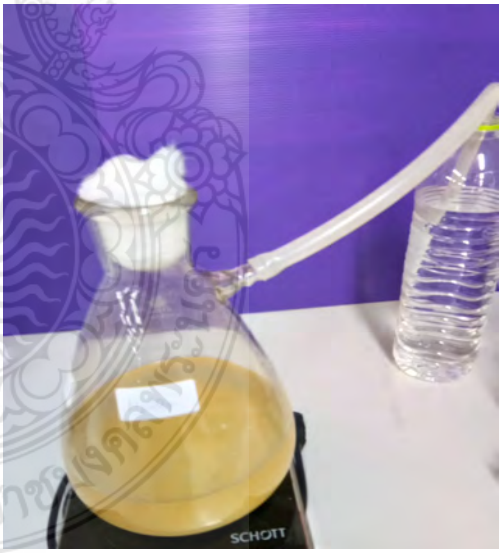
รูปที่ 16 หมักที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมง

รูปที่ 17 หมักที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง

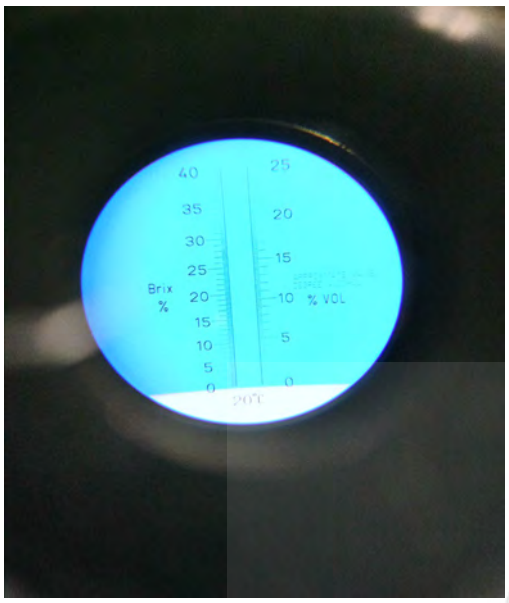


รูปที่ 18 หมักที่อุณหภูมิห้อง 24 ชั่วโมง

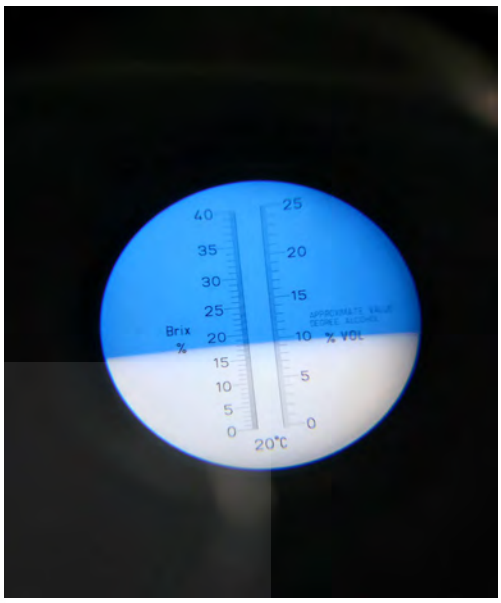
รูปที่ 19 กรองแยกเก็บสารละลาย



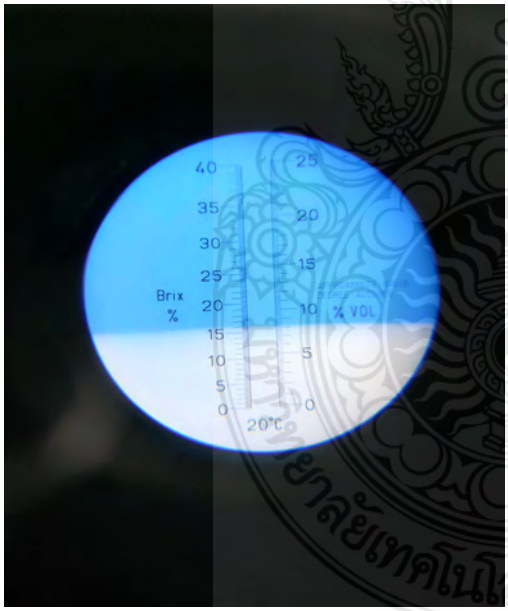
รูปที่ 20 หมักต่อที่อุณหภูมิห้อง 7 วัน



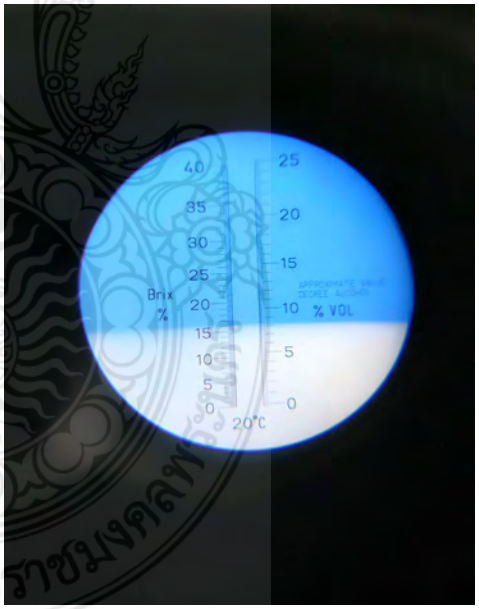
รูปที่ 21 เริ่มหมักวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ 0 %



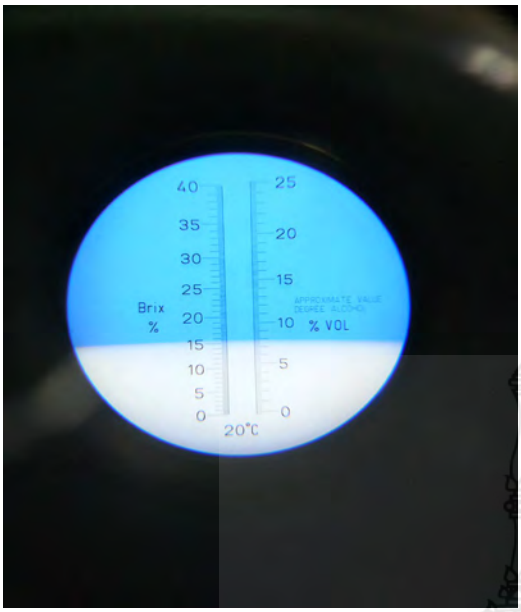
รูปที่ 22 น้ำหนัก 10 กรัมหมัก 6 ชัวโมง วัดได้ 9.3 %



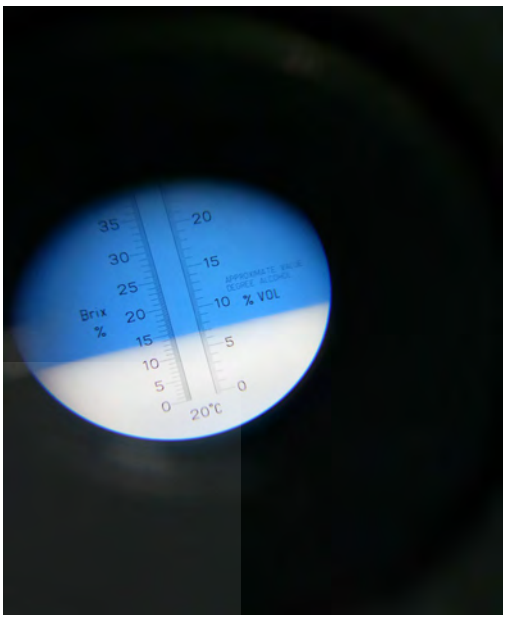
รูปที่ 23 น้ำหนัก 20 กรัม หมัก6 ชั่วโมง วัดได้ 8.1 %



รูปที่ 24 น้ำหนัก 30 กรัม หมัก 6 ชั่วโมงวัดได้ 8 %



รูปที่ 25 น้ำหนัก 40 กรัม หมัก6 ชั่วโมง วัดได้ 7.9 %



รูปที่ 26 น้ำหนัก 50 กรัม หมัก 6 ชั่วโมงวัดได้ 7 %

รูปที่ 27 รีแฟรกโตมิเตอร์ วัดปริมาณแอลกอฮอล์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

1. การเตรียมวัตถุดิบตัวอย่าง นำเปลือกแตงโม มาล้างน้ำให้สะอาด หั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วชั่งวัตถุดิบใส่ในขวดรูปชมพู่ จำนวน 5 ขวด ขวดละ 10 กรัม 20 กรัม 30 กรัม 40 กรัม และ 50 กรัม ตามลำดับ

2. การเตรียมจุลินทรีย์ ลูกแป้งข้าวหมาก โดยบดลูกแป้งข้าวหมากให้ละเอียด ชั่งจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก ใส่ถุงซิบ จำนวน 5 ถุง ถุงละ 1 กรัม

3. เตรียมความเข้มข้นของสารละลายน้ำตาลที่ความหวาน 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย 25 กรัม ละลายในน้ำกลั่น 100 มิลลิลิตร

4. การผลิตเอทานอล นำวัตถุดิบตัวอย่างเปลือกแตงโม ที่ใส่ไว้ในขวดรูปชมพู่ ทั้ง 5 ขวด มาเติมสารละลายน้ำตาลซูโครส ที่ความหวาน 20 องศาบริกซ์ ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ครบทั้ง 5 ตัวอย่าง ผสมคนให้เข้ากัน ตั้งไฟให้ร้อนที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส นาน 20 นาที แล้วปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมเชื้อยีสต์จากลูกแป้งข้าวหมากบดละเอียด จำนวน 1 กรัม ลงไปทั้ง 5 ตัวอย่าง ปิดฝาขวดด้วยกระดาษฟอย เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างที่ได้การจากหมักครั้งละ 5 มิลลิลิตร ทุก ๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ผลจากการเก็บตัวอย่างนำมาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 1 ผลการวัดปริมาณแอลกอออล์ที่ผลิตได้จากกระบวนการหมัก

วัตถุดิบตัวอย่าง	เวลาเริ่มต้น	เวลา 6 ชั่วโมง	เวลา 12 ชั่วโมง	เวลา 18 ชั่วโมง	เวลา 24 ชั่วโมง
1.เปลือกแตงโม 10กรัม	0 %	9.3 %	9.3 %	9.3 %	9.3 %
2.เปลือกแตงโม 20กรัม	0 %	8.1 %	8.1 %	8.1 %	8.1 %
3.เปลือกแตงโม 30กรัม	0 %	8 %	8 %	8 %	8 %
4.เปลือกแตงโม 40กรัม	0 %	7.9 %	7.9 %	7.9 %	7.9 %
5.เปลือกแตงโม 50กรัม	0 %	7 %	7 %	7 %	7 %

จากการวัดปริมาณแอลกอออล์ที่ผลิตได้ เมื่อหมักครบ 6 ชั่วโมง มีปริมาณแอลกอออล์เกิดขึ้นสูงสุด 9.3 % คือวัตถุดิบตัวอย่างที่ 1 น้ำหนักเปลือกแตงโม 10 กรัม และเมื่อหมักต่อไปจนครบ 24 ชั่วโมงไม่มีผลผลิตแอลกอออล์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันทั้ง 5 ตัวอย่าง

เมื่อเก็บตัวอย่างมาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ครบ 24 ชั่วโมง กรองแยกสารละลายออกมาหมักต่ออีก 7 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 2 ผลจากการหมักสารละลายตัวอย่างต่ออีก 7 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้

สารละลายตัวอย่าง	ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้
ตัวอย่างที่ 1. เปลือกแตงโมน้ำหนัก 10 กรัม	9.3 %
ตัวอย่างที่ 2. เปลือกแตงโมน้ำหนัก 20 กรัม	8.1 %
ตัวอย่างที่ 3 เปลือกแตงโมน้ำหนัก 30 กรัม	8 %
ตัวอย่างที่ 4. เปลือกแตงโมน้ำหนัก 40 กรัม	7.9 %
ตัวอย่างที่ 5. เปลือกแตงโมน้ำหนัก 50 กรัม	7 %

เมื่อนำวัตถุดิบตัวอย่าง กรองแยกสารละลายออกมาหมักต่อที่อุณหภูมิห้องอีก 7 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ พบว่า ไม่มีแอลกอฮอล์เกิดเพิ่มขึ้น ทั้ง 5 ตัวอย่าง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลจากการนำเปลือกแตงโม ขยะเหลือทิ้งจากชุมชน มาผลิตเป็นเอทานอล เปลือกแตงโมสามารถนำมาผลิตแอทานอล ได้ทั้ง 5 ตัวอย่าง โดยเปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 10 กรัม หมักด้วยจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก เป็นเวลา 6 ชั่วโมง วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ ได้ปริมาณผลผลิตแอลกอฮอล์มากที่สุด คือ 9.3 % ลองลงมาคือ เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 20 กรัม วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ 8.1 % เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 30 กรัม วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้คือ 8 % เปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 40 กรัม วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ คือ 7.9 % และเปลือกแตงโมที่น้ำหนัก 50 กรัม วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ คือ 7 %

5.2 จากผลการวิจัย สามารถนำเปลือกแตงโมที่เป็นขยะเหลือทิ้งจากชุมชน มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เพื่อลดปัญหาขยะ และพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เป็นพลังงานทดแทน แทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ช่วยลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ลดสารที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก ลดการนำผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงาน ได้พลังงานสะอาดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อโลก และช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาปริมาณการใช้จุลินทรีย์ ลูกแป้งข้าวหมากในกระบวนการหมัก ว่ามีผลต่อผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้หรือไม่
2. ควรศึกษาเปรียบเทียบการใช้เชื้อจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก กับเชื้อยีสต์ทำขนมปัง ในกระบวนการหมัก
3. ควรนำพืชไร้ประโยชน์ชนิดอื่นๆในประเทศไทย มาศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เพื่อพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในประเทศ เพื่อผลิตเป็นพลังงานทางเลือกและใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอด, แก้วสมพงษ์, ปฐมา จาตกานนท์ และสิทธิโชค วัลลภาทิพย์. 2549**. การพัฒนาการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังโดยการปรับปรุงการย่อยแป้งดิบด้วยเอนไซม์.** รายงานการวิจัย, สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ

กาญจนา พานแก้ว จิญาภา ศรีภิรมย์ ธนากร ค่ายหนองสรวง พุทธพร แสงเทียน และนารีรัตน์ มูลลืมใจ. 2552 . **การผลิตไบโอเอทานอลจากกากมะพร้าว.** [ออนไลน์].

เกศมณี ตาดทอง, ขนิษฐา สกุลวา, นฤมล แป้นอินทร์และวีรยา คำภา . 2546. **การผลิตเอทานอลจากเปลือกสับปะรด.** คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏนครสวรรค์.

ฉัตรชัย ไกรสรพงษ์ , 2548. **การผลิตเอทานอลจากของเสียการเกษตรและอุตสาหกรรมการเกษตร** กรมการพลังงานทหาร ศูนย์การอุตสาหกรรมป้องกันประเทศ และพลังงาน(พท . ศอพท .)

ปรียารัตน์ โยวะผุย. 2550. **การศึกษาการผลิตเอทานอลโดยกระบวนการทำให้เป็นน้ำตาลควบคู่กับการหมักจากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวเคมี คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

พิทักษ์พงศ์ ป้อมปราณี . 2552. **การผลิตเอทานอลจากมันเทศเหลือทิ้ง** คณะวิทยาศาสตร์และ เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม จังหวัดนครปฐม

รัชดาภรณ์ เบญจวัฒนานนท์. 2550. **โครงการวิจัยการศึกษาการผลิตเอทานอลจากหยวกกล้วยโดยยีสต์ด้วยวิธีการหมักแบบกะ.** มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย.

วนิดา ปานอุทัย, นิคม แหลมสัก, สาโรจน์ ศิริศันสนียกุล, วิรัตน์ วาณิชย์ศรีรัตนา และประมุข ภระกูล สุขสถิตย์. 2553. **การผลิตเอทานอลจากไม้ยูคาลิปตัสโดยกระบวนการย่อยเป็นน้ำตาลและหมักพร้อมกัน.** การประชุมเชิงวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วัชรา หงส์เวียง และสุภัตรา สิงห์ชนะ. 2546. **การผลิตเอทานอลจากชานอ้อยและผักตบชวา** โครงงานวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สถาบันราชภัฏมหาสารคาม, มหาสารคาม.

วิไลวรรณ ลีนะกุล. 2552. **ผลของการทำปฏิกิริยาด้วยกรดเจือกับไม้ไผ่ต่อการผลิตเอทานอล.** วิทยานิพนธ์วิศวกรรมศาสตร์มหาบัณฑิต, คณะวิศวกรรมศาสตร์.

วนิดา ปานอุทัย และคณะ . **การผลิตเอทานอลจากไม้ยูคาลิปตัสโดยกระบวนการย่อยเป็นน้ำตาลและหมักพร้อมกัน** ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรสาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพ

สุจิตรา วงศ์เกษมจิต และเดโช ขุนนนคร. 2553**. เอทานอลพลังงานทดแทนในวิถีพอเพียง.** วิทยาลัยปิโตรเลียมและปิโตรเคมี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพ.

Brown,S.W.,Oliver, S.G., Harrison, D.E.F. and R.C. (1981). **Applied Microbiology Biotechnology,11,151.**

Casey, G.P. and Ingledew, W.M. (1985). Re- evaluation of alcohol synthesis and tolerance in brewers yeast. **Journal of the American Society of Brewing Chemists,** 43,75-83.

Cheng, K., Wang, W., Zhao, Q., Li., J., and Xue,. 2011. Statistical optimization of sulfite Pretreatment of corncob residues for high concentration ethanol production. **Bioresource Technology.** 102, 3 (February):3014 – 3019. http://www. Sciencedirect.com /science / article / pii / S0960852410016603.

Millati, R., Wikandari, R., Titik T., M.N.C., Taherzadeh. M.J. and Niklasson, C. 2011. Ethanol from Oil Palm Empty Fruit Bunch Via Dilute-Acid Hydrolysis and Fermentation by Mucor indicus and Saccharomyces cerevisiae. **Agricultaral Journal** 6 (2) : 54 – 59.

Nagodawithana, T.W., Castellano C. and Steinkraus K.H. (1976) Influence of the rate of ethanol Production and accumulation on the viability of Saccharomyces cerevisae in rapid Fermentation**. Applied Environmental Microbiology,** 31, 158- 162.

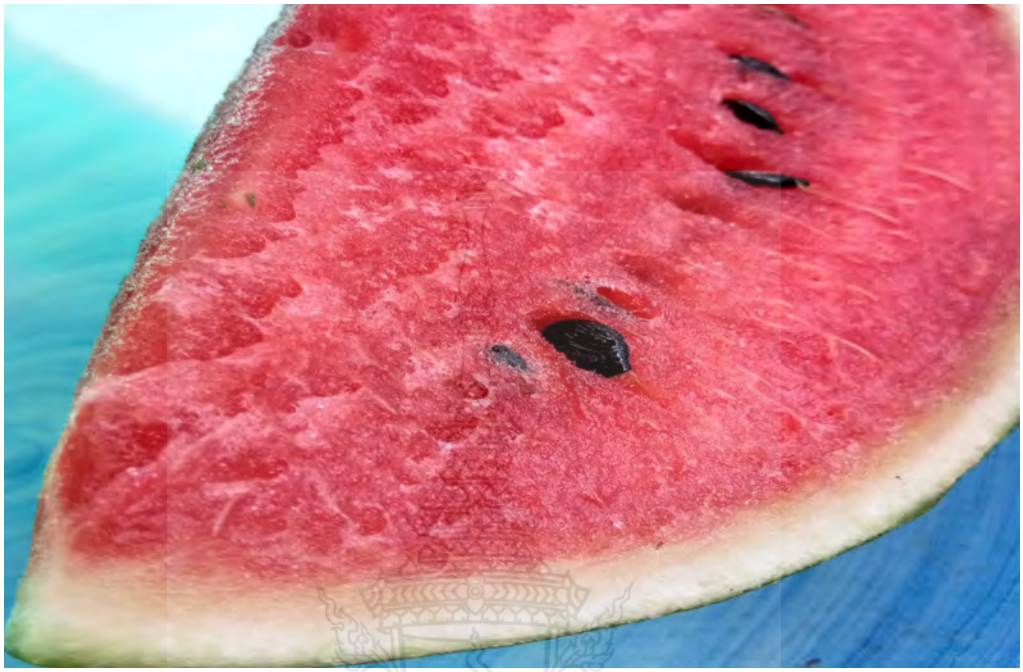
Smart, K. (2000). **Brewing Yeast Fermentation Performance.** 2 nd ed. Oxford: Oxford Bookes University.

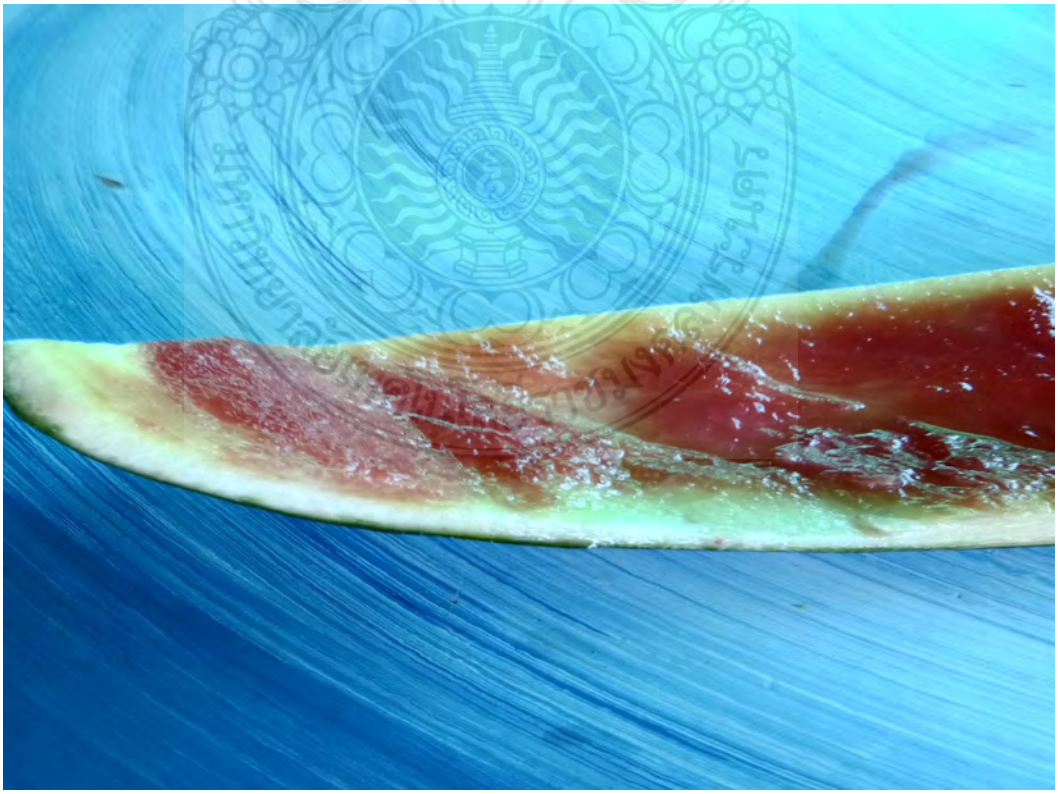
Zhang, B., Wang, L., Shahbazi, A., Diallo, O. and Whitmore, A. 2011. **Dilute-sulfuric acid Pretreatment of cattails for cellulose conversion.**

สืบค้นจาก www.google.com, เมื่อวันที่ 5/15/2018

ภาคผนวก

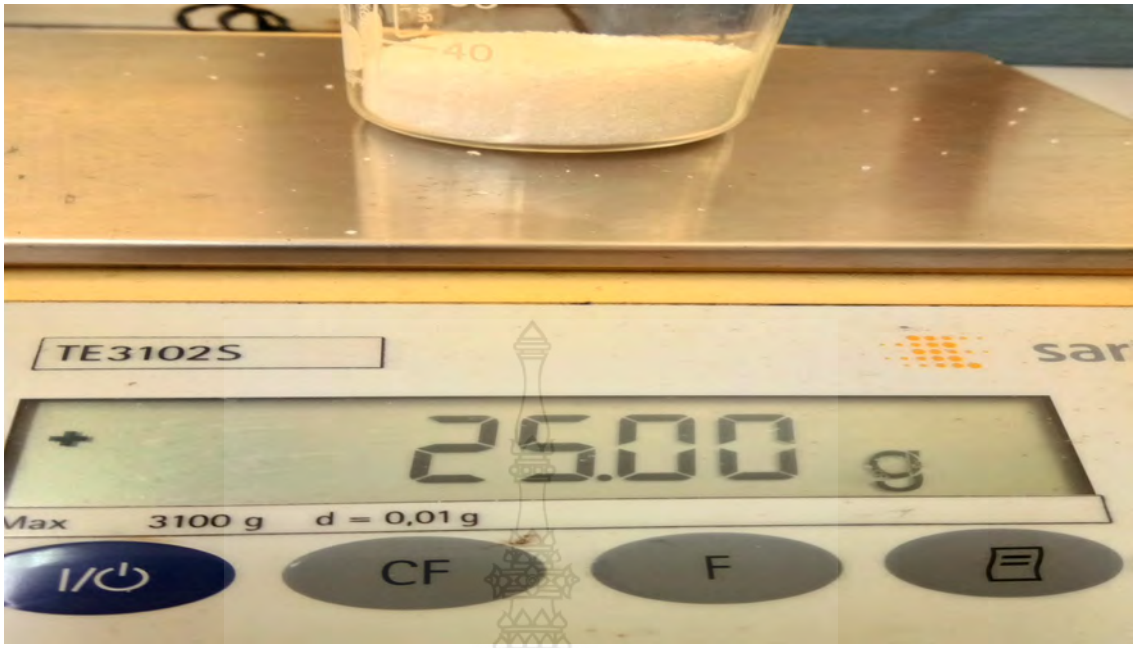
ภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล





TE3102S
sartorius
1.00 g
Tare
Max 3100 g d = 0,01 g
I/O
CF
F

TE3102S
sart
25.00 g
Max 3100 g d = 0,01 g
I/O
CF
F

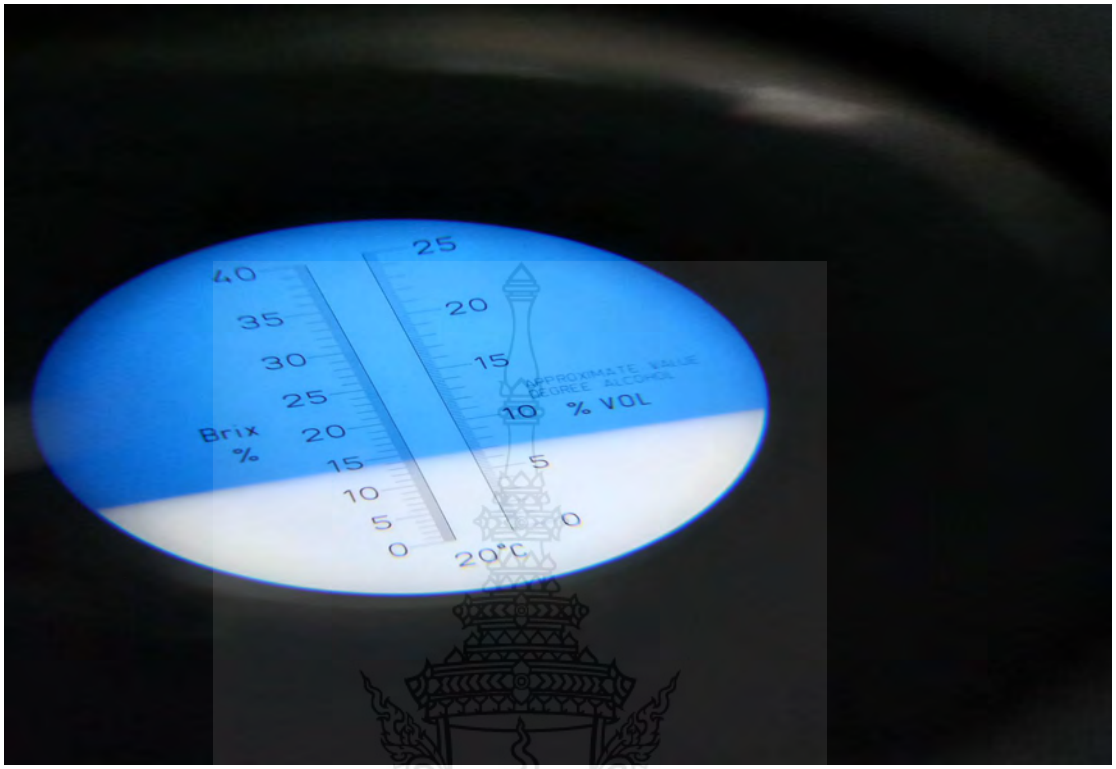

TE3102S
25.00 g
Max 3100 g d = 0,01 g
I/O
CF
F

TE3102S
sartorius
30.00 g
Max 3100 g d = 0,01 g
Tare
I/O
CF
F

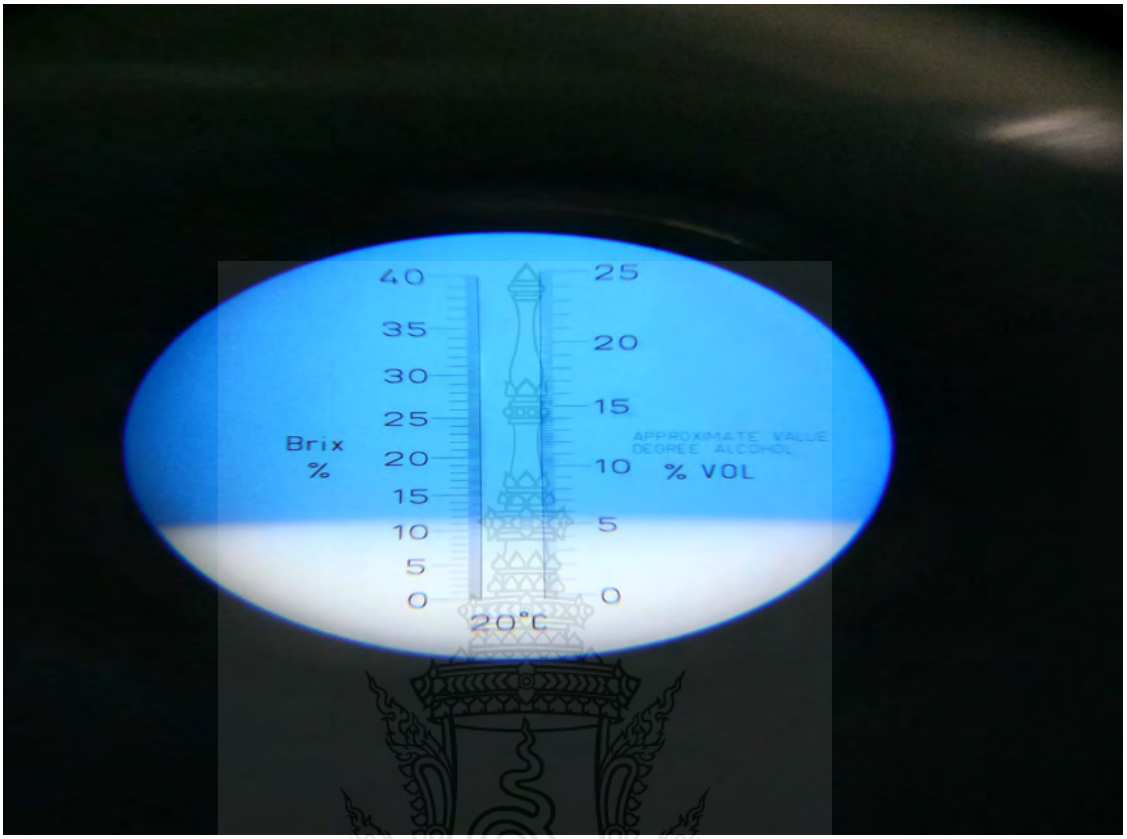
100 g
50 g
30 g
20 g
10 g

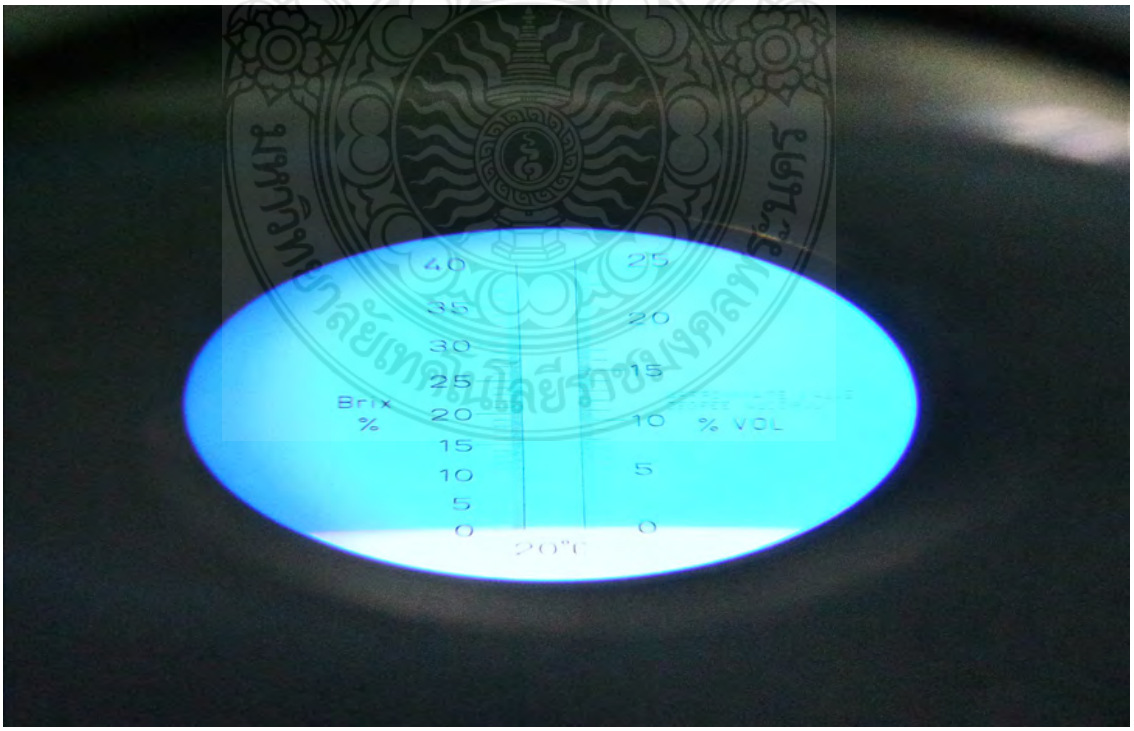
250 ml
5.0 g
40 g
30 g
20 g
10 g

250 ml
5.0 g
40 g
30 g
20 g
10 g


40
35
30
25
Brix
%
20
15
10
5
0
25
20
15
10
% VOL
5
0
20°C

35
30
25
Brix
%
20
15
10
5
0
20
15
10
% VOL
5
0
20°C


40
35
30
25
20
15
10
5
0
Brix
%
25
20
15
10
5
0
APPROXIMATE VALUE
DEGREE ALCOHOL
% VOL
20°C


40
35
30
25
20
15
10
5
0
Brix
%
25
20
15
10
5
0
% VOL
20°C

ประวัตินักวิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

1. **ชื่อนามสกุล (ภาษาไทย)**

   (ภาษาไทย) นางสาวสังเวย เสวกวิหรี

   (ภาษาอังกฤษ) SANGWOEI SAWEKWIHAREE

2. **เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน**

   317030018xxxx

3. **ตำแหน่งปัจจุบัน**

   ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. **หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)**

   คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทร 0-2836-3000 มือถือ 0877525684 E- mail : sangwoei.s@rmutp.ac.th

5. **ประวัติการศึกษา**

ระดับปริญญา	คุณวุฒิ/วิชาเอก	สถาบันอุดมศึกษา	ปีที่สำเร็จ
ปริญญาโท	คอ.ม (เคมี)	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	2540
ปริญญาตรี	คบ (เคมี)	สถาบันราชภัฏเชียงใหม่	2532

6. **สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ**

   วิทยาศาสตร์เคมี และ เภสัช

7. **ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย**

   7.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย

ไม่มี

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย: ชื่อโครงการวิจัย

ภาวะผู้นำของผู้บริหารสถาบันเทคโนโลยีราชมงคล วิทยาเขตโชติเวช

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว : ชื่อผลงานวิจัย ปีที่พิมพ์ การเผยแพร่และแหล่งทุน

พลังงานเชื้อเพลิงอัดแท่งจากเปลือกเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ ได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณประจำปี 2553 เผยแพร่ ในการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 3 “ การพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนดลยีในยุคเศรษฐกิจสร้างสรรค์ ” วันที่ 24 - 26 พ ฤศจิกายน พ.ศ. 2553 ณ ศูนย์ประชุมสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ กรุงเทพมหานคร

ศักยภาพด้านพลังงานของเชื้อเพลิงอัดแท่ง จากเปลือกมังคุดได้รับทุนอุดหนุนจากงบประมาณประจำปี 2555 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.เผยแพร่ในงานสัปดาห์วันวิทยาสาสตร์ “ จุดประกายความคิด พัฒนาชีวิตด้วยวิทยาสาสตร์ ” 16 -17 สิงหาคม 2555 คณะวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร กรุงเทพ ฯ
เผยแพร่ในหนังสือพิมพ์บ้านเมือง “ ถ่านเปลือกมังคุด เชื้อเพลิงชั้นยอด ” วันจันทร์ที่ 24 กันยายน 2555 ปีที่ 11 ฉบับที่ 3223 หน้า 13 (ล่าง) และหนังสือพิมพ์ไทยโพสต์ “ ถ่านเปลือกมังคุด เชื้อเพลิงชั้นยอด ผลงานวิจัยคณะวิทย์ มทร.พระนคร ” วันจันทร์ที่ 24 กันยายน 2555 ปีที่ 16 ฉบับที่ 5804 หน้า 7 (บน)

1. บทความ

Sangwoei Sawekwiharee1, Panakamom Deeyai2, and Naphat Chathirat1 , “Interpretation of XPS spectra of Double Perovskites of the Y2NiMnO6 Ceramics” International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2919),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 446-457.

Sangwoei Sawekwiharee1, ThanapongSareein2, Naphat Chathirat2,3 . “Electrical Characterization by Impedance Spectroscopy of double perovskites of Y2NiMnO6 ceramics” , International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2921),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 458-470.

Sangwoei Sawekwiharee, Thanaporn Boonchoo , Anchana Kuttiyawong, NaphatChathirat, “Measurement of the Flavonol Glucosides and Antioxidant Activities of Shallot by Gas

Chromatograps", , International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2922),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 590-597.

Sangwoei Sawekwiharee, Thanaporn Boonchoo , Anchana Kuttiyawong, NaphatChathirat, "Performance Evaluation of Heating Energy Briquettes from Cashew Nut Shell" , , International Conference on Engineering and Applied Science (ICEAS-2923),Hokkaido, Japan, 22-24July, 2014, p 598-606.

Sangwoei Sawekwiharee, Thanaporn Boonchoo, Anchana Kuttiyawong, Naphat Chathirat, "Heating Energy Briquettes from Cashew Nut Shell", Applied Mechanics and Materials Vol. 804 (2015) pp 283-286.

Sangwoei Sawekwiharee, Suejit Pechprasarn, ,Anchana Kuttiyawong,and Naphat Albutt, "Adsorption of Pb(II) from Solution by Mangosteen Peel Charcoal Powder" ,Applied Mechanics and MaterialsVol. 866 (2017), pp 116-118.

Sangwoei Sawekwiharee, and Naphat Albutt, " Energy from Fresh Water Weed,Hydrilla verticillata"วารสาร Applied Mechanics and Materials,891(2018) 78- 82.