

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของประเด็นการวิจัย

จากปัญหาเชื้อเพลิงและพลังงานที่มีความต้องการเพิ่มสูงขึ้น จึงทำให้มีการแสวงหาแหล่งพลังงานจากทรัพยากรภายในประเทศเพื่อทดแทนการนำเข้าพลังงาน ประกอบกับการตระหนักถึงผลกระทบของการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงจากอุตสาหกรรมปิโตรเลียมต่อสภาพแวดล้อม คณะรัฐมนตรีจึงได้มีมติเมื่อวันที่ 9 ธันวาคม 2546 เรื่องพลังงานทดแทน และวางยุทธศาสตร์ส่งเสริมการใช้แก๊สโซฮอล์ และไบโอดีเซลเป็นพลังงานทดแทน (กระทรวงพลังงาน, 2553)

น้ำมันแก๊สโซฮอล์ (gasohol) เป็นเชื้อเพลิงที่ประกอบด้วยน้ำมันเบนซินและเอทานอล ซึ่งในขณะนี้ประเทศไทยมีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อยู่ 2 ชนิดหลักๆ คือ แก๊สโซฮอล์ E10 และ E20 ซึ่งมีอัตราส่วนระหว่างน้ำมันเบนซินและเอทานอลที่ 9 ต่อ 1 และ 8 ต่อ 2 ตามลำดับ ในปี พ.ศ. 2552 มีสัดส่วนการใช้แก๊สโซฮอล์มากที่สุด คิดเป็น 60 เปอร์เซ็นต์ของปริมาณการใช้เบนซินทั้งหมด โดยมีปริมาณการใช้เพิ่มจาก 9.2 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ. 2551 เป็น 12.2 ล้านลิตรต่อวันในปี พ.ศ. 2552 หรือเพิ่มขึ้น 32.5 เปอร์เซ็นต์ (กรมธุรกิจพลังงาน, กระทรวงพลังงาน, 2553) นอกจากนี้ยังมีน้ำมันแก๊สโซฮอล์อีกชนิดหนึ่ง คือ แก๊สโซฮอล์ E85 โดยพบว่ามีปริมาณการใช้เพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยในปี 2555 มีปริมาณการใช้สูงถึง 123,000 ลิตรต่อวัน ในขณะที่ปี 2553 มีปริมาณการใช้เพียง 6,000 ลิตรต่อวันเท่านั้น ทำให้ลดการนำเข้าพลังงานเชื้อเพลิงจากต่างประเทศ (กระทรวงพลังงาน, 2555)

โครงการวิจัยเพื่อผลิตเอทานอลโดยใช้วัตถุดิบจากพืชผลทางการเกษตรมีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นแนวทางในการเพิ่มผลผลิตเอทานอลและสร้างมูลค่าเพิ่มของพืชผลทางการเกษตร ตลอดจนเป็นแนวทางในแก้ไขปัญหาคาขาดแคลนพลังงาน นอกจากนี้ยังทำให้เกิดเสถียรภาพด้านพลังงานของประเทศ และยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรซึ่งเป็นคนส่วนใหญ่ของประเทศ มีรายงานว่า การใช้แก๊สโซฮอล์ สามารถลดปริมาณไฮโดรคาร์บอนและคาร์บอนมอนอกไซด์ 20 – 25 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ลดค่าใช้จ่ายเกี่ยวกับสุขภาพของประชาชนในประเทศ (พืชพลังงาน, 2550)

ปัจจุบันวัตถุดิบหลักที่ใช้ในการผลิตเอทานอลของประเทศไทยมี 2 ชนิด คือ มันสำปะหลัง และกากน้ำตาล อย่างไรก็ตามหากใช้วัตถุดิบสองชนิดนี้ในการผลิตเอทานอลอาจทำให้เกิดปัญหาคาขาดแคลนวัตถุดิบได้ นอกจากนี้ยังพบว่าคุณภาพของกากน้ำตาลที่ได้มีค่าไม่คงที่ ในบางครั้งมีปริมาณน้ำตาลที่สามารถหมักได้ (fermentable sugar) เพียง 33 เปอร์เซ็นต์ ทำให้ปริมาณการผลิตเอทานอลลดลง (กัญญพัชร จินันท์เดช, 2549) ดังนั้นจึงจำเป็นต้องหาแหล่งวัตถุดิบอื่นทดแทน

ข้าวฟ่างหวาน (*Sorghum bicolor* L. Moench) เป็นพืชชนิดหนึ่งที่ได้มีการศึกษาและพัฒนาเพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล เนื่องจากเป็นพืชที่มีความทนทานต่อสภาพแห้งแล้งได้ดี และคุณภาพของน้ำคั้นจากข้าวฟ่างหวานมีความใกล้เคียงกับน้ำคั้นจากอ้อย ซึ่งสามารถใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลได้โดยตรง ไม่ต้องผ่านกระบวนการบำบัดขั้นต้นหรือ pretreatment นอกจากนี้แล้วข้าวฟ่างหวานยังมีช่วงการเจริญเติบโตและเก็บเกี่ยวผลผลิตสั้นประมาณ 100 – 140 วัน โดยเฉลี่ย 1 ปี สามารถปลูกได้ถึง 3 ครั้ง ในขณะที่อ้อยปลูกได้ปีละ 1 ครั้ง ข้าวฟ่างหวานปลูกได้ง่ายโดยใช้เมล็ดพันธุ์เพียง 1.5 กิโลกรัมต่อไร่ อัตราขยายพันธุ์ 1 ต่อ 1000 ในขณะที่อ้อยมีอัตราการขยายพันธุ์เพียง 1 ต่อ 10 จึงทำให้ต้นทุนของการปลูกข้าวฟ่างหวานต่ำกว่าอ้อยมาก (ประสิทธิ์ ใจศีล, 2547)

กระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอลของยีสต์เกิดขึ้นได้เนื่องจาก ยีสต์สามารถเปลี่ยนน้ำตาลกลูโคสเป็นเอทานอลและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจน โดยผ่านวิถีไกลิโคลิซิส (glycolysis pathway) ในทางทฤษฎีกลูโคสสามารถเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ 51 เปอร์เซ็นต์ และได้แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์อีก 49 เปอร์เซ็นต์ โดยความสามารถในการผลิตเอทานอลของยีสต์ขึ้นอยู่กับสายพันธุ์ยีสต์ สภาวะแวดล้อมที่เหมาะสม ธาตุอาหาร และความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้น คือหากต้องการได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงต้องใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้นสูงด้วย อย่างไรก็ตาม การใช้ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้นที่สูงเกินไปในน้ำหมัก จะส่งผลเสียต่อกระบวนการหมัก คือ อาจเกิด substrate inhibition หรือ catabolic repression ในขณะเดียวกันที่ความเข้มข้นของเอทานอลที่สูงเกินไปในน้ำหมักจะเป็นพิษต่อเซลล์ยีสต์ได้ ทำให้การผลิตเอทานอลหยุดชะงัก (Santos และคณะ, 2008) Thomas และคณะ (1996) พบว่าภายใต้สภาวะแวดล้อมและสารอาหารที่เหมาะสม *Saccharomyces cerevisiae* สามารถผลิตเอทานอลและทนเอทานอลได้สูงขึ้น โดยสภาวะที่เหมาะสมรวมถึงการให้อากาศในระหว่างการหมักด้วย (Bai และคณะ, 2004) เนื่องจากในสภาวะที่มีอาหารสมบูรณ์ยีสต์จะเจริญหรือเพิ่มจำนวนได้ดีในสภาวะที่มีอากาศ โดยทำให้ปริมาณของเออร์โกสเตอรอยด์ (ergosterol) และกรดไขมัน (fatty acid) บริเวณเซลล์เมมเบรน (cell membrane) เพิ่มขึ้น ซึ่งมีผลทำให้ยีสต์ทนต่อเอทานอลได้มากขึ้น อย่างไรก็ตามกระบวนการหมักเพื่อผลิตเอทานอลไม่ต้องการออกซิเจน (Alfenore และคณะ, 2004) นอกจากสารอาหารหลักคือแหล่งคาร์บอน และแหล่งไนโตรเจนที่เหมาะสมแล้ว ปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งคือ ธาตุอาหารที่ต้องการในปริมาณน้อย (trace elements) แต่จำเป็นสำหรับเร่งการเจริญหรือทำให้สามารถผลิตเอทานอลได้ดีขึ้น โดยเฉพาะอย่างยิ่งการหมักภายใต้สภาวะที่มีน้ำตาลเริ่มต้นสูงหรือระดับ VHGF (very high gravity fermentation) (ปริมาณน้ำตาลเริ่มต้นสูงอย่างน้อย 270 กรัมต่อลิตรขึ้นไป) (Bai และคณะ, 2004)

Trace elements มีความสำคัญมากต่อการเจริญและการผลิตเอทานอล โดยมีผลต่อกิจกรรมของเอนไซม์หลายชนิดที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งตัวของเซลล์ และการผลิตเอทานอล เช่น ethanolic dehydrogenase, aldolase, alkaline phosphatase และ DNA and RNA polymerase (Auld และคณะ 1976, Gottschalk, 1986) โดยอาจเป็น cofactor และ/หรือเป็นองค์ประกอบโครงสร้างในเอนไซม์ที่เกี่ยวข้อง นอกจากนี้ trace elements ยังมีผลต่อ membrane fluidity องค์ประกอบฟอสโฟลิปิดของเมมเบรน โครงสร้างของ tertiary protein และโครงสร้างของเซลล์และออร์แกเนลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับความสามารถในการผลิตและทนต่อเอทานอล (ethanol tolerance) ของยีสต์ (Auld และคณะ 1976, Gottschalk, 1986)

นอกจาก trace elements แล้วไนโตรเจนเป็นสารอาหารหลักที่สำคัญต่อการผลิตเอทานอลและการเจริญของเซลล์ Laopaiboon และคณะ (2009) รายงานว่า การเติมยีสต์เอ็กซ์แทรคพร้อมกับเปปโตโนทำให้ความเข้มข้นเอทานอลเพิ่มขึ้นภายใต้สภาวะการหมักแบบ VHGF Deesuth และคณะ (2012) รายงานว่าการหมักเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานภายใต้สภาวะ VHGF การเติมโลหะร่วมกับยีสต์เอ็กซ์แทรคที่ความเข้มข้นที่เหมาะสมสามารถปรับปรุงประสิทธิภาพการผลิตเอทานอล โดยได้ความเข้มข้นเอทานอล 120 กรัมต่อลิตร ในขณะที่ชุดควบคุม (ไม่เติมสารอาหาร) ได้ความเข้มข้นเอทานอลเพียง 95 กรัมต่อลิตร อย่างไรก็ตามยีสต์เอ็กซ์แทรคนั้นมีราคาแพงจึงจำเป็นต้องหาแหล่งไนโตรเจนชนิดอื่นมาทดแทน Suwanapong และคณะ (2013) รายงานว่า การหมักเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานภายใต้การหมักแบบ VHGF นั้นหากเซลล์ยีสต์ซึ่งเป็นผลพลอยได้ราคาถูกจากโรงงานเบียร์สามารถนำมาใช้เป็นแหล่ง

ไนโตรเจนแทนยีสต์เอ็กซ์แทรกได้ เพราะกากเซลล์ยีสต์มีปริมาณไนโตรเจนสูงและยังมีแร่ธาตุอื่นๆ ที่จำเป็นต่อการหมักและการผลิตเอทานอล

ดังนั้นการมีปริมาณ fermentable nitrogen, trace elements และมีปริมาณอากาศที่เหมาะสมในระหว่างการหมัก จะทำให้ยีสต์ผลิตเอทานอลความเข้มข้นสูงได้ งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายหลักคือ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวาน ทั้งในแง่ของการเพิ่มการเจริญของยีสต์และการผลิตเอทานอลของยีสต์ *S. cerevisiae* NP 01 โดยแปรผันปริมาณไนโตรเจนราคาถูก (กากเซลล์ยีสต์แห้ง) โลหะ (สังกะสี แมกนีเซียม และแมงกานีส) ที่เหมาะสมหรือเพียงพอต่อความต้องการภายใต้การหมักแบบ VHG โดยข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับต่อยอดเพื่อนำไปใช้ในกระบวนการหมักเอทานอลในระดับเชิงพาณิชย์ต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

- 1) เพื่อศึกษาการผลิตเอทานอลในอาหารสังเคราะห์มาตรฐานสูตรผลิตเอทานอลภายใต้สภาวะการหมักแบบ VHG
- 2) เพื่อศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานที่มีและไม่เติมอาหารเสริม (ยีสต์เอ็กซ์แทรก/กากเซลล์ยีสต์แห้ง โลหะสังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส) ภายใต้สภาวะการหมักแบบ VHG
- 3) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่าง ยีสต์เอ็กซ์แทรก/กากเซลล์ยีสต์แห้ง โลหะสังกะสี แมกนีเซียม แมงกานีส ต่อการเจริญและการผลิตเอทานอลความเข้มข้นสูงจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานภายใต้สภาวะการหมักแบบ VHG
- 4) เพื่อเปรียบเทียบประสิทธิภาพการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานที่สภาวะต่างๆ กับอาหารสังเคราะห์มาตรฐานสูตรผลิตเอทานอล