รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

พลังงานทางเลือกจากวัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอก

Alternative Energy from Fresh Water Weed, Hydrilla verticillata (L.f) Royle

สังเวย เสวกวิหารี

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ชื่องานวิจัย : พลังงานทางเลือกจากวัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอก

ผู้วิจัย : สังเวย เสวกวิหารี

พ.ศ. : 2561

บทคัดย่อ

พลังงานจัดเป็นปัจจัยสำคัญที่มีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ หลายๆประเทศทั่วโลกจึงแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทน เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก ซึ่งแหล่งพลังงานทดแทนที่ประเทศไทยเรามีมากคือ เอทานอล ซึ่งสามารถผลิตได้จากผลผลิตทางการเกษตร รวมทั้งพืชที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส โดยเอทานอลที่ได้สามารถนำไปผสมกับน้ำมันเบนซิน ได้เป็นผลิตภัณฑ์ใหม่ เรียกว่า แก๊สโซฮอล์

งานวิจัยนี้ใช้วัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล โดยกระบวนการไฮโดรไลซีส การทำให้หวาน และการหมักพร้อมกัน โดยจุลินทรีย์ที่ใช้ในกระบวนการหมัก คือ ลูกแป้งข้าวหมาก พบว่า สาหร่ายหางกระรอกที่ผ่านการไฮโดรไลท์ด้วยกรดคือ H_2SO_4 ที่ความเข้มข้น 0.5 % วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ได้ค่าความเข้มข้น 4.0 % VOL , 9 Brix % ส่วนสาหร่ายหางกระรอกที่ผ่านการไฮโดรไลท์ด้วยด่างคือ NaOH ที่ความเข้มข้น 1 % วัดค่าความเข้มข้นของแอกอฮอล์ได้ค่าความเข้มข้น 3.5 % VOL, 8 Brix % และสาหร่ายหางกระรอกที่ไฮโดรไลท์ด้วยน้ำกลั่น (H_2O) วัดค่าความเข้มข้นของแอลกอฮอล์ได้ค่าความเข้มข้น 5.5 % VOL , 12 Brix %

ดังนั้นจึงกล่าวได้ว่าสาหร่ายหางกระรอกเป็นวัตถุดิบที่มีศักยภาพในการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือกได้ และใช้เป็นแหล่งพลังงานทดแทน แทนการใช้วัตถุดิบจากพืชอาหาร และพืชพลังงานอื่นๆ

Research Title : Alternative Energy from Fresh Water Weed , Hydrilla verticillata (L.f) Royle

Researcher : SANGWOEI SAWEKWIHAREE

Year : 2018

ABSTRACT

Energy is an important factor in the necessity of human life. Many countries around the world are seeking alternative energy sources. To use as alternative energy. Our alternative sources of energy are ethanol, which can be produced from agricultural products. Including plants with cellulose components. The ethanol can be mixed with gasoline. It is a new product called gasohol.

This research use of fresh water weed Hydrilla is a raw material in the production of ethanol. Hydrolysis sweetening and fermentation. The microorganisms used in fermentation processes, the yeast is found Hydrilla through hydrolysis, the acid is H_2SO_4 at 0.5 % . Measuring the concentration of the alcohol concentration of 4.0 % VOL, 9 Brix %. The Hydrilla through hydrolysis at alkaline NaOH is at a concentration of 1 % concentration of alcohol concentration was 3.5% VOL, 8 Brix %. Hydrilla and the Hydro Delight with distilled water (H_2O) to measure the concentration of the alcohol concentration of 5.5 % VOL, 12 Brix %.

Thus, it can be said that Hydrilla is a material that has the potential to produce ethanol for energy alternatives. And used as a source of renewable energy. Instead of using raw materials from food plants. And other energy crops.

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่ให้ทุนสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณผู้ที่มีส่วนร่วมในการทำงานวิจัยครั้งนี้ ขอบคุณทุกกำลังใจ ทุกคำแนะนำ และทุกความช่วยเหลือ ที่ให้กับผู้วิจัยด้วยดีเสมอมา

ผู้วิจัย

สารบัญ

		หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย		I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ		II
กิตติกรรมประกาศ		III
สารบัญ		IV
สารบัญตาราง		VI
สารบัญภาพประกอบ		VII
บทที่ 1	บทนำ	1
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	1
	ขอบเขตของการวิจัย	1
	ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
	นิยามศัพท์เฉพาะที่ใช้ในการวิจัย	2
บทที่ 2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	3
	แนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง	3
	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
บทที่ 3	วิธีดำเนินการวิจัย	16
	วิธีการดำเนินการ	16
บทที่ 4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	23
	ผลการศึกษา	23
บทที่ 5	สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ	28
	สรุปผลการวิจัย	28

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

เอกสารอ้างอิง 30

ภาคผนวก 31

1. แบบสอบถามงานวิจัย 31
2. ประวัตินักวิจัย 33

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	เกณฑ์การแปลความหมายข้อมูล	22
4.1	ลักษณะทั่วไปของเพศผู้ใช้ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	23
4.2	ช่วงวัยของผู้ใช้ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	24
4 .3	อาชีพของผู้ปกครองที่ให้เด็กใช้ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	25
4.4	รายได้ของผู้ปกครองที่ให้เด็กใช้ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	25
4.5	แสดงผลการประเมินความพึงพอใจโดยหาค่าความถี่ และค่าร้อยละ	26
4.6	แสดงค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานในการประเมินความพึงพอใจ	27
5.1	ความพึงพอใจเกี่ยวกับผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	28
5.2	เรียงลำดับความพึงพอใจของผู้ปกครองที่มีต่อผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	29

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
1.	หอมแดงสด	16
2	หอมแดงปอกเปลือก	16
3.	ตำหอมแดงในผ้าขาวบาง	16
4.	บีบน้ำสกัดจากหอมแดง	16
5.	แยกส่วนที่เป็นเนื้อกับน้ำ	17
6	น้ำสกัดจากหอมแดง	17
7.	เมนทอล 20 กรัม	19
8.	พิมเสน 20 กรัม	19
9.	การบูน 20 กรัม	19
10.	วาสลีนและฟาราฟิน	19
11.	คนส่วนผสมตามสูตรเข้าด้วยกัน	19
12.	เทส่วนผสมวิกซ์สมุนไพรหอมแดงใส่ขวด	19
13	ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	20
14.	ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	20
15.	กราฟแสดงลักษณะทั่วไปของเพศผู้ใช้ผลิตภัณฑ์วิกซ์สมุนไพรหอมแดง	25

บทที่ 1
บทนำ

พลังงานทางเลือกจากวัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอก

Alternative Energy from Fresh Water Weed , Hydrilla verticillata (L.f) Royle

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ปัจจุบันสภาวะการณ์ด้านพลังงาน เป็นปัญหาวิกฤตที่ส่งผลกระทบต่อภาวะเศรษฐกิจ และการดำรงชีพของมนุษย์สูงขึ้นเรื่อยๆ ปัญหาการขาดแคลนน้ำมันจัดเป็นปัญหาหนึ่งที่สำคัญ เอทานอลจึงเป็นพลังงานทางเลือกหนึ่ง ที่ใช้เป็นพลังงานทดแทนน้ำมันในอนาคต แต่การผลิตเอทานอลจากชีวมวล โดยใช้พืชผลทางการเกษตรเป็นวัตถุดิบ เช่น อ้อย ข้าวโพด ปาล์มน้ำมัน ข้างฟ่าง และมันสำปะหลัง อาจส่งผลกระทบต่อภาวะการขาดแคลนแหล่งอาหารของโลก เพราะพืชเหล่านี้เป็นพืชเศรษฐกิจ และเป็นพืชผลิตอาหาร ซึ่งจะส่งผลต่อต้นทุนการผลิตสินค้า ทำให้สินค้ามีราคาสูงขึ้น การผลิตเอทานอลจากวัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอก จึงเป็นพลังงานทางเลือกได้อีกแนวทางหนึ่ง

สาหร่ายหางกระรอกเป็นวัชพืชน้ำจืดที่ขึ้นตามหนองน้ำซึ่งมีอยู่ทั่วไป ตามท้องทุ่งนาในทุกภูมิภาคของประเทศไทย เป็นพืชที่นำมาใช้ประโยชน์น้อย และเป็นปัญหาขัดขวางการไหลของน้ำทำให้เกิดการระบายน้ำช้า อาจทำให้น้ำท่วมขังบางพื้นที่ เกิดความเสียหายต่อระบบการเกษตร ถ้าเรานำสาหร่ายหางกระรอกเหล่านี้มาผ่านกระบวนการหมัก จะทำให้ได้เอทิลแอลกอฮอล์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ การใช้เอทานอลเป็นเชื้อเพลิงเกิดจากสาเหตุหลายปัจจัย คือ วิกฤตพลังงาน ความมั่นคงทางเศรษฐกิจ ปัญหาทางสิ่งแวดล้อม และความต้องการพึ่งตนเองทางด้านพลังงาน ซึ่งการนำเอทานอลมาใช้เป็นเชื้อเพลิง จะเกิดประโยชน์สูงสุดทั้งด้านเศรษฐกิจ สังคม และสิ่งแวดล้อม ในด้านเศรษฐกิจนั้นจะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ เสริมสร้างความมั่นคงด้านพลังงานแก่ประเทศ สร้างมูลค่าเพิ่มให้แก่วัชพืชน้ำจืด ช่วยลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ลดสารที่ก่อภาวะเรื่อนกระจก ลดการนำผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงาน ได้พลังงานสะอาดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อโลก ช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน และยังเป็นการพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในประเทศ เพื่อผลิตพลังงานทางเลือก และใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำวัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอกมาผลิตเป็นพลังงาน
2. เพื่อลดปัญหาวัชพืชน้ำจืด จากแหล่งน้ำธรรมชาติ
3. เพื่อลดปัญหาภาวะโลกร้อน ด้วยการใช้พลังงานทางเลือก

ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ทดลอง ห้องปฏิบัติการเคมี (9406) คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

2. วัชพืชน้ำจืด ใช้สาหร่ายหางกระรอกจากบ่อเลี้ยงปลา และจากแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

3. ประเมินศักยภาพ และประสิทธิภาพของสาหร่ายหางกระรอก ด้านลังงาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ลดปัญหาการขาดแคลนพลังงานของประเทศไทยในอนาคต

2. ลดปัญหาการนำพืชอาหารมาผลิตเป็นพืชพลังงาน

3. เพิ่มแหล่งวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทนเพื่อเป็นทางเลือกใหม่ให้กับสังคม

นิยามศัพท์เฉพาะ

พลังงานทางเลือก (Alternative energy) หรือพลังงานทดแทน หมายถึง พลังงานสะอาดสามารถนำมาหมุนเวียนใช้ได้ต่อเนื่อง ไม่มีวันหมด เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม

วัชพืชน้ำจืด (Fresh water weed) หมายถึงวัชพืชที่ขึ้นตามริมตลิ่งที่มีดินชื้นมากๆเป็นพืชที่มีลำต้นอ่อน ใบบาง เพื่อลู่ไปตามกระแสน้ำ มีหลายลักษณะตามสภาพที่ขึ้น คือพวกลอยน้ำ ราก ไม่หยั่งดิน เช่น จอก แหน ผักตบชวา พวกรากหยั่งดินใบและดอกลอยตามผิวน้ำ หรืออยู่เหนือน้ำ เช่น บัว ตับเตา และพวกอยู่ใต้ผิวน้ำรากหยั่งดิน เช่น สาหร่ายหางกระรอก

สาหร่ายหางกระรอก (Hydrilla) ชื่อสามัญ Hydrilla , ชื่อวิทยาศาสตร์ hydrilla verticillata (L.f) Royle เป็นวัชพืชน้ำจืดที่พบในแหล่งน้ำที่มีแสงสว่างส่องถึงน้ำค่อนข้างใส มีความลึก 0.6 – 1 เมตร ลักษณะพื้นเป็นดินโคลน หรือโคลนปนทราย มีลำต้นเป็นสายเรียวยาว ทอดไปตามความสูงของระดับน้ำ อาจยาวได้ถึง 3 เมตร ทั้งใบและลำต้นจมใต้น้ำ ลักษณะของใบเป็นแผ่นบางเรียวยาวขนาดเล็กติดบนลำต้นเป็นชั้นๆ ใบยาว 10 -20 มิลลิเมตร กว้าง 2-5 มิลลิเมตร มีสีเขียวแก่ เส้นกลางใบสีแดง ขอบใบหยักเป็นซี่เล็กๆ มีดอกติดอยู่ที่ซอกใบระดับใต้น้ำ เมื่อดอกแก่จึงจะลอยขึ้นมาบานเหนือผิวน้ำ เจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.0 – 7.3 อุณหภูมิน้ำ 25 – 30 องศาเซลเซียส

ลูกแป้งหรือแป้งข้าวหมาก (dough balls or yeast) เป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ ที่มีเชื้อผสมทั้งเชื้อรา ยีสต์ และแบคทีเรีย เก็บในรูปเชื้อแห้ง ผลิตจากภูมิปัญญาพื้นบ้าน คุณภาพของลูกแป้งมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิต ลูกแป้งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม ขนาด 3-4 เซนติเมตร ประกอบด้วยเนื้อแป้งสีขาวนวล ไม่มีรอยแตก เนื้อแป้งจะมีจุลินทรีย์ประเภทเปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์อยู่จำนวนมาก

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) ให้เป้นแก๊สโซฮอล์ (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

วัชพืชน้ำจืด

วัชพืชน้ำ หมายถึง วัชพืชที่ขึ้นตามลิมตลิ่งที่มีดินชื้นมาก ๆ มักพบพืชที่มีลำต้นอ่อน ใบบาง เพื่อลู่ไปตามกระแสน้ำได้ดี มีหลายลักษณะตามสภาพที่ขึ้น คือพวกลอยน้ำ รากไม่หยั่งดิน เช่น จอก แหน แหนแดง ผักตบชวา และไข่น้ำ พวกราหยั่งดิน ใบและดอกลอยตามผิวน้ำ หรืออยู่เหนือน้ำ เช่น บัว ตับเตา บางชนิดอยู่ใต้บางชนิดอยู่ใต้ผิวน้ำรากหยั่งดิน เช่นสาหร่ายหาง

กระรอก สาหร่ายไฟ แหนปากเป็ด สาหร่ายเส้นด้าย สาหร่ายพุงชะโดบางชนิดขึ้นตามดินชื้นมากๆ หรือที่ที่มีน้ำขังตื้นๆ เช่น เทียนนา แห้วทรงกระเทียม หญ้าขนหญ้านกสี วัชพืชน้ำมักเป็นวัชพืชในนาข้าว ซึ่งก่อให้เกิดปัญหาด้านชลประทาน และด้านประมง

สาหร่ายหางกระรอก

สาหร่ายหางกระรอก Hydrilla veetcicillata (L.f.) RoyIe เป็นวัชพืชน้ำจืดที่พบแหล่งน้ำที่มีแสงสว่างส่องถึง น้ำค่อนข้าวใส มีความลึก 0.6-1 เมตร ลักษณะพื้นเป็นดินโคลน หรือโคลนปนทรายมีลำต้นเป็นสายเรียวยาว ทอดไปตามความสูงของระดับน้ำ อาจยาวได้ถึง 3 เมตร ทั้งใบและลำต้นจมใต้น้ำ ลักษณะของใบเป็นแผ่นบางเรียวยาวขนาดเล็กติดบนลำต้นเป็นชั้นๆใบยาว10-๒0มิลลิลิเมตร กว้าง2-5มิลลิเมตร มีสีเขียวแก่ เส้นกลางใบสีแดง ขอบใบหยักเป็นซี่เล็กๆ มีดอกติดอยู่ที่ซอกใบระดับใต้น้ำ เมื่อดอกแก่จึงจะลอยขึ้นมาบานเหนือผิวน้ำเจริญได้ดีในน้ำที่มี pH 6.0-7.3 อุณหภูมิน้ำ25-30องศาเซลเซียล สาหร่ายหางกระรอก เป็นวัชพืชจืด ที่พบได้ตามแหล่งน้ำทั่วไป แพร่ขยายพันธ์ได้รวดเร็ว มีลำต้นเป็นสายเรียวยาวแตกกิ่งก้านมาก ใบเป็นแผ่นบางเรียวยาวสีเขียวเข้ม ขอบใบจักเป็นซี่เล็กๆแตกรอบข้อของลำต้นเป็นชั้นๆ ชั้น ละ 3-8 ใบ ประโยชน์ของสาหร่ายหางกระรอกใช้เป็นอาหารปลา และปลูกเป็นไม้ประดับในตู้ปลาเท่านั้น เมื่อมีการศึกษาคนคว้า พบว่ามีการวิจัยเกี่ยวกับวัชพืชพวกหญ้า ว่ามีเซลลูโลสที่สามารถนำมาผลิตเอทานอลได้ และสาหร่ายหางกระรอกจัดเป็นวัชพืชที่มีสีเขียวเช่นเดียวกับหญ้า จึงน่าจะมีเซลลูโลสที่สารมารถผลิตเอทานอลได้ และความมันวาวของสาหร่ายหางกระรอก น่าจะนำมาสกัดน้ำมันที่สามารถผลิตเป็นไบโอดีเซลได้

เอทานอล (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 ประกอบด้วยคาร์บอน 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 หรือน้ำมันดีเซลในสัดส่วนต่างๆเช่นน้ำมันแก๊สโซฮอล์ที่ได้จากการผสมระหว่างน้ำมันเบนซินไร้สารตะกั่ว 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 หรือลูกสูบทั้งนี้

ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ของสาหร่ายที่ต้องการคั้น 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 หรือ ทรานเอสเทอริฟิเคชัน (transesterification) เช่นเดียวกับน้ำมันจากพืชชนิดอื่น

ลูกแป้ง หรือแป้งข้าวหมาก

ลูกแป้งหรือแป้งข้าวหมาก เป็นกล้าเชื้อจุลินทรีย์ผสมธรรมชาติผลิตจากภูมิปัญญาพื้นบ้าน คุณภาพของลูกแป้งมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับวัตถุดิบและกระบวนการผลิต ลูกแป้งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลม ขนาด 3-4 เซนติเมตร ประกอบด้วยเนื้อแป้งสีขาวนวล ไม่มีรอยแตก เนื้อแป้งจะมีจุลินทรีย์ประเภทเปลี่ยนแป้งเป็นแอลกอฮอล์อยู่จำนวนมาก โดยจุลินทรีย์ที่ตรวจพบในลูก

แป้งข้าวหมากพื้นบ้าน 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) คุณสมบัติของยีสต์ที่ใช้ในการผลิตเอทานอล 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 และมีพันธุกรรมที่ไม่เปลี่ยนแปลงได้ง่าย 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 โดยยีสต์ที่เจริญในสภาวะที่มีอากาศหรือในสภาวะที่มีกรดไขมันไม่อิ่มตัว พบว่ามีการตอบสนองต่อเอทานอลน้อย (Smart, 2000) แต่เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีอุณหภูมิสูงช่วยส่งเสริมให้ความเป็นพิษของเอทานอลมีมากขึ้น การผลิตเอทานอลลดลงเมื่อยีสต์อยู่ในสภาพที่มีอุณหภูมิสูงสุดที่ยีสต์สามารถเจริญได้ และการผลิตเอทานอลมีมากขึ้นเมื่อยีสต์อยู่ในสภาวะของอุณหภูมิต่ำสุดของการเจริญ (Casey and Ingledew, 1985)

เอทานอลมีผลต่อการยับยั้งแบบไม่แข่งขันในการขนส่งกลูโคส มอลโทสแอมโมเนีย และกรดอะมิโนต่างๆ ยีสต์สายพันธุ์ที่เยื่อหุ้มเซลล์มีส่วนประกอบของกรดไขมันไม่อิ่มตัวปริมาณมาก สามารถมีชีวิตอยู่ได้เมื่ออยู่ในสภาวะที่มีความเข้มข้นของเอทานอลสูงๆ 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) ดังนั้น การใช้ยีสต์ S. cerevisiae มาหมักในสภาวะเช่นนี้ จึงมีผลให้การหมักเป็นไปได้ช้าๆ และเมื่อเลือกใช้ยีสต์ที่ทนต่อแรงดันออสโมซิส เช่น Saccharomyces rouxii พบว่าสามารถเจริญได้ดีในอาหารที่มีความเข้มข้นของน้ำตาลสูง แต่มีความสามารถในการผลิตเอทานอลต่ำ (Panchal and Stewart, 1980; D'Amore et al., 1988)

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอทานอล : พลังงานทดแทนในวิถีพอเพียง รองศาสตราจารย์ ดร. สุจิตรา วงศ์เกษมจิตต์ และนายเดโช ขุนนคร ได้ศึกษาวิจัยหากระบวนการเปลี่ยนพืชให้เป็นน้ำตาล ให้ง่าย และเร็วกว่าการหมัก รวมทั้งใช้วัสดุอื่น ๆ ที่มีต้นทุนต่ำ เพื่อมาทดแทนการใช้อ้อย ข้าวโพด หรือมันสำปะหลัง โดยศึกษาจากผลงานวิจัยที่ได้รวบรวมขึ้นในประเทศสหรัฐอเมริกาทางด้านพืชหลายๆชนิดที่สามารถนำมาหมักเพื่อให้ได้เอทานอล ซึ่งวัสดุที่กลุ่มวิจัยเลือกใช้ในการศึกษาเพื่อใช้เป็นวัสดุชีวมวลสำหรับกระบวนการหมักเอทานอลได้แก่ กากอ้อย และหญ้าช้าง (Miscantus) จากการศึกษาพบว่า วัสดุทั้งสองชนิดนี้ จะให้ปริมาณน้ำตาลที่สูง หลังผ่านกระบวนการทางเคมี โดยใช้เวลาในการเปลี่ยนเป็นน้ำตาลค่อนข้างสั้น แสดงให้เห็นว่า ทั้งกากอ้อย และหญ้าช้างสามารถนำมาใช้ทดแทนวัสดุชีวมวลที่ใช้ผลิตเอทานอลในปัจจุบันได้ สิ่งสำคัญที่สุดคือ กากอ้อย และหญ้าช้าง เป็นวัชพืชธรรมชาติที่ชอบขึ้นตามบริเวณไร่อ้อย ทำให้ไม่มีการแข่งขันทางด้านราคา ดังนั้นการนำกาก

อ้อย และหญ้าช้างมาทดแทนในกระบวนการหมักนั้น จะให้ประสิทธิภาพทางด้านราคา และการแข่งขันในการผลิตเอทานอลที่ดีขึ้น (สุจิตรา วงศ์เกษมจิตต์ และนายเดโช ขุนนคร, 2552)

การผลิตเอทานอลจากมันเทศเหลือทิ้ง จากการนำมันเทศเหลือทิ้งจากไร่นาของเกษตรกร ซึ่งเป็นมันเทศที่เสียหายจากการถูกด้วงงวงทำลาย มาทำการหมักเพื่อผลิตเป็นเอทานอล เปรียบเทียบกับมันเทศคุณภาพดี 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 นางสาวเทียมแข มโนวรกุล นักเรียนโรงเรียนชลราษฎรอำรุง จังหวัดชลบุรี เยาวชนโครงการพัฒนาอัจฉริยภาพทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสำหรับเด็กและเยาวชน (Junior Sicence Talent Project : JSTP) สวทช พบว่า ในกระบวนการผลิตเอทานอลจากวัชพืช ต้องเริ่มต้นจากการนำวัชพืชไปผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิส (การย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว) เพื่อให้ได้น้ำตาลรีดิวซ์ (น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวที่มีหมู่คาร์บอนิล ซึ่งถูกออกซิไดซ์ได้ง่าย เป็นน้ำตาลที่ยีสต์สามารถนำไปใช้ในกระบวนการหมัก) ก่อน จากนั้นจึงนำน้ำตาลรีดิวซ์ที่ได้ไปเป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมัก เพื่อให้ได้เอทานอล 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 พบว่า ปริมาณเยื่อ 10 % w / v ในการหมักที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส เป็นภาวะที่เหมาะสม มี

ปริมาณเอทานอล 28.47 กรัมต่อลิตร และ Ethanol yield 79.01 % เนื่องจากการเพิ่มปริมาณเยื่อและอุณหภูมิส่งผลให้มีปริมาณเอทานอลสูงขึ้น (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 และสมการความสัมพันธ์ของปัจจัยต่าง 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) ได้ทำการศึกษาสภาวะของการผลิตไบโอเอทานอลจากกาก

มะพร้าว 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 เปอร์เซ็นปริมาตรต่อปริมาตร

วิไลวรรณ (2552) ได้ทำการศึกษาผลของการปรับสภาพไม้ไผ่ด้วยยกรดซัลฟูริกเจือจางก่อนเข้าสู่ กระบวนการย่อยสลายด้วยเอนไซม์ โดยใช้ไม้ไผ่ปริมาณร้อยละ 10 น้ำหนักต่อน้ำหนักจากผลการทดลอง พบว่าสภาวะของการปรับสภาพที่ดีที่สุด คือ ที่ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริกร้อยละ 1.20 อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 90 นาที พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสและน้ำตาลไซโลสสู งที่สุด แต่ในช่ วงที่ ความเข้มข้นของกรดซัลฟูริก ร้อยละ 1.20 อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 60 นาที พบว่าได้ปริมาณน้ำตาลรี ดิ่วสูงที่สุด หลังจากนั้นทาการหมักด้วยยีสต์S. cerevisiae เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ได้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุดจากสภาวะของการปรับสภาพดังกล่าว

ปรียารัตน์ โยวะผุย (2550) ได้ทำการศึกษาการผลิตเอทานอลโดยกระบวนการทำให้เป็นน้ำตาลควบคู่กบ การหมักจากวัสดุ เหลือใช้ทางการเกษตร โดยศึกษาปัจจัย ต่างๆ ดังนี้ปริมาณแป้งที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอล โดยใช้ความเข้มข้นของแป้งร้อยละ 0.25 แล้วนำไปย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส 166.7 มิลลิยนิต ที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมงและเติม เอนไซม์ อะไมโลกลู โคซิ เดส 333.33 มิลลิยูนิต ที่ อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส ใช้เวลา24 ชั่วโมง แล้วจึงใส่ S.cerevisiae 5048 หมักไว้ที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง และ 36 ชั่วโมง ได้ผลผลิตเอทานอล 0.832 กรัมต่อลิตร และ 0.8912 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าเมื่อระยะเวลาในการหมักเพิ่มขึ้นปริมาณเอทานอลที่ได้จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย

รัชดาภรณ์ เบญจวัฒนานนท์ (2550) ได้ทำการศึกษาการผลิต เอทานอลจาก หยวกกล้วยโดยใช้ยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ด้วยวิธีการหมักแบบกะ ทำการทดลองโดยการนำหยวกกล้วยซึ่งมีเซลลูโลสเป็นองค์ประกอบหลักมาย่อยด้วยกรดเกลือเข้มข้น ที่ค่าพีเอช 4.5-5 เพื่อให้เซลลูโลสเปลี่ยนเป็นแป้งก่อน ซึ่งใช้เวลาประมาณ 15-30 นาที หลังจากนั้นนำแป้งที่ได้มา หมักด้วยยีสต์ Saccharomyces cerevisiae และปรับความหวานที่ ระดับ ความเข้มข้นของน้ำตาล 20 บริกซ์ ทำการหมักเป็นเวลา 5-7 วัน ใช้พีเอชในการหมัก 4.5–5 หลังจากนั้นนำเอทานอลที่ผลิตได้ กลั่นด้วยเครื่อง Ratory evaporator ได้ปริมาณเอทานอลเฉลี่ย 676.76 มิลลิลิตร และเมื่อนำไปกลับ ลำดับส่วนได้ผลผลิตเอทานอลบริสุทธิ์ ร้อยละ 80.66

กล้าณรงค์ และคณะ (2549) ทำการศึกษา การพัฒนาการผลิตเอทานอลจาก มันสำปะหลัง โดยการปรับปรุงการย่อยแป้งดิบด้วยเอนไซม์ ใช้มันเส้นเข้มข้นร้อยละ 25 โดยมวลแห้ง จำนวน 2.5

ลิตร ปรับพีเอชเป็น 4.5 ทำการย่อยแป้งดิบด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลสและ กลูโคอะไมเลสที่ ค วามเข้มข้นร้อยละ 0.125, 0.25 และ 0.5 โดยมวลแห้ง ทำการหมัก ด้วยยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ร้อยละ 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 องศาเซลเซียส พีเอช 4.8 และเขย่า 140 รอบต่อนาที หลังจากนั้นทำการหมักแบบ Simultaneous Saccharification and Fermentation Process ด้วยยีสต์ Saccharomyces cerevisiae ที่ พีเอชเริ่มต้นเท่ากับ 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 จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

3.1.1 ลูกแป้ง หรือแป้งข้าวหมาก เป็นผลผลิตกล้าเชื้อจุลินทรีย์ผสมธรรมชาติ ผลิตจากภูมิปัญญาพื้นบ้านหาซื้อจากตลาดในจังหวัดสิงห์บุรีลูกแป้งมีลักษณะเป็นก้อนแป้งครึ่งวงกลมมีขนาด 3-4 เซนติเมตร น้ำหนักลูกละ 10 -11 กรัม ประกอบด้วยเนื้อแป้งสีขาวนวล ไม่มีรอยแตก

รูปที่ 1 จุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก

รูปที่ 2 ชั่งน้ำหนักจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก

รูปที่ 3 บดลูกแป้งข้าวหมาก

รูปที่ 4 บดลูกแป้งจนละเอียด

3.2 การเตรียมวัตถุดิบตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอก

3.2.1 นำสาหร่ายหางกระรอกขึ้นจากน้ำ ล้างให้สะอาด ผึ่งลมให้แห้ง ชั่งน้ำหนักสด และจดบันทึก

รูปที่ 5 สาหร่ายหางกระรอกในอ่างน้ำ

รูปที่ 6 ล้างน้ำให้สะอาด

รูปที่ 7 ผึ่งลมให้แห้ง

รูปที่ 8 ชั่งน้ำหนักสด

3.2.2 นำไปตากแดดจนแห้ง เก็บใส่ถุงชั่งน้ำหนักแห้ง และจดบันทึก

รูปที่ 9 ตากแดดให้แห้ง

รูปที่ 10 ชั่งน้ำหนักแห้ง

3.2.3 นำสาหร่ายหางกระรอกแห้งมาปั่น ด้วยเครื่องปั่นให้เป็นชิ้นเล็กๆ เก็บใส่ถุงซิป ใช้เป็นวัตถุดิบตัวอย่างในการทดลองต่อไป

รูปที่ 11 ปั่นย่อยลดขนาดเป็นชิ้นเล็กๆ

รูปที่ 12 เก็บใส่ถุงซิป

3.3 การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอก ด้วยกระบวนการไฮโดรไลซีสด้วยกรด และเบส

3.3.1 ปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกในสารละลายกรด โดยใช้กรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ความเข้มข้น 0.5 % โดยน้ำหนัก ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 โมง

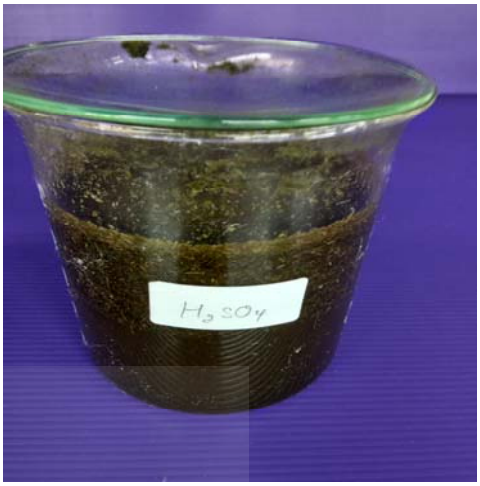
3.3.2 ปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกในสารละลายเบส โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ความเข้มข้น 1% ที่อุณหภมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง

3.3.3 ปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอกในน้ำกลั่น โดยใช้น้ำกลั่นที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่วโมง

3.3.4 ล้างวัตถุดิบตัวอย่างที่ปรับสภาพด้วยสารละลายกรด และสารละลายเบส ด้วยน้ำกลั่น จนวัตถุดิบตัวอย่างมีสภาพเป็นกลาง วัดค่าพีเอชได้ 7

3.3.5 นำวัตถุดิบตัวอย่างที่ปรับสภาพจนเป็นกลางแล้วผึ่งแดดให้แห้ง นำเข้าตู้อบ อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซนเซียส จนกระทั่งน้ำหนักคงที่

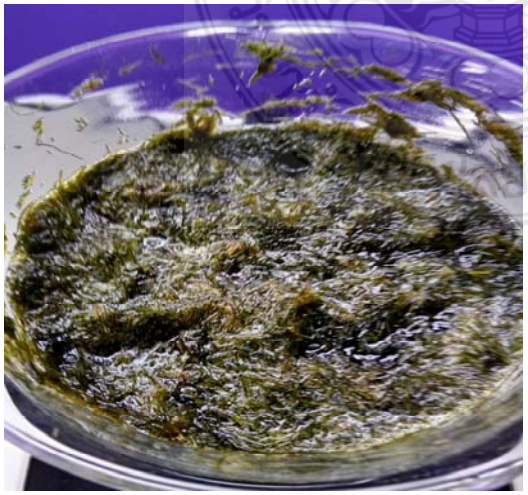
รูปที่ 13 ปรับสภาพวัตถุดิบด้วย NaOH



รูปที่ 14 ปรับสภาพวัตถุดิบด้วย H_2SO_4

รูปที่ 15 ปรับสภาพวัตถุดิบด้วย H_2O

รูปที่ 16 กรองแยกส่วนสารละลายออก



รูปที่ 17 ล้างวัตถุดิบด้วยน้ำกลั่นจนเป็นกลาง

รูปที่ 18 อบวัตถุดิบตัวอย่างจนน้ำหนักคงที่

3.4 การผลิตเอทานอล โดยการทำให้หวานและการหมักด้วยจุลินทรีย์พร้อมกัน

3.4.1 การทำให้หวานด้วย ซูโครส (sucrose) โดยการปรับปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นเป็น 20 องศาบริกซ์ โดยใช้น้ำตาลทราย 60 กรัม ละลายในน้ำ 250 มิลลิลิตร

3.4.2 การหมักด้วยจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก โดยการนำลูกแป้งจากข้อ 3.1.1 มาละลายน้ำ 50 มิลลิลิตร คนให้ลูกแป้งละลาย เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ให้ยีสต์ในลูกแป้งทำงาน

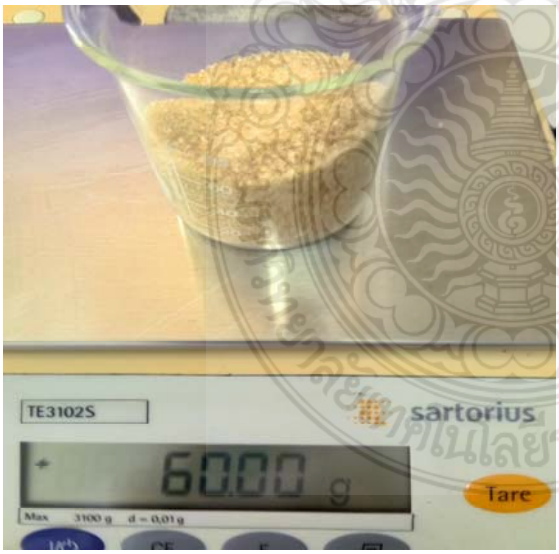
3.4.3 นำวัตถุดิบตัวอย่างจากข้อ 3.3.5 มาใส่ในขวดรูปชมพู่ 3 ใบ ใบละหนึ่งตัวอย่าง ตัวอย่างละ 10 กรัม แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปทั้งสามใบ ใบละ 250 มิลลิลิตร

3.4.4 เติมสารละลายซูโครส ความหวานที่ 20 องศาบริกซ์ ปริมาณ 250 มิลลิลิตร ลงไปทั้งสามตัวอย่าง คนให้เข้ากัน ตั้งให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที

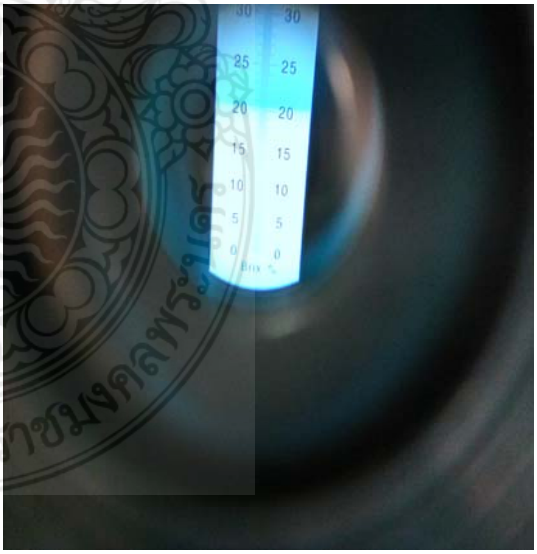
3.4.5 ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง แล้วเติมจุลิยทรีย์ลูกแป้งข้าวหมากจากข้อ 3.4.2 ลงไปทั้งสามตัวอย่าง ปิดฝาขวดรูปชมพู่ด้วยสำลี

3.4.6 นำขวดทั้งสามใบ เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง โดยเก็บตัวอย่างการหมักครั้งละ 5 มิลลิลิตร ทุกๆ 6 ชั่วโมง เป็นเวลา 36 ชั่วโมง

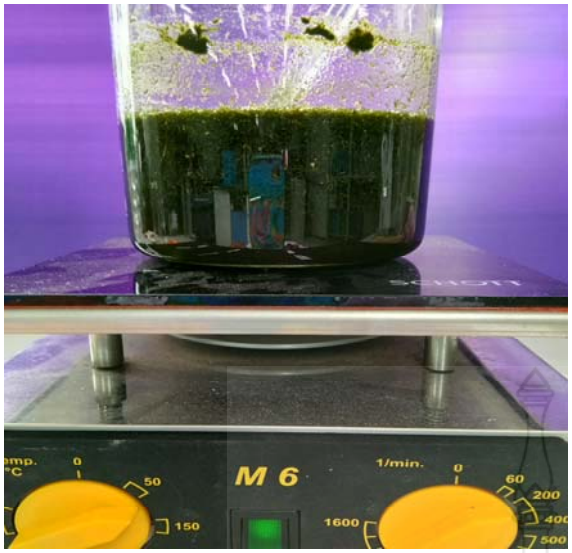
3.4.7 นำตัวอย่างที่เก็บมาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์



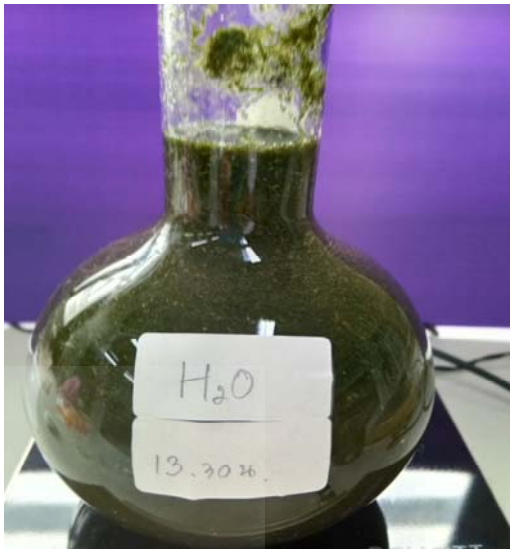
รูปที่ 19 ชั่งน้ำตาล 60 กรัม



รูปที่ 20 ปรับความหวาน 20 องศาบริกซ์

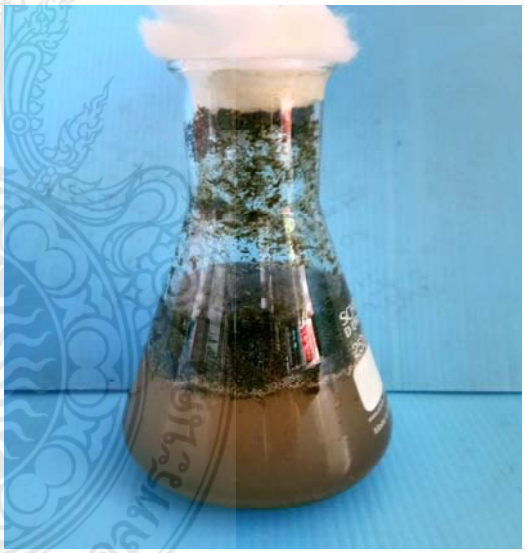


รูปที่ 21 ตั้งไฟที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส



รูปที่ 22 ปล่อยให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 23 เติมเชื้อลูกแป้งข้าวหมาก



รูปที่ 24 ปิดจุกด้วยสำลี

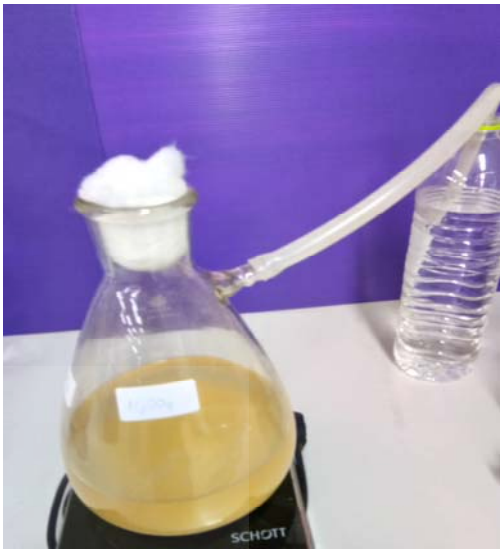
รูปที่ 25 หมักที่อุณหภูมิห้อง

รูปที่ 26 หมักที่อุณหภูมิห้อง 6 ชั่วโมง

รูปที่ 27 หมักที่อุณหภูมิห้อง 12 ชั่วโมง

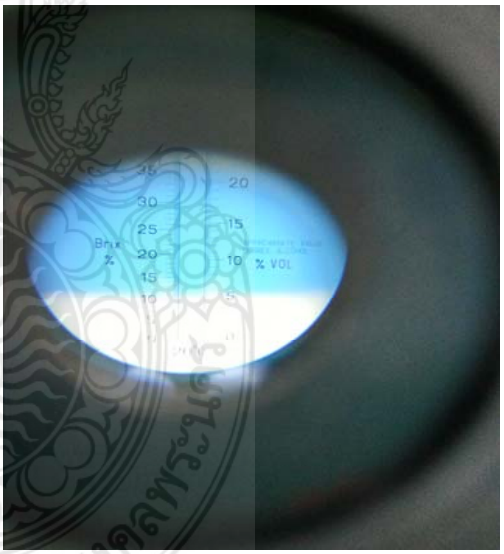
รูปที่ 28 หมักที่อุณหภูมิห้อง 36 ชั่วโมง

รูปที่ 29 กรองแยกเก็บสารละลาย

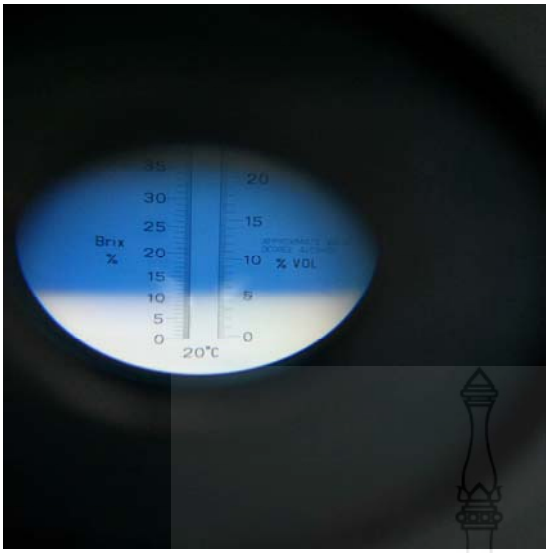


รูปที่ 30 หมักต่อที่อุณหภูมิห้อง 15 วัน

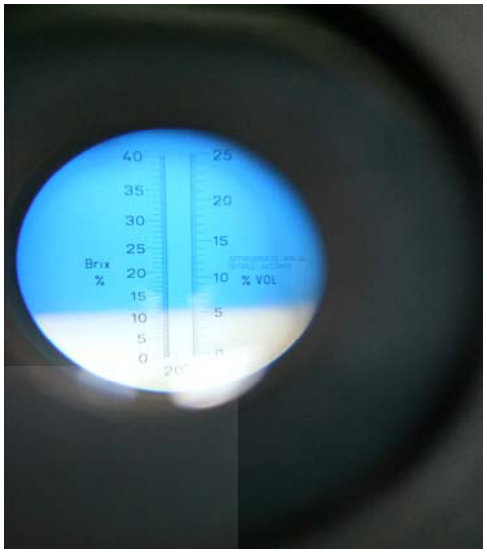
รูปที่ 31 เริ่มหมักวัดปริมาณแอลกอฮอล์ได้ 0 %



รูปที่ 32 หมัก 6 ชัวโมง วัดได้ 5 %



รูปที่ 33 หมัก 12 ชั่วโมง วัดได้ 5 %



รูปที่ 34 หมักครบ 36 ชั่วโมง วัดได้ 5 %

รูปที่ 35 รีแฟรกโตมิเตอร์ วัดปริมาณแอลกอฮอล์

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผลการศึกษา

1. จุลินทรีย์ที่ใช้ในการทดลอง

เมื่อนำจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมากหนัก 10 กรัม บดละเอียด ผสมน้ำกลั่น 50 มิลลิลิตร คนให้เนื้อลูกแป้งรวมเป็นเนื้อเดียวกับน้ำ ที่อุณหภูมิห้อง เนื้อแป้งจะพองตัวขึ้นฟู

2. การเตรียมวัตถุดิบตัวอย่าง

2.1 เมื่อนำสาหร่ายหางกระรอกขึ้นจากน้ำ ล้างให้สะอาดผึ่งลมจนแห้ง ชั้งน้ำหนักสาหร่ายสดได้น้ำหนัก 1000 กรัม

2.2 นำสาหร่ายหางกระรอกตากแดด 3-5 วัน จนแห้ง ชั่งน้ำหนักสาหร่ายแห้งได้น้ำหนัก 400 กรัม

2.3 นำสาหร่ายหางกระรอกแห้งมาปั่นด้วยเครื่องปั่น จนได้สาหร่ายหางกระรอกเป็นวัตถุดิบตัวอย่างชิ้นเล็กๆ เก็บใส่ถุงซิป

3. การปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่าง

3.1 การปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่างด้วยกรด ซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 % โดยน้ำหนักที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 6 ชั่โมงพบว่า สาหร่ายหางกระรอก มีสีซีดจาง เมื่อกรองแยกสารละลายออกจากวัตถุดิบ สารละลายมีสีแดง

3.2 การปรับสภาพวัตถุดิบตัวอย่างด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1 % ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายหางกระรอก มีสีเขียวสด เมื่อกรองแยกสารละลายออกจากวัตถุดิบ สารละลายมีสีเขียวใส

3.3 การปรับสภาพวัตถุดิบด้วยน้ำกลั่น ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 ชั่วโมง พบว่า สาหร่ายหางกระรอก มีสีเขียว เมื่อกรองแยกสารละลายออกจากวัตถุดิบ สารละลายใสไม่มีสี

3.4 ล้างวัตถุดิบตัวอย่าง ทั้ง 3 ตัวอย่างให้เป็นกลางด้วยน้ำกลั่น โดยการล้างวัตถุดิบหลายๆครั้ง วัดค่าความเป็น กรด- เบส ด้วยเครื่องพีเอชมิเตอร์ จนได้ค่าพีเอช เท่ากับ 7

3.5 นำวัตถุดิบตัวอย่างที่ปรับสภาพจนเป็นกลางแล้ว ผึ่งแดดให้แห้ง และอบต่อในตู้อบที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 2 ชั่วโมง จนได้น้ำหนักคงที่

4. การผลิตเอทานอล

เมื่อนำวัตถุดิบตัวอย่างสาหร่ายหางกระรอก ทั้ง 3 ตัวอย่างมาใส่ลงในขวดรูปชมพู่ ตัวอย่างละ 1 ใบ ใบละ 10 กรัม เติมน้ำกลั่นปริมาตร 250 มิลลิลิตร และสารละลายน้ำตาลซูโครส 250 มิลลิลิตร ลงไปผสมคนให้เข้ากัน ตั้งไฟให้ร้อนที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที แล้วปล่อย

ให้เย็นที่อุณหภูมิห้อง เติมเชื้อยีสต์จากลูกแป้งข้าวหมากลงไปทั้ง 3 ตัวอย่าง ปิดฝาขวดด้วยสำลี เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เก็บตัวอย่างที่ได้การจากหมักครั้งละ 5 มิลลิลิตร ทุก ๆ 6 ชั่วโมงเป็นเวลา 36 ชั่วโมง ผลจากการเก็บตัวอย่างมาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ได้ผลดังตาราง

ตารางที่ 1 ผลจากการวัดปริมาณแอลกอออล์ที่ผลิตได้จากกระบวนการหมัก

วัตถุดิบตัวอย่าง	เวลาเริ่มต้น	เวลา 6 ชั่วโมง	เวลา 12 ชั่วโมง	เวลา 36 ชั่วโมง
1 ปรับสภาพด้วย H_2SO_4	0 %	4 %	4 %	4 %
2 ปรับสภาพด้วย NaOH	0 %	3.5 %	3.5 %	3.5 %
3 ปรับสภาพด้วย H_2O	0 %	5 %	5 %	5 %

จากการวัดปริมาณแอลกอออล์ที่ผลิตได้ เมื่อหมักครบ 6 ชั่วโมง มีปริมาณแอลกอออล์เกิดขึ้นสูงสุด 5 % คือวัตถุดิบตัวอย่างที่ 3 ที่ปรับสภาพด้วยน้ำกลั่น และเมื่อหมักต่อไปจนครบ 36 ชั่วโมงไม่มีผลผลิตแอลกอออล์เพิ่มขึ้น เช่นเดียวกันทั้ง 3 ตัวอย่าง

เมื่อเก็บตัวอย่างมาวัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ครบ 36 ชั่วโมง กรองแยกสารละลายออกมาหมักต่ออีก 15 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ ได้ผลดังตาราง ตารางที่ 2 ผลจากการหมักสารละลายตัวอย่างต่ออีก 15 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้

สารละลายตัวอย่าง	ปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้
ตัวอย่างที่ 1 ปรับสภาพด้วย H_2SO_4	4 %
ตัวอย่างที่ 2 ปรับสภาพด้วย NaOH	3.5 %
ตัวอย่างที่ 3 ปรับสภาพด้วย H_2O	5 %

เมื่อนำวัตถุดิบตัวอย่าง กรองแยกสารละลายออกมาหมักต่อที่อุณหภูมิห้องอีก 15 วัน วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ พบว่า ไม่มีแอลกอฮอล์เกิดเพิ่มขึ้น ทั้ง 3 ตัวอย่าง

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย และข้อเสนอแนะ

สรุปผลการวิจัย

5.1 ผลจากการนำวัชพืชน้ำจืดสาหร่ายหางกระรอกมาผลิตเป็นพลังงาน สาหร่ายหางกระรอกสามารถนำมาผลิตแอลกอฮอล์ ได้ทั้ง 3 ตัวอย่าง โดยสาหร่ายหางกระรอกที่ปรับสภาพด้วยน้ำกลั่นและหมักด้วยจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก เป็นเวลา 6 ชั่วโมง วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ด้วยเครื่องรีแฟรกโตมิเตอร์ ได้ปริมาณผลผลิตแอลกอฮอล์มากที่สุด คือ 5 % ลองลงมาคือ สาหร่ายหางกระรอกที่ปรับสภาพด้วยกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้ 4 % และสาหร่ายหางกระรอกที่ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) วัดปริมาณแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้น้อยที่สุดคือ 3.5 %

5.2 จากผลการวิจัย สามารถนำสาหร่ายหางกระรอกที่จัดเป็นวัชพืชน้ำจืด จากแหล่งน้ำธรรมชาติ มาเป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงาน ทำให้แหล่งน้ำสะอาด ไม่มีวัชพืชขวางการไหลของน้ำ ลดปัญหาน่ำท่วมขัง และลดปัญหาการเน่าเสียของน้ำในแหล่งน้ำธรรมชาติได้อีกทางหนึ่งด้วย

5.3 การนำสาหร่ายหางกระรอกมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตแอลกออฮอล์ เพื่อใช้เป็นพลังงานทางเลือก ทดแทนการใช้พลังงานเชื้อเพลิงจากน้ำมัน ช่วยลดมลพิษที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเชื้อเพลิง ลดสารที่ก่อให้เกิดภาวะเรือนกระจก ลดการนำผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นแหล่งอาหารของโลกมาผลิตเป็นพลังงาน ได้พลังงานสะอาดที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมไม่ก่อให้เกิดมลภาวะต่อโลก และช่วยลดปัญหาภาวะโลกร้อน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการศึกษาเปรียบเทียบสาหร่ายหางกระรอกแบบสด กับแบบแห้งในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตพลังงานทดแทน
2. ควรศึกษาปริมาณการใช้จุลินทรีย์แป้งลูกหมากในกระบวนการหมัก ว่าส่งผลต่อผลผลิตแอลกอฮอล์ที่ผลิตได้หรือไม่
3. ควรศึกษาเปรียบเทียบการใช้เชื้อจุลินทรีย์ลูกแป้งข้าวหมาก กับเชื้อยีสต์ทำขนมปัง ในกระบวนการหมัก
4. ควรนำพืชไร้ประโยชน์ชนิดอื่นๆในประเทศไทย มาศึกษาความเป็นไปได้ในการนำมา

เป็นวัตถุดิบในการผลิตเป็นพลังงานทดแทน เพื่อพัฒนาศักยภาพแหล่งวัตถุดิบในประเทศ เพื่อผลิตเป็นพลังงานทางเลือกและใช้เป็นพลังงานทดแทนที่ยั่งยืนต่อไป

<u>ส่วน ค</u> : ประวัติคณะผู้วิจัย

1. ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย)

   ผู้ช่วยศาสตราจารย์สังเวย เสวกวิหารี

   Asst Prof. SANGWOEI SAWEKWIHAREE

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน

   0000000000000

3. ตำแหน่งปัจจุบัน

   ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail)

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร 1381 ถนนพิบูลสงคราม แขวงบางซื่อ เขตบางซื่อ กรุงเทพมหานคร 10800 โทรศัพท์ : โทรสาร (02) 913-2424 ต่อ 105 sangwoei.s@rmutp.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี (ครุศาสตรบัณฑิต) สาขาวิชาเคมี สถาบันราชภัฏเชียงใหม่ และสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาโท (ครุศาสตร์อุตสาหกรรมมหาบัณฑิต) สาขาวิชาเคมี สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

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 การเผยแพร่ และแหล่งทุน (อาจมากกว่า 1 เรื่อง)

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

ศักยภาพด้านพลังงาน ของเชื้อเพลิงอัดแท่ง 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)

!. บทความวิจัย. Heating Energy Briquettes from Cashew Nut Shell

Submitted: 2015 – 04 – 08

Accepted: 2015 – 06 – 19

(Applied Mechanics and Materials Vol. 804(2015) pp 283 – 286)

2. การประชุมวิชาการ

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.