

การผลิตเอทานอลจากการหมักข้าวเปลือกด้วยวิธีการบดหยาบ

Alternative Production from Fermentation of Crushed Paddy Rice

ปิยะพร ประมะ¹ สัมพันธ์ ไชยเทพ² Nobutaka Ito³ และณัฐภูมิ เนียมสอน⁴

¹ สาขาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

โทร 089-954-9582 , อีเมล jt_engi_cmu@hotmail.com

² ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 อีเมล sumpvu@eng.cmu.ac.th

³ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 อีเมล ito@eng.cmu.ac.th , ito nobutaka@gmail.com

⁴ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ อ. เมือง จ. เชียงใหม่ 50200

โทร 0-5394-2005 โทรสาร 0-5394-2062 อีเมล neamsorn@hotmail.com

<http://dome.eng.cmu.ac.th/~flyingrobot/>

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์ เพื่อศึกษาและพัฒนากระบวนการผลิตเอทานอลจากการหมักข้าวเปลือก ซึ่งใช้ข้าวเปลือกด้อยคุณภาพที่ผ่านการเพาะงอกของเมล็ดข้าวเปลือก การอบแห้ง และไม่อบแห้ง แล้วลดขนาดให้เล็กลง 2 ขนาด คือ แบบบดละเอียด และ แบบบดหยาบ โดยพันธุ์ข้าวเปลือกที่ใช้ คือ สายพันธุ์ กข 6 และใช้เอนไซม์ α -1,4 (alpha-amylase) ย่อยสลายแป้งในเมล็ดข้าว เพื่อทำให้เกิดความหวาน จากนั้นหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ ด้วยยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* จากการทดลอง พบว่า ข้าวพันธุ์ กข 6 ที่ผ่านการเพาะงอกเมล็ดข้าวเปลือกก่อนที่จะผ่านการอบแห้ง และการลดขนาดแบบบดหยาบนั้น มีความเหมาะสมในการใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล โดยเริ่มจากการนำข้าวเปลือกไปแช่น้ำ 2 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำข้าวเปลือกใส่ในกระสอบหมักทิ้งไว้ 24 - 36 ชั่วโมง นำข้าวเปลือกไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 40 °C นาน 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นนำไปผ่านการลดขนาดแบบบดหยาบด้วยเครื่องบด เติมน้ำร้อนในอัตราส่วนของน้ำต่อข้าวเปลือก 3 : 1 ส่วน ในถังหมักแอลกอฮอล์ และผสมเอนไซม์ α -1,4 (alpha-amylase) ในปริมาณ 0.04 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวสาร ผสมให้เข้ากัน ทิ้งไว้ให้อุณหภูมิลดลงเหลือ 35 องศาเซลเซียส จากนั้นเติมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* ในปริมาณ 0.02 กรัมต่อปริมาตร หมักให้เกิดแอลกอฮอล์ที่อุณหภูมิ 35 °C เป็นเวลา 7 - 10 วัน เมื่อสิ้นสุดการหมัก พบว่า ได้มีปริมาณแอลกอฮอล์เข้มข้น 7.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

Abstract

The purpose of this research was to develop the ethanol production process from paddy rice (varieties RD 6) malting , drying , non drying and grain mill by 2 size : rough and delicate. The sweetness stimulated by α -1,4 Amylase enzyme. Then yeast *Saccharomyces cerevisiae* was used for fermentation. The process was started from soaking paddy rice in water for 2 hours . After that fermented in sack for 24 - 36 hours and drying temperature for 40°C for 48 hour. There after grain was rough mill added with hot water until rice with water ratio of 1 : 3 and α -1,4 Amylase enzyme (0.04 percentage w/w) was used for hydrolysis process. When the temperature decreased to 35 °C. 0.02 g/l of *Saccharomyces cerevisiae* was added in the fermentation process control temperature with 35 °C for 7 - 10 days. Alcohol content after fermentation was 7.4 % (v/v) and . It was found that RD 6 paddy rice was suitable to use as raw material.

1. บทนำ

จากการที่เชื้อเพลิงปิโตรเลียมมีราคาสูงขึ้น และมีแนวโน้มที่จะขาดแคลนในอนาคตส่งผลกระทบต่อ การใช้พลังงานของประชากรในชนบทที่ส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม และจำเป็นต้องใช้เชื้อเพลิงในการดำรงชีวิตและประกอบอาชีพ เช่น ใช้หุงต้ม ใช้เป็นเชื้อเพลิงเครื่องยนต์ทางการเกษตรขนาดเล็ก เป็นต้น จึงควรมีการศึกษาการผลิตพลังงานทดแทน โดยเฉพาะพลังงานจากชีวมวลที่ได้

จากผลผลิตทางการเกษตร เพื่อสำหรับใช้ในครัวเรือน หรือชุมชนในประเทศไทยกระบวนการผลิตเอทานอลที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย คือ การผลิตเอทานอลจากกระบวนการหมัก เนื่องจากประเทศไทยเป็นประเทศเกษตรกรรม ผลผลิตทางการเกษตรหลายชนิด จึงได้ถูกนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เช่น ข้าว ข้าวโพด อ้อย มันสำปะหลัง ฯลฯ ซึ่งนอกจากจะทำเป็นเครื่องดื่มแอลกอฮอล์แล้ว เอทานอลยังจัดเป็นพลังงานสะอาด แม้ว่าการผลิตเอทานอลจากข้าวจะมีต้นทุนในการผลิตสูงกว่าการผลิตจากวัสดุเกษตรอื่น แต่องค์ความรู้ในด้านการผลิตในระดับชาวบ้านก็เป็นที่รู้จัก และ สืบทอดกันมาเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่น ดังนั้น หากสามารถนำข้าวเปลือกมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลแทนข้าวสารแล้ว ก็สามารถลดต้นทุน ในส่วนของกระบวนการสีได้ และหากสามารถใช้ข้าวเปลือกด้วยคุณภาพ เช่น ข้าวเปลือกที่มีการเก็บรักษาไม่ดีมีเปอร์เซ็นต์การหักเมื่อนำไปสีสูง ซึ่งข้าวเหล่านี้จะมีราคาถูก ก็เป็นการลดต้นทุนในการผลิตเอทานอลลงไปอีก

โครงการวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อที่จะพัฒนากระบวนการผลิตประยุกต์ใช้กับผลิตผลเกษตรด้วยคุณภาพอื่นได้ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างเสถียรภาพ และความมั่นคงทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และพลังงานของประเทศอย่างยั่งยืน โดยมุ่งเน้นการผลิตเอทานอลที่มีความเข้มข้นในช่วง 80 – 95% เอทานอลซึ่งเป็นระดับที่สามารถผลิตได้โดยไม่มี ความยุ่งยากซับซ้อนมากนัก สามารถผลิตได้ในระดับกลุ่มเกษตรกร หรือ ระดับเกษตร หรือระดับหมู่บ้าน เพื่อเป็นแหล่งพลังงานทดแทน สำหรับใช้ในครัวเรือน หรือชุมชน นับเป็นการลดรายจ่ายของเกษตรกร อีกทางหนึ่ง อีกทั้งยังสามารถนำกระบวนการนี้ไปประยุกต์ใช้กับผลิตผลเกษตรด้วยคุณภาพอื่นได้ ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างเสถียรภาพ และความมั่นคงทั้งทางด้านเศรษฐกิจ และพลังงานของประเทศอย่างยั่งยืน

2. ทฤษฎี หลักการ และเหตุผล

การหมักข้าวเพื่อผลิตเอทานอลในระดับชาวบ้านจะใช้ราและยีสต์ที่ได้จากลูกแป้ง โดยอาจจะเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลซึ่งในการผลิตแต่เดิมจะนำข้าวมาซึ่งน้ำหนัก แขน้ำไว้หนึ่งคืน แล้วนำไปนึ่งให้สุกทั่วกันตลอด ปล่อยให้ไอน้ำแห้ง จากนั้นจะนำมอลด้วยน้ำเย็นจนยางเหลือน้อยที่สุดแล้ว จึงนำไปคลุกเคล้ากับลูกแป้ง บรรจุในภาชนะที่สะอาดมีฝาปิด ทิ้งไว้ 72 ชั่วโมง จากนั้นเติมน้ำลงไปและปิดฝาทิ้งไว้อีก 72 ชั่วโมง แยกส่วนที่เป็นน้ำออก เรียกส่วนนี้ว่า น้ำสา สามารถนำไปต้มกลั่นเป็นแอลกอฮอล์ได้ตามความต้องการ

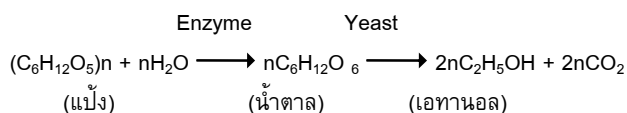
การขัดสีข้าว ก็อาจจะส่งผลต่อคุณภาพและการหมักสาโท หากใช้ข้าวที่ยังมีรำข้าวเหลืออยู่บ้าง อาจช่วยให้การหมักดีขึ้น เนื่องจากมีสารอาหารให้จุลินทรีย์มากกว่าข้าวขัดขาว หรือทำให้สาโทมีกลิ่นหืนเนื่องจากไขมัน แต่ก็ยังไม่มีการวิจัยเพื่อยืนยัน ส่วนการใช้ปลายข้าวผสมกับข้าวเต็มเม็ดเพื่อลดต้นทุน จะมีผลต่อคุณภาพอย่างไรยังไม่มีรายงานวิจัย

การหมักเป็นการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นเอทานอลโดยกิจกรรมของยีสต์ ซึ่งการหมักปกติทำภายในถังหมัก (fermentor) ที่มีการปรับสภาพสภาวะให้เหมาะสมกับการหมัก ภายใต้ที่ปราศจากออกซิเจน

หรือมีออกซิเจนเพียงเล็กน้อยจะใช้ระยะเวลาในการหมัก 2 – 3 วัน เอทานอลที่ได้จะมีความเข้มข้นประมาณร้อยละ 8 – 12 โดยปริมาตร

ตามทฤษฎีการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส 100 เปอร์เซ็นต์จะถูกเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ 51.1 เปอร์เซ็นต์ และส่วนที่เหลือ 48.9 เปอร์เซ็นต์ เป็นก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ตามลำดับ

สมการ การทำงานของเอนไซม์ และยีสต์



สำหรับในงานวิจัยนี้จะอ้างอิงจากเทคโนโลยี และภูมิปัญญาท้องถิ่น เพื่อที่จะสามารถเผยแพร่ให้ เข้าถึงชุมชนได้โดยง่าย แต่มีข้อแตกต่าง คือ 1) ใช้เชื้อจุลินทรีย์บริสุทธิ์ 2) ในกระบวนการเตรียมวัตถุดิบจะทำการอบแห้งข้าวเปลือก (Drying) และ ลดขนาดข้าวเปลือก (Grain mill) 3) ใช้ถังหมักที่มีการควบคุมอุณหภูมิ

3. วิธีการทดลอง

การทดลองในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังนี้

3.1 การเตรียมวัตถุดิบ (Preparation of Feedstock)

ทำการเปรียบเทียบขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบ โดยใช้ข้าวเปลือกสายพันธุ์ กข 6 โดยทำการเปรียบเทียบ 2 วิธี คือ

แบบที่ 1 การเพาะงอกเมล็ดข้าวเปลือก นำข้าวเปลือกด้วยคุณภาพไปแช่น้ำเป็นเวลา 2 ชั่วโมง จากนั้นนำข้าวเปลือกที่ผ่านการแช่น้ำใส่กระสอบหมักทิ้งไว้ 24 – 36 ชั่วโมง เพื่อให้เมล็ดข้าวงอกแล้วนำไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 40°C จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดข้าวให้มีขนาด 2 แบบ คือ แบบละเอียด และแบบบดหยาบ

แบบที่ 2 ไม่เพาะงอกเมล็ดข้าวเปลือก นำข้าวเปลือกด้วยคุณภาพไปอบในตู้อบลมร้อน (Hot air oven) ที่อุณหภูมิ 40°C จากนั้นนำมาบดด้วยเครื่องบดข้าวให้มีขนาด 2 แบบ คือ แบบละเอียด และแบบบดหยาบ

เมื่อได้ขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบของข้าวเปลือกทั้ง 2 วิธีข้างต้นแล้ว จึงนำไปทดสอบในการทดลองขั้นต่อไป คือ ขั้นตอนการหมัก

3.2 ขั้นตอนการหมัก (Fermentation)

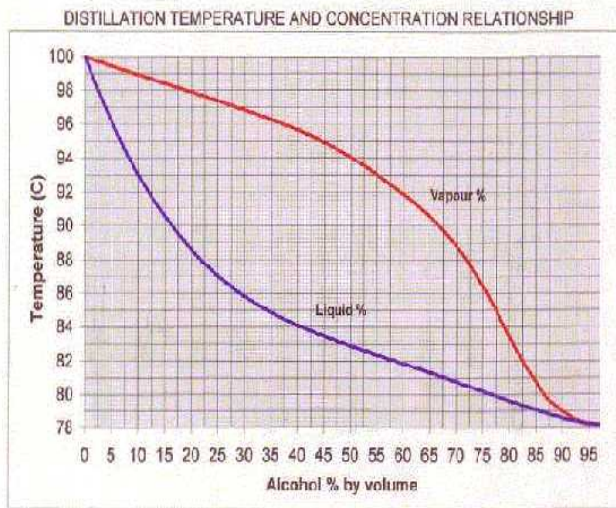
โดยเริ่มจากการ นำข้าวเปลือกทั้ง 2 แบบที่เตรียมได้จากขั้นตอนแรกมาทดสอบหมักให้เกิดแอลกอฮอล์ในถังหมักเอทานอล ขั้นตอนการหมักเป็นกระบวนการเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคส (Glucose) ไปเป็นเอทานอล โดยอาศัยเอนไซม์ และยีสต์

เริ่มจากนำน้ำตาลผสมกับข้าวในอัตราส่วนข้าว 1 ส่วนต่อ น้ำ 3 ส่วน แล้วทำการย่อยด้วยเอนไซม์แอลฟาอะไมเลส ในปริมาณ 0.04 กรัมต่อข้าว 1 กิโลกรัม ผสมให้เข้ากัน ปล่อยให้มันระเหยอุณหภูมิของผสมลดลงเป็น 35 องศาเซลเซียส จากนั้นผสมยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* สายพันธุ์ทางการค้า Fermivin PDM มาผสมในปริมาณ

0.2 กรัมต่อปริมาตรน้ำ 1 ลิตร ทำการควบคุมอุณหภูมิถึงหมักที่ 35 °C โดยในขั้นตอนการหมักจะใช้ระยะเวลาประมาณ 7 - 10 วัน

3.3 การทดสอบเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

เมื่อสิ้นสุดกระบวนการหมัก ตรวจสอบเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ ด้วยเครื่องอีบูลิโอมิเตอร์ (Ebuliometer) หลังจากนั้นจึงจะนำไปเข้าสู่กระบวนการกลั่นลำดับส่วนต่อไป

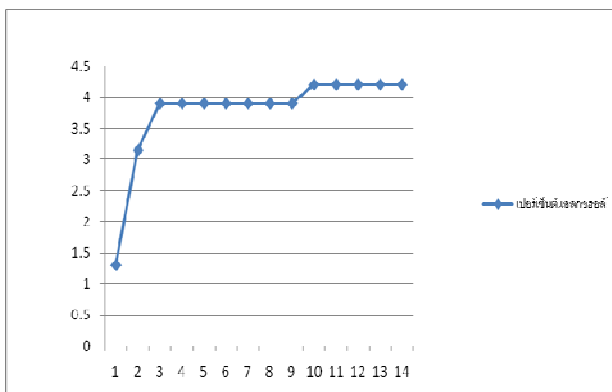


ที่มา www.homedistiller.org

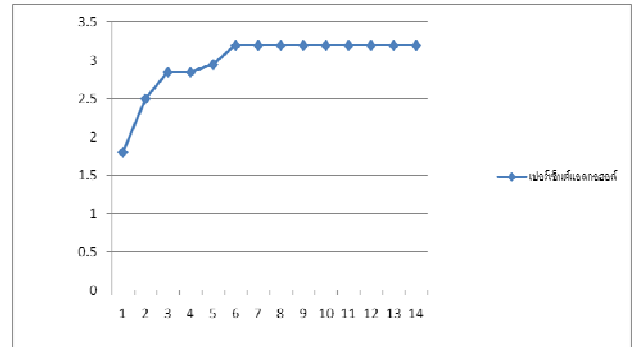
รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ และเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์

4. ผลการทดลอง

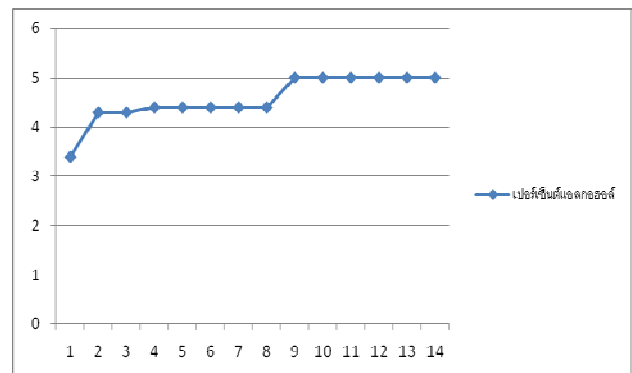
จากการทดสอบหมักแอลกอฮอล์จากการหมักข้าวเปลือก ผลการทดลองแสดงได้จากกราฟดังต่อไปนี้



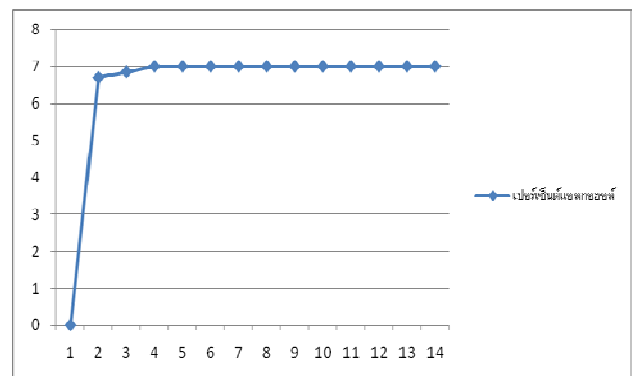
รูปที่ 2 ไม่เพาะงอก (ละเอียดย)



รูปที่ 3 ไม่เพาะงอก (หยาบ)



รูปที่ 4 การเพาะงอก (ละเอียดย)



รูปที่ 5 การเพาะงอก (หยาบ)

5. สรุปผลการทดลอง

จากผลการทดสอบหมักเอทานอลจากข้าวเปลือก ทำการตรวจสอบปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการหมัก คือ ค่า pH ที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 3.48 – 4.89 อุณหภูมิที่เหมาะสมอยู่ในช่วง 25 – 35 °C จากผลการทดสอบเปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์ พบว่าแบบการเพาะงอก กับข้าวแบบบดหยาบ ได้เปอร์เซ็นต์แอลกอฮอล์สูงสุดที่ 7.4 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

การนำข้าวเปลือกที่ด้อยคุณภาพ มาผ่านการเพาะงอก การอบแห้ง และบดให้มีขนาดแบบหยาบ สามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอล

ได้ โดยไม่จำเป็นต้องผ่านกระบวนการสีข้าว ทำให้เป็นการลดการใช้พลังงานในกระบวนการผลิต และ ต้นทุนในการผลิตลงได้

6. ข้อเสนอแนะ

ต้นทุนส่วนใหญ่เป็นราคาของข้าวสารเหนียว ถ้าใช้ปลายข้าว แทนจะช่วยลดต้นทุนในการผลิตได้ และถ้าใช้เชื้อยีสต์ทางการค้าจะมีราคาค่อนข้างสูง แนวทางในการลดต้นทุน คือ การเตรียมหัวเชื้อยีสต์เริ่มต้น สามารถลดปริมาณเชื้อลงได้มากกว่าครึ่งหนึ่ง ใช้เวลาในการเพาะหัวเชื้อ 24 – 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงเติมน้ำหมัก

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทั้งปฏบัติการสาขาวิชาวิศวกรรมเกษตรที่เอื้อเฟื้อสถานที่ และเครื่องมือในการทำการทดลอง และขอขอบพระคุณสถาบันวิจัยและพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เอื้อเฟื้อทุนวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

1. คณะกรรมการพลังงาน, 2545.
2. คณะกรรมการพลังงานสภาผู้แทนราษฎร. (2545) พลังงานทดแทน เอทานอลและไบโอดีเซล. กรุงเทพฯ : แปลนพรีนติ้ง, ไทยออยล์. [thaioil news.\[ออนไลน์\].](http://thaioilnews.com)[อ้างเมื่อวันที่ 15 มกราคม 2550](www.thaioil.co.th/news)
3. เจริญ เจริญชัย. 2545. เอกสารประกอบการอบรมหลักสูตรการผลิตสุราพื้นบ้านสำหรับผู้ประกอบการ. ปทุมธานี : จัดโดยภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมและเทคโนโลยีการเกษตรสถาบันเทคโนโลยีราชมงคลร่วมกับสมาคมผู้ผลิตไวน์และสุรา พื้นบ้านไทย ระหว่างวันที่ 20 -22 พฤศจิกายน 2545. หน้า 1-29.
4. ชรินทร์ เตชะพันธุ์. 2546. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ “การผลิตเบียร์สด และมอลท์วิสกี”. คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
5. ชลสิทธิ์ คำแหง. 2548. ผลของเอนไซม์ พันธุ์ข้าวเหนียว และเชื้อยีสต์ต่อคุณภาพของสุรากลั่นชุมชน. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
6. โชคชัย วณภู, นันทกร บุญเกิด และลำไพโร ดิษฐวิบูลย์. 2546. คนทำไวน์ : WINEMAKER I. กรุงเทพฯ
7. ประสาน รัตนสาส์. กรกฎาคม 2549. การผลิตเอทานอล (Ethanol) ใช้แทนน้ำมันดีเซล. บริษัท พี เอส เอ็ม ซี จำกัด (PSMC).
8. รัฐพงศ์ ปกแก้ว. 2545. การเปรียบเทียบกระบวนการหมักแบบ SHF และ SSF เพื่อการผลิตเอทานอลเชื้อเพลิงจากแป้งมันสำปะหลังโดยเชื้อ *Aspergillus niger* และ *Saccharomyces cerevisiae* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเทคโนโลยีชีวภาพ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
9. วิชัย ธรานนท์. 2520. วิทยานิพนธ์ การศึกษากระบวนการกลั่น 96% เมธิลแอลกอฮอล์ จากข้าวเหนียวและวัตถุดิบอื่น ๆ ใน

ท้องถิ่น มหาวิทยาลัยเชียงใหม่. 427 หน้า.

10. Sheorain, V., Banka, R., and Chavan, M. 2000. Ethanol production from sorghum. Technical and Institutional options for Sorghum Grain mold Management