

## บทที่ 1

### บทนำ

#### 1.1 ความเป็นมาของโครงการและความสำคัญของปัญหา

ในขณะนี้ทั่วโลกกำลังเผชิญหน้ากับวิกฤตพลังงานจากปิโตรเลียมซึ่งกำลังจะถูกใช้จนหมดไป และประเทศไทยก็เป็นอีกประเทศหนึ่งที่อยู่ในฐานะพึ่งพาการนำเข้าปิโตรเลียมจากต่างประเทศ ทำให้สูญเสียเงินตราไปหลายแสนล้านบาท จึงได้มีการค้นคว้าเพื่อหาพลังงานแหล่งใหม่ขึ้นมาทดแทนการใช้พลังงานจากปิโตรเลียม การนำพลังงานทางเลือกใหม่มาใช้และพัฒนาให้มีความยั่งยืน จึงได้รับความสนใจเป็นอย่างยิ่ง เช่น พลังงานจากเอทานอลที่ได้จากกระบวนการหมักทางชีวภาพ พลังงานแสงอาทิตย์ พลังงานนิวเคลียร์ แก๊สธรรมชาติ แก๊สชีวภาพ และความร้อนใต้พิภพ เป็นต้น พลังงานจากเอทานอลที่ได้จากการกระบวนการหมักด้วยยีสต์เป็นทางเลือกหนึ่งซึ่งใช้วัตถุดิบจากเกษตรกรรมเป็นหลัก ประเทศไทยมีพื้นที่การเพาะปลูกที่เหมาะสมสำหรับผลิตวัตถุดิบเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอล ได้แก่ อ้อย มันสำปะหลัง และธัญพืชต่างๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี ข้าวฟ่างหวาน การผลิตเอทานอลเพื่อใช้พลังงานทดแทนจึงเป็นทางเลือกใหม่ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อนำเอทานอลมาผสมกับน้ำมันเบนซิน 91/95 ในสัดส่วน 10 เปอร์เซ็นต์ เป็นเชื้อเพลิงแก๊สโซฮอล์ (gasohol) ซึ่งมีคุณสมบัติเช่นเดียวกับน้ำมันเบนซิน สามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงให้แรงอัดของเครื่องยนต์ (compression) และยังคงมลพิษในอากาศเพราะแอลกอฮอล์ไม่มีสารตะกั่วที่เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมัน นอกจากนี้ แอลกอฮอล์ยังใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ อย่างกว้างขวาง เช่น อุตสาหกรรมยางเทียม อุตสาหกรรมพลาสติก อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมยา และเคมีภัณฑ์ต่างๆ อีกมากมาย

ราคาน้ำมันที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้น ส่งผลกระทบต่อเศรษฐกิจระดับประเทศทั่วโลก โดยเฉพาะอย่างยิ่งประเทศกำลังพัฒนา เมื่อราคาน้ำมันปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องทำให้ราคาสินค้า ค่าครองชีพ ตลอดจนค่าขนส่งต่าง ๆ ปรับตัวสูงขึ้นเป็นเงาตามตัว ประเทศไทยนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศเป็นหลัก ดังนั้น เมื่อราคาน้ำมันปรับตัวสูงขึ้น มีผลทำให้ต้องสูญเสียเงินตราให้กับต่างประเทศเป็นจำนวนมากเพื่อนำเข้าน้ำมันเพียงอย่างเดียว ประเทศต่าง ๆ รวมทั้งประเทศไทยได้พยายามหาแหล่งพลังงานรูปแบบอื่นเพื่อใช้ทดแทนน้ำมัน เป็นการลดการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ และเสริมสร้างภาวะความมั่นคงด้านวิกฤตของน้ำมันในอนาคต โดยการแปรรูปอ้อยและมันสำปะหลังให้เป็นแอลกอฮอล์หรือเอทานอล เพื่อนำไปผสมกับน้ำมันเบนซินหรือน้ำมันดีเซลเป็นแก๊สโซฮอล์ สำหรับใช้เติมกับเครื่องยนต์ต่าง ๆ ราคาค้นทุนการผลิตเอทานอลแตกต่างกันตามราคาวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิต ซึ่งปัจจุบันราคากากน้ำตาล (molasses) มีราคาสูงขึ้น ทำให้ราคาของเอทานอลที่ผลิตได้มีราคาสูงขึ้นด้วย ประกอบกับในปี 2550 จะมีโรงงานผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลเพิ่มขึ้น จำเป็นต้องเร่งหาวัตถุดิบที่จะใช้ผลิตเอทานอลให้พอเพียงกับความต้องการและลดต้นทุนการผลิตให้ต่ำลง

พลังงานจากพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่มีความเป็นไปได้สูง “ข้าวฟ่างหวาน” (*Sorghum bicolor* L. Moench) เป็นพืชหนึ่งที่มีศักยภาพเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการผลิตเอทานอล ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชตระกูลเดียวกับข้าว ข้าวโพด อ้อย และหญ้าที่สามารถปลูกได้ทั่วไป โดยเฉพาะในเขตร้อน ข้าวฟ่างหวานเจริญเติบโตได้ดีแม้ว่าอุณหภูมิของการปลูกสูงถึง 55 องศาเซลเซียส และปริมาณของน้ำตาลในข้าวฟ่างหวานมีค่าใกล้เคียงกับอ้อยมาก อย่างไรก็ตาม ข้าวฟ่างหวานมีลักษณะที่เด่นกว่าอ้อย คือปลูกง่าย ทนแล้งกว่าอ้อยและพืชไร่อื่นๆ มีอายุการเก็บเกี่ยวสั้น (100 ถึง 120 วัน) เมื่อเปรียบเทียบกับอ้อยและมันสำปะหลังแล้วข้าวฟ่างหวานให้ผลผลิตมากกว่าประมาณ 2 เท่าตัวในรอบระยะเวลา 1 ปี ทั้งนี้ เพราะมีความถี่ของการเพาะปลูกคือ 2 ครั้งต่อปี ในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงมิถุนายน เก็บเกี่ยวประมาณกันยายนถึงตุลาคมและช่วงสิงหาคมถึงกันยายนเก็บเกี่ยวประมาณธันวาคมถึงมกราคม เมล็ดข้าวฟ่างหวานใช้เป็นอาหารสัตว์ และเมล็ดพันธุ์สำหรับการเพาะปลูก ปริมาณเมล็ดที่ได้ประมาณ 100 ถึง 150 กิโลกรัมต่อไร่ ราคาประมาณ 2 ถึง 3 บาทต่อกิโลกรัม ต้นของข้าวฟ่างหวานสามารถผลิตน้ำตาลที่ไม่ต้องผ่านกระบวนการตกผลึกแต่จะเป็นน้ำเชื่อมข้นสีน้ำตาล (syrup jaggery brown sugar) ที่มีความหวานประมาณ 70 ถึง 80 องศาบริกซ์ ต้นสดของข้าวฟ่างหวานถูกหีบเป็นน้ำหวานได้ประมาณ 300 ลิตรต่อไร่ ส่วนชานข้าวฟ่างหวานหลังจากหีบน้ำหวานออกไปแล้วใช้เป็นอาหารสัตว์ ปุ๋ยและสามารถนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิง ปัจจุบันเกษตรกรนิยมปลูกข้าวฟ่างพันธุ์ใช้เมล็ดสำหรับใช้เลี้ยงสัตว์ที่มีน้ำในลำต้นความหวานน้อย แต่ให้ผลผลิตเมล็ดเฉลี่ยประมาณ 350-500 กิโลกรัมต่อไร่ ดังนั้น ต้นหลังเก็บเกี่ยวเมล็ดแล้วจะแห้ง ได้ผลผลิตต้นสดประมาณ 1 ตันต่อไร่ ขณะที่ข้าวฟ่างหวานที่มีความหวานเฉลี่ย 18 -20 องศาบริกซ์ ให้ผลผลิตต้นหลังเก็บเกี่ยวเมล็ดแล้วเฉลี่ยประมาณ 5 ตันต่อไร่

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร (2550) รายงานว่า จังหวัดที่มีการปลูกข้าวฟ่างเมล็ดมี 7 จังหวัด คือ ลพบุรี นครสวรรค์ เพชรบูรณ์ สระบุรี สระแก้ว ชัยนาท และสุพรรณบุรี ในปี 2546 2547 และ 2548 มีพื้นที่เก็บเกี่ยวรวม 321,621 320,489 และ 324,172 ไร่ ผลผลิต 6,388 92,922 และ 94,885 ตัน ผลผลิตเฉลี่ย 300 290 และ 293 กิโลกรัมต่อไร่ ตามลำดับ ดังตารางที่ 1 ในปี 2547 และ 2548 ประเทศไทยมีการนำเข้าเมล็ดข้าวฟ่างจำนวน 620 และ 616 ตัน มูลค่า 20 และ 26 ล้านบาท ตามลำดับ และมีการส่งออก จำนวน 2,714 และ 1,636 ตัน มูลค่า 18 และ 16 ล้านบาท ตามลำดับ

สำหรับข้าวฟ่างหวาน มีการปลูกกระจายตามแหล่งที่มีการเลี้ยงสัตว์ทั่วประเทศ เช่น ลพบุรี สุพรรณบุรี กาญจนบุรี และชัยภูมิ คาดว่ามีพื้นที่ปลูกรวมอยู่ในระดับ 1,000 ไร่ ส่วนใหญ่ปลูกเพื่อตัดต้นทำเป็นอาหารสัตว์ในรูปให้กินสดหรือหญ้าหมัก

ข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่ต้องการน้ำและปุ๋ยน้อยกว่าอ้อยอย่างมีนัยสำคัญ คือประมาณ 60% จะตัดต้นมาหีบหลังเก็บเกี่ยวช่อไปแล้ว ใช้ระยะเวลาประมาณ 3-4 เดือน ซึ่งสั้นกว่าอ้อยราว 8 เดือน นอกจากนี้เมล็ดที่เก็บได้สามารถนำไปใช้เป็นเมล็ดพันธุ์ปลูกขยายต่อไปได้อีกในพื้นที่ 1 ต่อ 30 ซึ่งมีค่าสูงกว่าอ้อย (1 ต่อ 10 ) ประมาณ 3 เท่า ข้าวฟ่างหวานที่ปลูกในสภาพอาศัยน้ำฝนจะให้ผลผลิตต้นสดเฉลี่ยประมาณ 4-7 ตันต่อไร่ เพราะส่วนใหญ่ไม่สามารถเก็บผลผลิตจากต่อได้ หากปลูกในสภาพที่มีน้ำ

จะได้ผลผลิตต้นสดเฉลี่ย (จากการตัดต้นครั้งแรก และครั้งที่ 2 ต่อ) ตั้งแต่ 15-20 ต้นต่อไร่ ความหวานที่หีบได้จากต้นสดมีค่าเฉลี่ยประมาณ 15-22 องศาบริกซ์ (brix degree) ปริมาณน้ำที่หีบได้ประมาณ 300-400 ลิตรต่อน้ำหนักต้นสด 1 ตัน ข้าวฟ่างหวานพันธุ์ที่นิยมปลูกในปัจจุบันได้แก่ ริโอ (Rio) เรย์ (Wray) และเคลเลอร์ (Keller) ดังตารางที่ 2 พันธุ์ที่มีความหวานสูงมีแนวโน้มผลิตเป็นเอทานอลได้มาก

ตารางที่ 1.1 พื้นที่ปลูก (ไร่) ผลผลิต (ตัน) และผลผลิตเฉลี่ย (กิโลกรัมต่อไร่) ของข้าวฟ่าง

	เนื้อที่เก็บเกี่ยว (ไร่)			ผลผลิต (ตัน)			ผลผลิตเฉลี่ย (กก/ไร่)		
	2546	2547	2548	2546	2547	2548	2546	2547	2548
นครสวรรค์	115,048	113,130	114,900	32,525	31,304	32,214	283	277	280
เพชรบูรณ์	65,972	67,248	68,329	20,854	19,661	20,160	316	292	295
สระบุรี	8,209	8,067	8,275	2,356	2,238	2,321	287	277	280
ลพบุรี	123,015	123,028	123,400	37,671	36,877	37,302	306	300	302
ชัยนาท	2,867	2,781	2,922	791	777	808	276	279	277
สุพรรณบุรี	736	564	568	162	137	137	220	243	241
สระแก้ว	5,774	5,671	5,778	2,029	1,928	1,943	351	340	336
ทั่วประเทศ	321,621	320,489	324,172	96,388	92,922	94,885	300	290	293

ตารางที่ 1.2 ผลผลิตต้นสดของข้าวฟ่างหวาน ปริมาณน้ำที่หีบได้ และค่าความหวาน

พันธุ์	น้ำหนักต้นสด ตัน/ไร่*	ปริมาณน้ำ		ความหวาน องศาบริกซ์
		ลิตร/ไร่	ลิตร/ตัน	
บีเจ 238	6.1	2145	335	16.20
บีเจ 281	5.3	1890	350	19.60
กาวเลย์	5.9	1971	316	20.20
เรย์	4.7	1831	378	19.60
ริโอ	4.7	1534	321	18.30
สุพรรณบุรี 1	3.8	921	304	15.00

\*ข้าวฟ่างหวานปลูก อายุเก็บเกี่ยว 120 วัน

## 1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

### 1.2.1 ศึกษาการระเหยน้ำคั้นสดจากต้นข้าวฟ่างหวานเพื่อผลิตน้ำเชื่อมข้น

1.2.2 ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตเอทานอลจากต้นสัคข้าวฟ่างหวานและน้ำเชื่อมชั้น ด้วยครูดเซลลูเลสผงร่วมกับแซคคาโรมายซิส ซีรีวิสิอี

### 1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

- 1.3.1 ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของต้นสัค และน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานสด เช่น เซลลูโลส เฮมิ-เซลลูโลส ลิกนิน น้ำตาลรีดิคซ์ และไนโตรเจน
- 1.3.2 การผลิตน้ำคั้นข้าวฟ่างหวานให้เข้มข้นด้วยการระเหยในเครื่องระเหย 2 ชั้น เปรียบเทียบกับการระเหยด้วยกระทะ ให้เป็นน้ำเชื่อมชั้นที่มีช่วงความหวานประมาณ 70-80 บริกซ์ วิเคราะห์การควบคุมและพลังงานที่ใช้
- 1.3.3 ศึกษาสภาวะของการหมักเอทานอลจากน้ำคั้นสัคข้าวฟ่างหวาน เช่น ความเข้มข้นของหัวเชื้อยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* RT-P2 และ pH ที่เหมาะสม สำหรับน้ำคั้นสัคข้าวฟ่างหวานในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร บนเครื่องเขย่า 120 รอบต่อนาที ใช้เวลาหมักนาน 72 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิห้อง วิเคราะห์น้ำหนักเซลล์แห้ง ความเข้มข้นของน้ำตาลรีดิคซ์ และเอทานอลทุก 8 ชั่วโมง
- 1.3.4 ศึกษาจลนพลศาสตร์ของการหมักเอทานอลจากสารละลายน้ำเชื่อมข้าวฟ่างหวานพันธุ์เรย์เคลเลอร์ และคาเวล์ ที่มีการเติมยูเรียและไม่เติมยูเรียในอาหารเหลวพีเอช 5
- 1.3.5 ศึกษาสภาวะของการหมักเอทานอลจากต้นสัคข้าวฟ่างหวานด้วยครูดเซลลูเลสผงที่ได้จาก *Trichoderma reesei* RT-P1 อย่างเดียวกับการหมักแบบรวมปฏิภิกิริยาระหว่างครูดเซลลูเลสผงที่ได้จาก *Trichoderma reesei* RT-P1 ร่วมกับร้อยละ 10 โดยปริมาตรของยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* RT-P2 ในอาหารเหลวพีเอช 5 ปริมาตรคงที่เท่ากับ 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิห้อง 30 องศาเซลเซียส โดยแปรผันระยะเวลาที่ใช้หมัก น้ำหนักของต้นสัคข้าวฟ่างหวานและครูดเซลลูเลสผง

### 1.4 ผลสำเร็จของการวิจัยที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

เมล็ดของข้าวฟ่างหวานนอกเหนือจากการนำไปใช้เป็นอาหารสัตว์แล้วในงานวิจัยที่ผ่านมาได้นำไปใช้ในการผลิตเอทานอล สำหรับการผลิตเอทานอลในงานวิจัยนี้ได้นำเสนอกรอบแนวคิดของการผลิตเอทานอลจากต้นสัคและน้ำเชื่อมชั้นข้าวฟ่างหวาน ด้วยเหตุผลที่ว่า น้ำคั้นข้าวฟ่างหวานสดไม่สามารถเก็บไว้ได้นานที่อุณหภูมิห้องจะเกิดการหมักขึ้นอย่างรวดเร็ว จึงเป็นปัญหาหลังการเก็บเกี่ยวที่ต้องการนำไปเป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตเอทานอล องค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัยนี้ คือ วิธีการทำให้น้ำเชื่อมชั้น การผลิตเอทานอลจากน้ำเชื่อมชั้นและต้นข้าวฟ่างหวานสดด้วยเซลลูเลส เอนไซม์กับยีสต์ ซึ่งสามารถนำไปใช้กับชุมชนเกษตรที่ทำการปลูกข้าวฟ่างหวานได้ นอกจากนี้ น้ำเชื่อมชั้นข้าวฟ่างหวานจะทดแทนกากน้ำตาลได้ดี เพราะว่ามีสารกำมะถันต่ำกว่า ดังนั้น องค์ความรู้จากงานวิจัยนี้จึงเป็นประโยชน์ที่สามารถนำไปใช้ในการผลิตเอทานอลเพื่อเป็นพลังงานทดแทนได้เป็นอย่างดี