

ข้าวฟ่างหวาน พืชพลังงานทางเลือกสำหรับการผลิตเอทานอล

New energy crop: Sweet sorghum for ethanol production in Thailand

ศิรินุช จินดารักษ์

วท.ด.(เทคโนโลยีพลังงาน)

Sirinuch Chindaruksa

D.SC.(Energy Technology)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร

Physics Department, Faculty of Science, Naresuan University

คำสำคัญ : ข้าวฟ่างหวาน เอทานอล พลังงานทดแทน

Keywords : sweet sorghum, ethanol, alternative energy

Abstract

The countries of Brazil and the United States rank first and second in the manufacture and production of ethanol in the world. The raw materials used in the manufacturing process are sugar cane and corn respectively. The selection of the raw materials is very important as the initial investment depends on the price of the materials. Recently, ethanol production has had higher initial cost than that of gasoline production. Sweet sorghum has stems that contain high sugar content and the seed can be used as animal feed. Additionally, the bagasse can be used in the manufacture of solid fuel or the fermentation of ethanol. The study indicates that the sweet sorghum has the potential to be used as the raw material in the manufacture of ethanol because it can be planted in any area and has a high production per unit area. The amount of sugar produced can be transformed into ethanol at a high rate and small investment. The technology for the manufacture of ethanol from sweet sorghum is similar to the use of sugar cane as the raw material which is currently the known process.

บทคัดย่อ

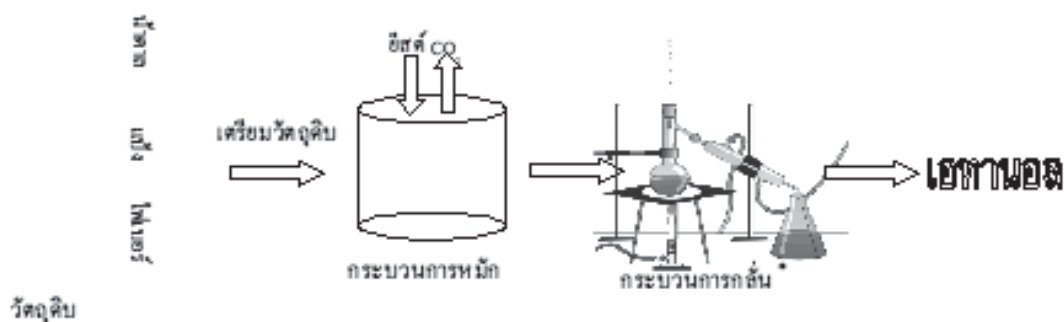
ประเทศที่เป็นผู้นำการผลิตเอทานอลของโลก คือ ประเทศบราซิล และประเทศสหรัฐอเมริกา โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการผลิตคืออ้อยและข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามลำดับการเลือกชนิดของวัตถุดิบจะมีส่วนสำคัญเป็นอย่างยิ่งเพราะต้นทุนสำหรับการใช้ในการผลิตเอทานอลขึ้นอยู่กับราคาของวัตถุดิบ ในปัจจุบันการผลิตเอทานอลยังมีต้นทุนสูงกว่าการผลิตน้ำมันเบนซิน ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีลำต้นมีส่วนประกอบของน้ำตาลสูง เมล็ดข้าวฟ่างที่เป็นผลผลิตใช้สำหรับเลี้ยงสัตว์ อีกทั้งกากของลำต้น สามารถนำมาผลิตเป็นอาหารสัตว์ เชื้อเพลิงแข็ง หรือหมักเป็นเอทานอลก็ได้ จากการศึกษา พบว่าข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่สมควรได้รับการสนับสนุนให้ปลูกเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอล เนื่องจากสามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ ให้ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง มีปริมาณน้ำตาลที่สามารถ เปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลสูง ทำให้อัตราการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลสูงด้วย ต้นทุนการผลิตต่ำ เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานสามารถทำได้ในทำนองเดียวกับการใช้อ้อยวัตถุดิบ ซึ่งเป็นเทคโนโลยีที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในปัจจุบัน

1. บทนำ

สถานการณ์พลังงานเชื้อเพลิงในประเทศที่ราคา มีแนวโน้มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพราะจากปริมาณเชื้อเพลิงฟอสซิลมีจำกัด การหาแหล่งพลังงานทดแทนจึงเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับสถานการณ์ในปัจจุบัน แหล่งพลังงานทดแทนที่เป็นพลังงานหมุนเวียนที่สำคัญของไทย ได้แก่ พลังงานแสงอาทิตย์ และ พลังงานชีวมวล โดยเฉพาะพลังงานจากชีวมวลเป็นแหล่งพลังงานที่มีศักยภาพมาก เนื่องจากประเทศไทยมีพื้นฐานเป็นประเทศเกษตรกรรม มีสภาพภูมิอากาศที่เหมาะสม สำหรับการเพาะปลูก การแปรรูปชีวมวลให้เป็นพลังงานแบ่งออกเป็นกระบวนการทางเคมีความร้อน (Thermo-chemical process) และ กระบวนการทางชีวเคมี (Bio-chemical process)

กระบวนการหมักโดยใช้ยีสต์ (Yeast fermentation) เป็นกระบวนการทางชีวเคมีที่ใช้สำหรับการผลิตเอทานอล เพื่อเป็นน้ำมันเชื้อเพลิง โดยผสมเอทานอล 99.5% กับน้ำมันเบนซิน 91 ในอัตราส่วน 1:9 เรียกว่า แก๊สโซฮอล์ 95 (Gasohol 95) วัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอลจากชีวมวล สามารถแบ่งออกได้เป็น 3 ชนิดคือ วัตถุดิบจำพวกน้ำตาล (Sugar materials) วัตถุดิบจำพวกแป้ง (Starch materials) และวัตถุดิบจำพวกไฟเบอร์ (Cellulolic materials)

ขั้นตอนในการผลิตเอทานอลประกอบด้วยขั้นตอนหลัก ๆ ดังนี้ การเตรียมวัตถุดิบ และการหมัก ซึ่งจะแตกต่างกันตามประเภทของวัตถุดิบ และขั้นตอนสุดท้าย คือ การกลั่น แสดงดังรูปที่ 1



*from: <http://www.ktf-solit.hr/glossary/image/distillation.gif>

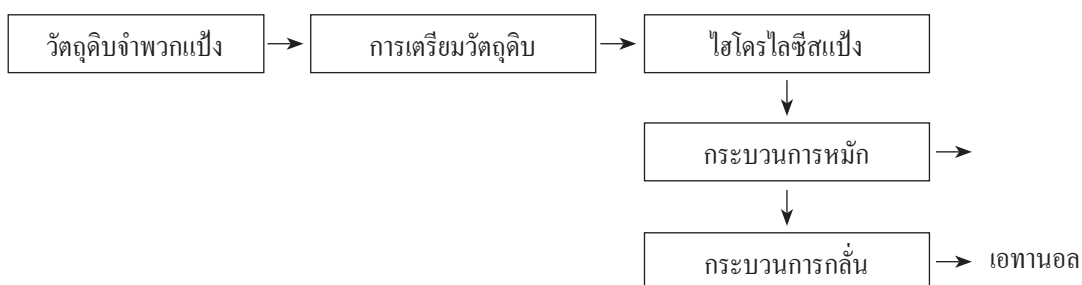
รูปที่ 1 กระบวนการผลิตเอทานอล

การเลือกวัตถุดิบที่ใช้ในกระบวนการผลิตเอทานอลมีผลต่อมูลค่าการผลิตและเทคโนโลยีการผลิตเอทานอล ประเทศไทยมีการผลิตเอทานอลโดยใช้วัตถุดิบคือ มันสำปะหลังและโมลาส (กากน้ำตาลที่เหลือจากกระบวนการผลิตน้ำตาล) เป็นหลัก ปัญหาที่เกิดขึ้นจากกระบวนการผลิตโดย ใช้มันสำปะหลังคือ ฤดูกาลผลิตมันสำปะหลัง ซึ่งสามารถแก้ไขได้ด้วยการใช้มันเส้นนอกฤดูกาลผลิต และปัญหาที่เกิดขึ้นจากการใช้โมลาส คือ ปริมาณโมลาสไม่เพียงพอกับความต้องการเพราะโมลาสใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับกระบวนการผลิตซีอิ๊ว ผงชูรส ทำให้มีปริมาณโมลาส ไม่เพียงพอกับความต้องการ กระบวนการหมักวัตถุดิบประเภทต่าง ๆ แสดงดังรูปที่ 2-4

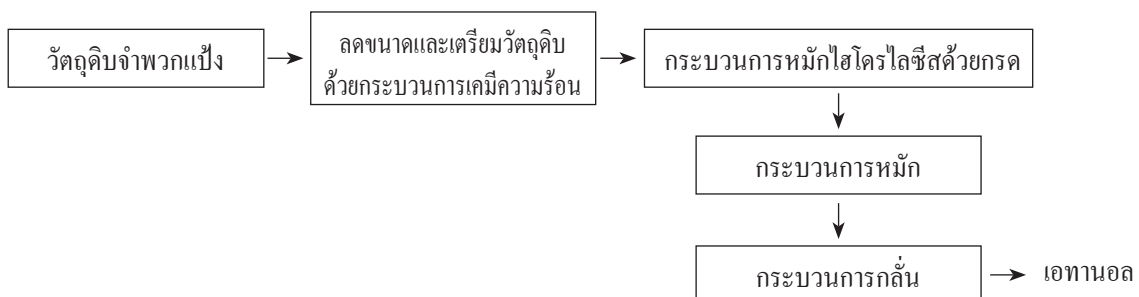
การผลิตเอทานอลโดยใช้น้ำมันสำปะหลัง เป็นกระบวนการผลิตที่ใช้วัตถุดิบจำพวกแป้ง ซึ่งจะมีกระบวนการที่แตกต่างจากโมลาสที่เป็นวัตถุดิบจำพวกน้ำตาลคือ จะต้องมีการเปลี่ยนแป้งให้เป็นน้ำตาลก่อน (starch hydrolysis) ถ้าเป็นวัตถุดิบจำพวกไฟเบอร์ก็ต้องมีขั้นตอนการเตรียมวัตถุดิบด้วยกระบวนการทางเคมีความร้อนและการไฮโดรไลซิส เปลี่ยนไฟเบอร์ให้เป็นน้ำตาลด้วยกรดหรือเอนไซม์ (acid or enzymatic hydrolysis) ก่อนเข้าสู่กระบวนการหมักและการกลั่นเพื่อให้ได้เป็น เอทานอลต่อไป



รูปที่ 2 ขั้นตอนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบจำพวกน้ำตาล



รูปที่ 3 ขั้นตอนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบจำพวกแป้ง



รูปที่ 4 ขั้นตอนการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบจำพวกไฟเบอร์

2. การเลือกชนิดวัตถุดิบ

การเลือกชนิดของวัตถุดิบให้มีความเหมาะสมกับแต่ละท้องถิ่น ขึ้นอยู่กับความเหมาะสมของสภาพภูมิอากาศต่อการเพาะปลูก ความอุดมสมบูรณ์ของดิน ปริมาณน้ำในแต่ละพื้นที่ ซึ่งในแต่ละพื้นที่ จะมีความเหมาะสมกับพืชแต่ละชนิดแตกต่างกันออกไป และในแต่ละพื้นที่อาจมีความเหมาะสม สำหรับการปลูกพืชได้หลายชนิด เกษตกรที่จะนำมาใช้ในการเลือกชนิดของวัตถุดิบเพื่อนำมาผลิตเป็นเอทานอลสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง คือ

1. ปริมาณผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ต่อปีสูง ซึ่งจะส่งผลต่อราคาการผลิตเอทานอล
2. ปริมาณการเปลี่ยนรูปให้เป็นเอทานอลสูง
3. ไม่แย่งอาหารมนุษย์ หมายความว่า การนำเอาพืชชนิดต่าง ๆ มาผลิตเป็นพลังงานนี้ต้องไม่ทำให้เกิดการขาดแคลนอาหารของมนุษย์
4. สมดุลพลังงานในการผลิตต้องเป็นบวก หมายความว่า พลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอล ตั้งแต่กระบวนการเพาะปลูก จนกระทั่งได้เอทานอล ต้องมีค่าน้อยกว่าค่าพลังงานที่ได้จากเอทานอลที่ผลิตได้ทั้งหมด

สภาพภูมิศาสตร์ของประเทศไทยเป็นประเทศที่ตั้งอยู่ในร้อนชื้น มีความเหมาะสมสำหรับปลูกพืชเมืองร้อนได้หลายชนิด เช่น ข้าวโพด อ้อย ข้าวฟ่าง ข้าว และมันสำปะหลัง เป็นต้น เกษตกรที่ใช้ในการคัดเลือกวัตถุดิบชนิดใหม่เพื่อนำมาใช้ในการกระบวนการผลิตเอทานอลจะพิจารณาจากปัจจัยต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

2.1 ผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่ต่อปี

ราคาของวัตถุดิบเป็นปัจจัยสำคัญในการพิจารณาเลือกชนิดวัตถุดิบเพราะต้นทุนการผลิต เอทานอลมากกว่าร้อยละ 40 มาจากวัตถุดิบ ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีผลผลิตลำต้นสดประมาณ 3.81-8.24 ตัน/ไร่ (ประสิทธิ์ ใจศีล, 2551) องค์ประกอบที่สำคัญที่นำมาใช้ในการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอล คือ ปริมาณน้ำตาล ที่มีอยู่ในพืชชนิดนั้นๆ ตารางที่ 1 แสดงถึงปริมาณน้ำตาลต่อหน่วยพื้นที่ (sugar yield) ของพืชที่นิยม นำมาผลิตเป็นเอทานอลที่เราเรียกว่า พืชพลังงาน จากตารางพบว่าปริมาณน้ำตาลที่สามารถเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลได้ของข้าวฟ่างหวานมีปริมาณเฉลี่ยเท่ากับปริมาณน้ำตาลในอ้อย คือ ประมาณ 1.12-1.92 ตันต่อไร่ อ้อยนี้เป็นวัตถุดิบหลักในการนำมาใช้ผลิตเอทานอลของประเทศบราซิล ซึ่งเป็นผู้นำในการผลิตเอทานอลของโลก

ตารางที่ 1 ปริมาณน้ำตาลของวัตถุดิบบางชนิด (Giuliano Grassi, 2000)

วัตถุดิบ	ปริมาณน้ำตาล (ตันต่อไร่)
อ้อย	1.28-1.92
ซูก้าบีช	0.69-1.28
มันฝรั่ง	0.32-0.80
ข้าวฟ่างหวาน	1.12-1.92
ข้าวโพด	0.80-1.28
ข้าวสาลี	0.40-0.72
มันสำปะหลัง	0.48
องุ่น	0.11

2.2 ปริมาณการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอล

ปริมาณน้ำตาลและองค์ประกอบของน้ำตาลที่มีอยู่ในพืชเป็นปัจจัยที่สำคัญสำหรับปริมาณการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอล (conversion yield) ข้าวฟ่างหวานสามารถเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลได้ประมาณ 0.63-0.76 ตันต่อไร่ ซึ่งต่ำกว่าอ้อยเล็กน้อย แต่ถ้าใช้ข้าวฟ่างหวานเป็นวัตถุดิบ จะไม่เกิดปัญหาการแย่งอ้อยกับโรงงานน้ำตาล ในขณะที่เมล็ดข้าวโพดมีปริมาณการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลได้รองลงมาคือ ประมาณ 0.39-0.48 ตันต่อไร่ (ตารางที่ 2)

2.3 ไม่แย่งอาหารมนุษย์

น้ำตาลที่มีอยู่ในลำต้นของข้าวฟ่างหวานสามารถนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการผลิต น้ำตาลหรือน้ำเชื่อมได้ แต่โรงงานน้ำตาลของประเทศไทยใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ ดังนั้นการใช้ข้าวฟ่างหวานผลิตเอทานอลจึงไม่เกิดการแย่งอาหารของมนุษย์ และนอกจากนี้ กากของลำต้น (bagasse) ที่เหลือจากการคั้นเอาน้ำหวานออกแล้วยังสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้น้ำได้ถึงตันละ 158 ลิตร (E.

Gnansounou, 2005) โดยปริมาณกากลำต้นจะมีสัดส่วนประมาณ 2.4 ตันต่อไร่

2.4 สมดุลพลังงานเป็นบวก

สมดุลพลังงานพิจารณาตั้งแต่เริ่มกระบวนการเพาะปลูกวัตถุดิบในภาคเกษตรกรรม จนกระทั่งได้ผลผลิตเป็นเอทานอลในภาคอุตสาหกรรม ซึ่งรวมเรียกว่า พลังงานอินพุต (input energy) พลังงานที่ได้จากเอทานอลทั้งหมด รวมไปถึงพลังงานที่ได้จากผลผลิตรอง (by-product) ทั้งหมด รวมเรียกว่า พลังงานเอาต์พุต (output energy) สมดุลพลังงาน คือ อัตราส่วนระหว่างพลังงานเอาต์พุตต่อพลังงานอินพุต สมดุลพลังงานเป็นบวกหมายความว่า พลังงานที่ได้รับจากผลผลิตมีค่ามากกว่าพลังงานใช้เพื่อการผลิต เมื่อพิจารณาถึงสมดุลพลังงานที่ใช้ในการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบชนิดต่างๆ พบว่า สมดุลพลังงานของข้าวฟ่างหวานจากการผลิตเอทานอลโดยไม่รวมถึงผลผลิตรอง มีค่าเท่ากับ 2.23 ซึ่งสูงเป็นอันดับสองรองจากอ้อย ที่มีค่า 2.42

ตารางที่ 2 ปริมาณการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอลจำแนกตามวัตถุดิบ (Giuliano Grassi et al.; Michael Eder et al., 2005; JH Thiele and RL Crosbie; David Turley et al.; Abigail Fallot and Fabien Dauriac, 2005)

วัตถุดิบ	ปริมาณการเปลี่ยนรูปเป็นเอทานอล (ตันต่อไร่)
ซูการ์บีท	0.61-0.83
ข้าวสาลี	0.24-3.2
อ้อย	0.67-0.82
ข้าวฟ่างหวาน	0.63-0.76
ข้าวโพด	0.39-0.48

2.5 ต้นทุนการผลิตเอทานอลต่ำ

ต้นทุนการผลิตเอทานอลเฉลี่ยจากข้าวฟ่างหวาน มีราคาต่ำกว่าต้นทุนการผลิตเอทานอลจาก วัตถุดิบชนิดอื่นๆ ยกเว้นอ้อย (ตารางที่ 3) ซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักสำหรับผลิตเอทานอลของประเทศ บราซิลที่เป็นผู้นำในการผลิตเอทานอลของโลก และมีการพัฒนาเทคโนโลยีการผลิตมาอย่างต่อเนื่อง สำหรับการผลิตเอทานอลในประเทศไทยใช้วัตถุดิบ คือ มันสำปะหลัง มันเส้น และโมลาสเป็นหลัก โดยมีต้นทุนการผลิตอยู่ที่ 9.75, 10.80 และ 15.20 บาท ตามลำดับ ซึ่งราคานี้ประเมินจากราคาของ วัตถุดิบเท่ากับ 1.50, 4.00 และ 3.80 บาทต่อกิโลกรัม ตามลำดับ ถ้าเป็นต้นทุนการผลิตจากอ้อยจะมี ราคาเท่ากับ 11.20 บาทต่อลิตร (กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, 2549) ซึ่งมีราคาใกล้เคียงกับราคาการผลิตเฉลี่ย ทำให้สามารถประเมินได้ว่าถ้าใช้ข้าวฟ่างหวานเป็นวัตถุดิบในประเทศไทย ต้นทุนการผลิตน่าจะใกล้เคียงกับต้นทุนการผลิตที่ใช้อ้อยเป็นวัตถุดิบ

2.6 เหมาะสมกับทุกสภาพภูมิอากาศ

ข้าวฟ่างหวานมีถิ่นกำเนิดมาจากประเทศในบริเวณแอฟริกาตะวันออก (E. Gnansounou , 2005) ข้าวฟ่างหวานสามารถปลูกได้ทุกสภาพภูมิอากาศ ไม่ว่าจะเป็นที่อเมริกาเหนือหรือใต้ แอฟริกา ยุโรป และเอเชีย หรือแม้แต่ในแถบพื้นที่เขตร้อน เช่น ยุโรปกลาง และบริเวณแมนจูเลีย (Manchuria) (Giuliano Grassi et al.). อุณหภูมิต่ำสุดที่เมล็ดสามารถงอกได้ คือ 8-10 องศาเซลเซียส อุณหภูมิสะสม รายวันตลอดช่วงระยะเวลาการเพาะปลูกมีค่าประมาณ 2600 – 4600 องศาเซลเซียส โดยระยะเวลาในการ เพาะปลูกอยู่ในช่วง 90 – 150 วัน (G. Grassi, 2001) โดยถ้าทำการปลูกข้าวฟ่างหวานในประเทศไทย จะสามารถปลูกได้ 2 ครั้งต่อปี ในพื้นที่ที่มีการชลประทานเข้าถึง เนื่องจากอายุเก็บเกี่ยวของข้าวฟ่างหวานเพียง 90 – 120 วันเท่านั้น หรืออาจจะทำการปลูกเป็นพืชเสริมในไร่นา เช่น ปลูกข้าวฟ่างหวานในนาข้าว หลังฤดูการเก็บเกี่ยวข้าวก็ได้

ตารางที่ 3 สมดุลพลังงานและต้นทุนการผลิตเอทานอลของพืชพลังงานชนิดต่าง ๆ

(*อัตราแลกเปลี่ยน 47.71 บาทต่อยูโร, www.dailynews.co.th)

พืชพลังงาน	ราคาการผลิต (บาท*/ลิตร)	Energy ratio (output/input bioethanol only)
ซูการ์บีท	11.17-14.79	1.76
อ้อย	11.20 ^A	2.42
ข้าวฟ่างหวาน	10.07-11.17	2.23
มันฝรั่ง	37.21	1.70
ข้าวโพด	11.23 ^A	1.30
ข้าวสาลี	28.53	1.44 ^B
มันสำปะหลัง	9.75 ^A	1.73

ที่มา : G. Grassi 2000

^A ต้นทุนวัตถุดิบของประเทศไทย ที่มา : กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ 2549

^B ที่มา : Martin Bekers and Uldis Viesturs

2.7 ต้องการปุ๋ยและน้ำบำรุงดินน้อยกว่าพืชพลังงานชนิดอื่น

ข้าวฟ่างหวานสามารถปลูกได้ในดินเหนียวและดินที่มีทรายปนปริมาณสูง ค่าความเป็นกรดด่าง ของดิน อยู่ที่ 4.5 – 8.0 (G. Grassi, 2001) จากตารางที่ 4 พบว่า ข้าวฟ่างหวานต้องการปุ๋ยน้อยกว่า อ้อย ชูการ์บีท และ ข้าวโพด ส่วนปริมาณน้ำที่ต้องการสำหรับการเพาะปลูก พบว่า ข้าวโพดและอ้อยมีความต้องการน้ำมากกว่าข้าวฟ่างหวานถึง 2 เท่า ในขณะที่ชูการ์บีท มีความต้องการน้ำมากกว่าถึง 3 เท่า

จากข้อมูลที่ทำกรสำรวจมาทั้งหมดพบว่าข้าวฟ่างหวานมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลเพื่อนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงไม่ว่าจะเป็นเหตุผลทางด้านภูมิศาสตร์ สภาพดินฟ้าอากาศที่สามารถปลูกได้ทุกพื้นที่ ทั้งในสภาพดินที่เป็นดินเหนียวหรือที่มีปริมาณทรายปนอยู่สูง มีความต้องการน้ำและธาตุอาหารต่ำเมื่อเทียบกับอ้อยและข้าวโพดโดยมีคุณสมบัติการเป็นพืชพลังงาน ที่ครบถ้วน คือผลผลิตต่อหน่วยพื้นที่สูง อัตราการเปลี่ยนรูปไปเป็นเอทานอล และสมดุลพลังงานเป็นบวก อีกทั้งยังมีต้นทุนการผลิตที่ต่ำกว่าพืชพลังงานตัวอื่นด้วย นอกจากนี้ หากของลำต้นที่คั้นเอาน้ำออกแล้วยังสามารถนำมาผลิตเป็นเอทานอลเชื้อเพลิงแข็งหรือ อาหารสัตว์ได้อีกด้วย

3. ลักษณะเฉพาะของข้าวฟ่างหวาน

ข้าวฟ่างหวาน (Sweet sorghum) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า *Sorghum bicolor* (L) Moench ข้าวฟ่างหวานจะมีลักษณะพิเศษคือลำต้นของข้าวฟ่างจะมีน้ำหวานคล้ายกับลำต้นของอ้อย มีขนาดประมาณ 1 – 5 เซนติเมตร (รูปที่ 5, ตารางที่ 5) ลำต้นจะสูงประมาณ 2-5 เมตร (รูปที่ 6, ตารางที่ 5) ความสูง จำนวนปล้องและขนาดของลำต้นขึ้นอยู่กับความอุดมสมบูรณ์ของดินและพันธุ์ทางการเกษตรของข้าวฟ่างหวาน แสดงในตารางที่ 5 ซึ่งเป็นข้าวฟ่างหวานที่ปลูกที่ในประเทศจีน ให้ความหวานอยู่ในช่วง 5 -15 องศาบริกซ์ และองค์ประกอบของน้ำตาล

คือ ซูโครส ร้อยละ 85 กลูโคส ร้อยละ 9 และ น้ำตาลฟรุคโตส ร้อยละ 6 องค์ประกอบของข้าวฟ่างหวาน (ตารางที่ 6) ประกอบด้วย ลำต้นร้อยละประมาณ 75 – 80 ใบของข้าวฟ่างหวานจะมีโปรตีนเป็นองค์ประกอบอยู่มากเหมาะสำหรับการนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ หรือว่าถ้าทิ้งไว้ที่แปลงก็จะสลายเป็นอินทรีย์วัตถุช่วยบำรุงดิน เมื่อเปรียบเทียบปริมาณช่อดอกระหว่างข้าวฟ่างที่ให้เมล็ดกับข้าวฟ่างหวาน จะพบว่า ข้าวฟ่างหวาน มีส่วนประกอบเป็นช่อดอก เพียงร้อยละ 1 เท่านั้น ในขณะที่มีข้าวฟ่างที่ให้เมล็ดช่อดอก มีถึงร้อยละ 22 และปริมาณน้ำตาลที่หนักได้ของข้าวฟ่างหวาน เทียบกับข้าวฟ่างเมล็ดประมาณ ร้อยละ 40 และ 25 ตามลำดับ ความชื้นของข้าวฟ่างหวานประมาณร้อยละ 70 มาตรฐานเปียก และองค์ประกอบทางเคมีข้าวฟ่างหวาน ซึ่งมีองค์ประกอบที่สำคัญ คือ น้ำตาลซูโครส ถึงร้อยละ 55 แสดงดังตารางที่ 7



รูปที่ 5 ลำต้นข้าวฟ่างหวาน (Li Guiying et al., 2006)



รูปที่ 6 ลักษณะโดยทั่วไปของข้าวฟ่างหวาน (Li Guiying et al., 2006)

ตารางที่ 4 ปริมาณน้ำและปุ๋ยที่จำเป็นสำหรับพืชพลังงาน(Giuliano Grassi, 2003)

พืชพลังงาน	ปริมาณน้ำ (m ³ /t)	ปุ๋ย (kg/t crops)		
		ไนโตรเจน	ฟอสฟอรัส	โปแตสเซียม
ซูการ์บีท	ซูการ์บีท	750	1.2	5.6
อ้อย	อ้อย	500	1	5
ข้าวฟ่างหวาน	ข้าวฟ่างหวาน	250	0.9	1.3
ข้าวโพด	ข้าวโพด	500	4	5

ที่มา : G. Grassi, 2003

ตารางที่ 5 ลักษณะเฉพาะของข้าวฟ่างหวานบางพันธุ์ในประเทศจีน

พันธุ์	ความสูง, ซม.	นน. ลำต้น, กรัม	ลำต้น ^A , %	จำนวน ปล้อง	ความยาว ปล้อง เฉลี่ย,ซม.	เส้นผ่านศูนย์กลาง ปล้อง, ซม.	ปริมาณ น้ำหวาน ,%	ความ เข้มข้น, %Brix
Italian	238	456	69.92	11.5	20.7	1.73	62.25	07.9
Rio	321	530	64.24	16.0	20.1	1.68	51.19	12.0
Wray	291	685	74.46	14.5	20.1	1.73	72.00	12.5
Keller	320	800	73.06	14.7	21.8	1.67	67.42	19.3
Bailley	390	950	84.07	16.0	21.6	1.83	64.92	13.9
M-18E	355	895	75.27	17.5	20.3	1.82	66.94	14.8
Cowley	324	825	73.99	17.0	19.1	1.77	61.40	18.9
ค่าเฉลี่ย	320	736	73.57	15.31	20.53	1.75	63.73	14.2

^A หมายถึง สัดส่วนของลำต้นที่ตัดช่อดอกและลอกกาบใบออกแล้ว

ที่มา : Li Guiying et al., 2006

ตารางที่ 6 ส่วนประกอบของข้าวฟ่างหวานเทียบกับข้าวฟ่างเมล็ด

ส่วนประกอบ	ข้าวฟ่างหวาน		ข้าวฟ่างเมล็ด	
	Wray	Keller	ATx623xAt430	ATx623xAt430
ลำต้น, ร้อยละ	78	80	61	55
ใบ, ร้อยละ	20	18	27	23
ช่อดอก, ร้อยละ	1	1	22	22
น้ำตาลที่หมักได้, ร้อยละ (มวลแห้ง)	41	40	25	28

ที่มา : G. Grassi, 2004

ตารางที่ 7 ความชื้นและองค์ประกอบทางเคมีของข้าวฟ่างหวาน

องค์ประกอบ	ร้อยละ
ความชื้น, (มาตรฐานเปียก)	70
- องค์ประกอบทางเคมี, (มวลแห้ง)	
- เซลลูโลส (Cellulose)	12.4
- เฮมิเซลลูโลส (Hemicelluloses)	10.2
- ลิกนิน (Lignin)	4.8
- ซูโครส (Sucrose)	55.0
- กลูโคส (Glucose)	3.2
- เถ้า (Ash)	0.3

ที่มา : Evaggeli Billa et al., 1997

จากการศึกษาเกี่ยวกับการปลูกข้าวฟ่างหวานในประเทศไทย พบว่า ข้าวฟ่างหวานมีอายุเก็บเกี่ยวอยู่ในช่วง 3.5-4 เดือน ผลผลิตต้นสด 7.5-8.3 ตันต่อไร่ ปริมาณน้ำตาล 9-11 % เมื่อนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้ 55-65 ลิตรต่อตัน ในขณะที่อ้อยนำมาผลิตเป็นเอทานอลได้ 68-74 ลิตรต่อตัน แต่มีความต้องการน้ำน้ำและธาตุอาหารน้อยกว่าอ้อย คือ ต้องการน้ำเพียง 30-36 ของอ้อย และต้องการธาตุอาหารเพียง 0.25 % ของอ้อยเท่านั้น (ประสิทธิ์ ใจศีล, 2551) จากข้อมูลดังกล่าวข้างต้น จะเห็นได้ว่า ข้าวฟ่างหวานสามารถปลูกได้ในประเทศไทย และมีศักยภาพในการนำมาผลิตเป็นเอทานอล รวมไปถึงเทคโนโลยีจากการผลิตเอทานอลในประเทศไทยก็เป็นที่ยอมรับหลาย ดังนั้น ถ้ามีการวางแผนการปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อให้ได้ผลผลิตทั้งปีสำหรับป้อนโรงงานผลิตเอทานอล อีกทั้งการสร้างเชื่อมั่นให้กับเกษตรกรและผู้ประกอบการผลิตเอทานอลที่มีต่อข้าวฟ่างหวานได้ ก็จะทำให้ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชพลังงานที่น่าสนใจตัวหนึ่ง

4. สรุป

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่เหมาะสมในการนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอล เนื่องจาก น้ำหวานจากลำต้นสามารถนำมาหมักเป็นเอทานอลได้โดยตรง และกากของลำต้นก็สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง เช่น เลี้ยงสัตว์ ทำเม็ดเชื้อเพลิง และหมักเพื่อให้เกิดเอทานอล ซึ่งผลผลิตเอทานอลที่ได้จากกากของลำต้นนี้มีค่าเท่ากับ 158 ลิตรต่อตัน กากลำต้น ต้นทุนในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานนี้ไม่สูงมากนัก ดังนั้น ข้าวฟ่างหวาน น่าจะได้รับการส่งเสริมให้มีการปลูกเพื่อนำมาวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง

กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอขอบคุณ The International Theoretical Physics ที่ได้ให้ทุนสนับสนุนในโครงการ Training and Research in Italian Laboratory ณ ประเทศอิตาลี และขอขอบพระคุณ Dr. Roberto Jodice แห่ง Center for Theoretical and Applied Ecology ที่ให้คำแนะนำในการวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- กล้าณรงค์ ศรีรอด และ เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ. (2549).
จากมันสำปะหลังสู่เอทานอล เทคโนโลยี
การผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง.
การสัมมนาเผยแพร่งานวิจัย “เทคโนโลยีคั้นแบบ
ผลิตและ กลั่นเอทานอลจากมันสำปะหลัง
เพิ่มศักยภาพชุมชนและอุตสาหกรรม”.
สำนักงานคณะกรรมการ วิจัยแห่งชาติ. หน้า 5-69.
- Abigail Fallot and Fabien Dauriac. 2005. Review of
existing and emerging technologies for the large
scale production of biofuels and identification
of promising innovations for developing
countries. from <http://stapgef.unep.org/docs/folder.2005-12-07.8158774253/folder.2005-12-08.9446059805/folder.2005-12-08.0238464777/BackGroundPaper2.pdf>,
Philippe Girard.
- David Turley, Graziano Ceddia, Mike Bullard and David
Martin. Liquid Biofuels-Industry support, cost of
carbon savings and agricultural implications.
from http://www.defra.gov.uk/farm/crops/industrial/research/reports/biofuels_industry.pdf.
- E. Gnansounou, A. Dauriat and C.E. Wyman, 2005,
Refining sweet sorghum to ethanol and sugar:
economic trade-offs in the context of North
China, *Bioresource Technology*, 96,
pp. 985-1002.
- Evaggeli Billa, Dimitris P. Koullas, Bernard Monties and
Emmanuel G. Koukios, 1997, Structure and
composition of sweet sorghum stalk components,
Industrial Crops and Products, 6, pp. 297-302.
- G. Grassi. 2001. Sweet sorghum: One of the best world
food-feed-energy crop. from http://p14177.typo3server.info/uploads/media/LAMNET_sweet_sorghum.pdf.
- G. Grassi. 2004. Sweet sorghum: One of the best world
food-feed-energy crop. from: [http://p14177.](http://p14177.typo3server.info/uploads/media/LAMNET_sweet_sorghum.pdf)
[typo3server.info/uploads/media/LAMNET_sweet_sorghum.pdf](http://p14177.typo3server.info/uploads/media/LAMNET_sweet_sorghum.pdf).
- Giuliano Grassi, Gianluca Tondi and Peter Helm . Small
size commercial bioenergy technologies in
instrument of rural development. from: [http://](http://p14177.typo3server.info/uploads/media/Bioenergy_complex_for_magazine.pdf)
[p14177.typo3server.info/uploads/media/](http://p14177.typo3server.info/uploads/media/Bioenergy_complex_for_magazine.pdf)
[Bioenergy_complex_for_magazine.pdf](http://p14177.typo3server.info/uploads/media/Bioenergy_complex_for_magazine.pdf) .
- Giuliano Grassi. 2000. Bioethanol - Industrial world
perspectives. [http://jxj.base10.ws/magsandj/](http://jxj.base10.ws/magsandj/rew/2000_03/bioethanol.html)
[rew/2000_03/bioethanol.html](http://jxj.base10.ws/magsandj/rew/2000_03/bioethanol.html).
- Giuliano Grassi. 2003. Microdistillery for decentralised
bioethanol production: Technological instrument
for rural development. LAMNET. [http://www.](http://www.eubia.org/pdf/Lamnet_Microdistillery.pdf)
[eubia.org/pdf/Lamnet_Microdistillery.pdf](http://www.eubia.org/pdf/Lamnet_Microdistillery.pdf)
- JH Thiele and RL Crosbie. Estimate of the Energy
Potential for Fuel Ethanol from Putrescible
Waste in New Zealand: Technical Report
prepared for the Energy Efficiency and
Conservation Authority. from [http://www.eeca.](http://www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewable-energy/biofuels/report/energy-potential-for-fuel-ethanol-from-putrescible-waste-in-nz-report-05.pdf)
[govt.nz/eeca-library/renewable-energy/biofuels/](http://www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewable-energy/biofuels/report/energy-potential-for-fuel-ethanol-from-putrescible-waste-in-nz-report-05.pdf)
[report/energy-potential-for-fuel-ethanol-from-](http://www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewable-energy/biofuels/report/energy-potential-for-fuel-ethanol-from-putrescible-waste-in-nz-report-05.pdf)
[putrescible-waste-in-nz-report-05.pdf](http://www.eeca.govt.nz/eeca-library/renewable-energy/biofuels/report/energy-potential-for-fuel-ethanol-from-putrescible-waste-in-nz-report-05.pdf).
- Li Guiying, Gu Weibin, Alastair Hicks and Keith R.
Chapman. 2006. A training manual for sweet
sorghum. from [http://ecoport.org/ep?SearchType](http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=172&page=-2)
[=earticleView&earticleId=172&page=-2](http://ecoport.org/ep?SearchType=earticleView&earticleId=172&page=-2)
- Martin Bekers and Uldis Viesturs. Integrated bio-system
for biofuel production from agricultural raw
materials in Latvia. [http://www.ias.unu.edu/](http://www.ias.unu.edu/proceedings/icibs/bekers/paper.htm)
[proceedings/icibs/bekers/paper.htm](http://www.ias.unu.edu/proceedings/icibs/bekers/paper.htm).
- Michael Eder, Walter Schneeberger and Christoph
Walla. 2005. Efforts to Increase Energy from
Biomass in Austria. from: [http://www.wiso.](http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_/H73/H733/pub/Biogas/2005_efforts_to_increase_biomass.pdf)
[boku.ac.at/fileadmin/_/H73/H733/pub/](http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_/H73/H733/pub/Biogas/2005_efforts_to_increase_biomass.pdf)
[Biogas/2005_efforts_to_increase_biomass.pdf](http://www.wiso.boku.ac.at/fileadmin/_/H73/H733/pub/Biogas/2005_efforts_to_increase_biomass.pdf).