# บทที่ 1
# บทนำ

## 1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นแหล่งพลังงานที่สำคัญของประเทศ และถือได้ว่าเป็นปัจจัยสำคัญในลำดับต้นๆ ที่มีผลกระทบอย่างมากต่อสภาวะเศรษฐกิจและความมั่นคงของประเทศ จากภาวะวิกฤตด้านพลังงานของโลกในปัจจุบัน ทำให้หลายๆ ประเทศหันไปศึกษาหาแหล่งพลังงานทดแทนกันอย่างจริงจัง สถานการณ์ด้านการใช้พลังงานของประเทศไทย มีการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงมากที่สุด ที่สำคัญ 85% ประเทศไทยต้องนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศ ขณะที่ช่วงหลายปีที่ผ่านมา ราคาน้ำมันในตลาดโลกปรับตัวสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติปริมาณการใช้น้ำมันสำเร็จรูปในประเทศไทยพบว่ามีแนวโน้มสูงขึ้นทุกปี โดยในปี พ.ศ. 2551 มีการใช้น้ำมันสำเร็จรูปทั้งสิ้น 629 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน ปี พ.ศ. 2552 ปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นเป็น 640 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน และในปี พ.ศ. 2553 มีปริมาณการใช้สูงถึง 650 เทียบเท่าพันบาร์เรลน้ำมันดิบต่อวัน จากสถานการณ์ดังกล่าวรัฐบาลได้กำหนดนโยบายพลังงานด้วยการลดการพึ่งพาการนำเข้าน้ำมันจากต่างประเทศลง ส่งเสริมให้เกิดการใช้พลังงานอย่างรู้คุณค่า ส่งเสริมและพัฒนาพลังงานทดแทน พึ่งพาวัตถุดิบการเกษตรที่สามารถผลิตเป็นพลังงานทดแทน เช่น มันสำปะหลัง และอ้อย ใช้ผลิตเป็นเอทานอลทดแทนน้ำมันเบนซิน และปาล์มน้ำมัน และสบู่ดำ ใช้ผลิตไบโอดีเซลทดแทนน้ำมันดีเซล รัฐบาลได้วางเป้าหมายการใช้พลังงานทดแทนโดยเพิ่มสัดส่วนการใช้ในทุกภาคการผลิตตั้งแต่การผลิตไฟฟ้า ผลิตความร้อน และเชื้อเพลิงชีวภาพ จากปริมาณการใช้เมื่อปี 2549 ที่ระดับ 3% เพิ่มสัดส่วนเป็น 8% ภายในปี 2554 ในส่วนของพลังงานชีวภาพนั้น เพิ่มระดับการใช้เอทานอลที่ 400,000 ลิตร/วัน เป็น 3,000,000 ลิตร/วัน ในปี พ.ศ. 2554 ปัจจุบันมีโรงงานผลิตเอทานอลเดินเครื่องผลิต 19 โรงงาน กำลังผลิตรวมประมาณ 2.925 ล้านลิตรต่อวัน ส่วนไบโอดีเซลได้วางเป้าหมายการใช้ที่ระดับ 300,000 ลิตร/วัน เป็น 4,600,000 ลิตร/วัน ในปี พ.ศ. 2554

เอทานอลได้รับการยอมรับให้เป็นแหล่งพลังงานทดแทนที่สำคัญแหล่งหนึ่ง เพราะมีข้อดีหลายประการ เช่น สามารถเผาไหม้ได้อย่างสมบูรณ์ จึงช่วยลดมลพิษทางอากาศ ในขณะเดียวกันก็ช่วยเพิ่มค่าออกเทนเมื่อใช้ผสมกับน้ำมันเชื้อเพลิง (เบนซิน) ในปัจจุบันการผลิตเอทานอลในระดับอุตสาหกรรมนิยมใช้วิธีการหมัก ซึ่งสามารถหมักโดยใช้วัตถุดิบได้หลายชนิด ที่สำคัญพื้นที่ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เป็นแหล่งเพาะปลูกพืชพลังงานที่สำคัญของประเทศ โดยเฉพาะพืชพลังงานที่นำมาแปรรูปเป็นเอทานอล ประกอบด้วย อ้อย มันสำปะหลัง รวมทั้งมีพืชพลังงานชนิดใหม่ ที่นักวิชาการกำลังให้ความสนใจ เช่น ข้าวฟ่างหวาน ข้าวโพด เป็นต้น อย่างไรก็ตามจากปริมาณความต้องการเอทานอลที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง อาจส่งผลทำให้ปริมาณของวัตถุดิบเหล่านี้ไม่เพียงพอที่จะป้อนโรงงานอุตสาหกรรมในอนาคต ทั้งนี้เพราะวัตถุดิบเหล่านี้ถูกนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอื่นๆ อีกหลายชนิด เช่น อาหารสัตว์ น้ำตาล โรงงานผลิตกรดอินทรีย์ หรือแม้กระทั่งเพื่อการส่งออก เป็นต้น ดังนั้นจึงมีการศึกษาเพื่อหาแหล่งวัตถุดิบชนิดใหม่ๆ ที่มีศักยภาพสำหรับนำไปใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบทดแทน พืชชนิดหนึ่งที่ได้รับความสนใจและมีการศึกษาวิจัยกันมากในต่างประเทศ คือแก่นตะวัน (Jerusalem artichoke หรือ *Helianthus tuberosus L.*)

แก่นตะวัน เป็นไม้ล้มลุกที่นิยมปลูกเป็นพืชฤดูเดียว ต้นมีความสูงประมาณ 1.5 – 3 เมตร มีใบทรงกลมถึงกลมรี ดอกมีสีเหลือง มีรากทำหน้าที่เป็นแหล่งสะสมอาหาร ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในส่วนรากพบว่ามีความชื้นประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ ส่วนที่เหลือ 20 เปอร์เซ็นต์ ประกอบด้วยโปรตีน 10-15 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 1 เปอร์เซ็นต์ คาร์โบไฮเดรท (แป้ง) 70-76 เปอร์เซ็นต์ เยื่อใย 4-6 เปอร์เซ็นต์ และเถ้า 5 เปอร์เซ็นต์ นอกจากนี้ยังพบแร่ธาตุบางชนิด เช่น ฟอสฟอรัส (0.099 เปอร์เซ็นต์) แคลเซียม (0.023 เปอร์เซ็นต์ ) เหล็ก (3.4 มิลลิกรัมต่อ 100 กรัม) และอะลูมิเนียม คลอรีน ไอโอดีน แมกนีเซียม โปแตสเซียม โซเดียม ซัลเฟอร์ และสังกะสี ในปริมาณเล็กน้อย นอกจากองค์ประกอบดังกล่าวแล้วยังพบว่าในส่วนรากของแก่นตะวันยังมีวิตามินบี วิตามินซี อาร์จินิน ฮิสติดิน บีเทน โคลีน ในปริมาณเล็กน้อยด้วย (James A. Duke, 1983)

เนื่องจากแก่นตะวันเป็นแหล่งที่สำคัญของคาร์โบไฮเดรท จึงมีการนำไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ เช่น เป็นแหล่งอาหารของคน (ทดแทนมันฝรั่ง) และสัตว์ รวมทั้งใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน ในปี ค.ศ. 1983 Margarits และ Bajpai ได้ศึกษาการผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันโดยใช้เชื้อ *Kluyveromyces marxianus* UCD (FST) 55-82 และพบว่าที่น้ำตาลเริ่มต้น 250 กรัมต่อลิตร ยีสต์สามารถผลิตเอทานอลได้สูงสุดเท่ากับ 102 กรัมต่อลิตร ค่าผลได้เอทานอลมีค่าประมาณ 0.45 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ เมื่อศึกษาอัตราการเจริญจำเพาะสูงสุดของยีสต์ที่ความเข้มข้นน้ำตาลระดับต่างๆ กันพบว่ามีค่าแปรผันตั้งแต่ 0.44 ต่อชั่วโมง ที่น้ำตาลเริ่มต้น 50 กรัมต่อลิตร ถึง 0.13 ต่อชั่วโมง ที่น้ำตาลเริ่มต้น 300 กรัมต่อลิตร

Schorr-Galindo และคณะ (2000) ศึกษาอัตราการหมักเอทานอลจากแก่นตะวันโดยใช้เชื้อ *Saccharomyces diastaticus* NCYC 625 ผลการศึกษาพบว่าเมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลฟรุกโตสต่อกลูโคสเพิ่มขึ้น อัตราการผลิตเอทานอลโดยยีสต์ลดลง ความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้เมื่ออัตราส่วนของฟรุกโตสต่อกลูโคสเท่ากับ 6.0 มีค่าประมาณ 45 กรัมต่อลิตร แต่เมื่ออัตราส่วนของน้ำตาลทั้ง 2 ชนิดลดลงเหลือ 3.5 เอทานอลที่ผลิตได้มีค่าเท่ากับ 65 กรัมต่อลิตร

ปัญหาสำคัญที่พบในการหมักเพื่อผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันคือ อินูลิน (Inulin) ซึ่งเป็นโพลิเมอร์ของน้ำตาลฟรุกโตสที่เชื่อมต่อกันด้วยพันธะ $\beta$ (2-1) จุลินทรีย์ผลิตเอทานอลทั่วๆไป โดยเฉพาะ *Saccharomyces cerevisae* และแบคทีเรีย *Zymomonas mobilis* ไม่สามารถใช้อินูลินเป็นแหล่งคาร์บอนและพลังงานเพื่อการเจริญและหมักเอทานอลได้ ดังนั้นผลผลิตของเอทานอลที่ได้จากการผลิตโดยใช้จุลินทรีย์เหล่านี้จะต่ำ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการศึกษาวิจัยถึงการนำเอาจุลินทรีย์ที่มีประสิทธิภาพในการใช้อินูลินได้ดีมาใช้ร่วมกับจุลินทรีย์ผลิตเอทานอล ตัวอย่างเช่น Szambelan และคณะ (2004) ศึกษาการผลิตเอทานอลโดยใช้เชื้อจุลินทรีย์ร่วมระหว่าง *S. cerevisae* และ *Z. mobilis* กับ *K. fragilis* ผลการศึกษาพบว่าการใช้เชื้อผสม ผลได้ของเอทานอลมีค่าเท่ากับ 0.48 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ แต่ในสภาวะเชื้อเดี่ยว ผลได้ของเอทานอลมีค่าประมาณ 0.46 กรัมเอทานอลต่อกรัมน้ำตาลที่ถูกใช้ เมื่อเทียบค่าปริมาณผลได้ในทางทฤษฎีพบว่าการใช้เชื้อผสมทำให้ผลได้ของเอทานอลเพิ่มสูงขึ้นประมาณ 2-12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเทียบกับสภาวะการใช้เชื้อเดี่ยว

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าแก่นตะวันเป็นพืชที่มีศักยภาพสูงสำหรับนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล ในประเทศไทยพืชชนิดนี้ยังไม่เป็นที่รู้จักแพร่หลาย รวมทั้งยังไม่มีการนำแก่นตะวันไปใช้ในการผลิตเอทานอลมาก่อน ดังนั้นจุดมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้เพื่อศึกษาถึงความเป็นไปได้ในการผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันตลอดจนศึกษาถึงปัจจัยบางประการที่มีผลต่อการผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันโดยใช้ *Z. mobilis* ด้วยวิธีการหมักแบบกะ

**1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย**

1.2.1 เพื่อศึกษาศักยภาพของแก่นตะวันสำหรับใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล

1.2.2 เพื่อศึกษาองค์ประกอบในน้ำสกัดจากหัวแก่นตะวันและหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลจากน้ำสกัดจากหัวแก่นตะวัน

1.2.3 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของจุลินทรีย์ *Z. mobilis* สำหรับใช้ในการผลิตเอทานอลจากน้ำสกัดจากหัวแก่นตะวัน

1.2.4 เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากน้ำสกัดจากหัวแก่นตะวันในระดับขยาย

**1.3 ขอบเขตของการวิจัย**

1.3.1 หัวแก่นตะวันที่ใช้ในการทดลองครั้งนี้ได้จากคณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

1.3.2 ในการศึกษาสภาวะที่เหมาะสม จะศึกษาในระดับฟลาสก์ขนาด 500 มิลลิลิตร และทำการศึกษาภายใต้สภาวะกึ่งไร้อากาศ (semi-anaerobic)

1.3.3 ศึกษาถึงสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการหมักเพื่อผลิตเอทานอลจากน้ำสกัดจากหัวแก่นตะวัน โดยสภาวะที่ศึกษาประกอบด้วย วิธีการเตรียมวัตถุดิบ ปริมาณเชื้อเริ่มต้น ค่าความเป็นกรด – ด่าง (pH) เริ่มต้น ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น และแหล่งไนโตรเจน

1.3.4 การศึกษาศักยภาพในการผลิตเอทานอลจากน้ำสกัดจากหัวแก่นตะวัน ในระดับขยายส่วนโดยใช้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตจากการทดลองในระดับฟลาสก์

**1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ**

1.4.1 ทราบถึงองค์ประกอบทางเคมีของแก่นตะวันซึ่งจะมีประโยชน์สำหรับนำวัตถุดิบชนิดนี้ไปใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล รวมทั้งเพื่อการผลิตผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจในอนาคต

1.4.2 ทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันโดยใช้ *Z. mobilis*

1.4.3 ได้ข้อมูลพื้นฐานการผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันในระดับห้องปฏิบัติการสำหรับใช้เป็นแนวทางในการผลิตเอทานอลจากแก่นตะวันในระดับขยายส่วนหรือโรงงานอุตสาหกรรมในอนาคต

1.4.4 เป็นแนวทางหนึ่งในการแปรรูปวัตถุดิบทางการเกษตรให้มีมูลค่าทางเศรษฐกิจเพิ่มขึ้น