

บทที่ 1 บทนำ

ความสำคัญและที่มาของปัญหา

สถานการณ์ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงที่สูงขึ้นส่งผลกระทบต่อภาคอุตสาหกรรมและประเทศกำลังพัฒนาที่มีความจำเป็นต้องนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงเนื่องจากแหล่งผลิตพลังงานภายในประเทศไม่เพียงพอต่อความต้องการ ประเทศไทยสูญเสียเงินตราต่างประเทศเพื่อนำเข้าน้ำมันเชื้อเพลิงกว่าแสนล้านบาท และจากแนวโน้มราคาน้ำมันที่เพิ่มสูงขึ้นได้มีการประมาณการเมื่อรวมปริมาณน้ำมันจากแหล่งผลิตรายใหญ่ ๆ ของโลกพบว่า จะมีน้ำมันสำรองใช้ได้อีกเพียง 40 ปี ดังนั้นการคิดค้นแหล่งพลังงานทดแทนใหม่ ๆ จึงเป็นสิ่งสำคัญและมีความตื่นตัวมากขึ้น

ปัจจุบันประเทศไทยได้มีการรณรงค์ให้มีการใช้ แก๊สโซฮอลล์ ไบโอดีเซล และ แก๊สธรรมชาติ เพื่อเป็นพลังงานทดแทน และจากกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนจะพบว่าเอทานอลถือเป็นส่วนผสมที่มีความสำคัญในการผลิตโดยเฉพาะอย่างยิ่งการผลิตไบโอดีเซล และแก๊สโซฮอลล์ตามลำดับ รัฐบาลมีนโยบายขยายการใช้เอทานอลให้มากขึ้นโดยส่งเสริมให้มีการใช้แก๊สโซฮอลล์ E20 และกรมธุรกิจพลังงานได้ออกประกาศกำหนดลักษณะและคุณภาพของ E20 เมื่อวันที่ 22 พฤศจิกายน 2550 และมีผลบังคับใช้เมื่อวันที่ 1 มกราคม 2551 เป็นต้นมา จึงทำให้ปริมาณการใช้เอทานอลเพิ่มสูงขึ้นและนอกจากนี้รัฐบาลยังสนับสนุนการใช้ไบโอดีเซลโดยได้กำหนดให้มีการผสมในน้ำมันดีเซลจำนวน 2% ตั้งแต่วันที่ 1 กุมภาพันธ์ 2551 ซึ่งส่งผลทำให้มีการใช้ไบโอดีเซล B100 ประมาณ 1 ล้านลิตรต่อวัน จากการสนับสนุนการใช้พลังงานทดแทนดังกล่าว กระทรวงพลังงานได้มีการประมาณการใช้เอทานอลพบว่าในปีพ.ศ. 2554 จะมีความต้องการใช้เอทานอลประมาณ 2.4 ล้านลิตรต่อวัน

เอทานอลหรือเอทิลแอลกอฮอล์ คือ แอลกอฮอล์ที่ได้จากกระบวนการหมักพืชทุกชนิดที่มีแป้ง เช่น มันสำปะหลัง มันเทศ บีทรูท และธัญพืชต่าง ๆ เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวฟ่าง รวมทั้งพืชผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมผลไม้ที่มีรสหวานเช่น อ้อย ลิ้นจี่ ลำไย สับปะรดและกากน้ำตาล การผลิตเอทานอลจากอ้อยจะมีผลกระทบต่อราคาน้ำตาล รัฐบาลจึงมีการสนับสนุนให้มีการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลังเพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตเอทานอลเพื่อการส่งออก อย่างไรก็ตามกากเหลือใช้ในอุตสาหกรรมเกษตรที่มีองค์ประกอบของเซลลูโลส และเฮมิเซลลูโลสก็สามารถนำมาผลิตเอทานอลได้ และยังช่วยลดปริมาณขยะ และเพิ่มมูลค่าให้กับของเหลือใช้

สำหรับโครงการวิจัยนี้จะทำการศึกษาเพื่อหาสภาวะที่ดีที่สุดในการผลิตเอทานอลจากกากสับปะรด สาเหตุที่ทำให้เกิดงานวิจัยนี้คือ ปริมาณกากสับปะรดที่มีอยู่จำนวนมากจากโรงงานแปรรูปสับปะรดในจังหวัดลำปางและ แนวโน้มการใช้เอทานอลในอนาคตที่มีสูงขึ้น ถึงแม้ว่าการผลิตเอทานอลจากเศษพืชนั้นจะต้องใช้ต้นทุนในการผลิตที่สูงกว่าการผลิตเอทานอลจากพืชที่มีแป้งเป็นองค์ประกอบ

หรือพืชที่มีความหวาน อย่างไรก็ตามการผลิตเอทานอลจากเศษพืชถือว่าเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่ควรได้รับการสนับสนุนให้มีการพัฒนาเพื่อลดต้นทุนในการผลิตต่อไป

วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการปรับสภาพกากสับประดด้วยวิธีการเคมีฟิสิกส์
2. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของ *Zymomonas mobilis* ในการย่อยกากสับประดเพื่อให้ได้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุด
3. ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเจริญเติบโตของ *Saccharomyces cerevisiae* เพื่อให้ได้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุด

ขอบเขตของโครงการวิจัย

การศึกษาสภาวะการหมักกากสับประดที่ทำให้ได้ปริมาณเอทานอลสูงที่สุดโดยการนำกากสับประดมาผ่านการปรับสภาพและใช้วิธีการหมักด้วย *Zymomonas mobilis* และทำการเปรียบเทียบกับการหมักด้วยเชื้อจุลินทรีย์ *Saccharomyces cerevisiae*

ทฤษฎี สมมุติฐานและแนวความคิดที่นำมาใช้ในการวิจัย

เอทานอลเป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้จากกระบวนการหมักน้ำตาลโดยใช้ เชื้อจุลินทรีย์เช่น ยีสต์ หรือ แบคทีเรีย ซึ่งวัตถุดิบที่มีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็นแป้ง และเซลลูโลสจำเป็นต้องมีการนำมาย่อยให้เป็นน้ำตาลก่อนนำไปผ่านกระบวนการหมัก สำหรับกระบวนการย่อยโครงสร้างของเซลลูโลสแบ่งออกเป็น 4 วิธี

1) วิธีการทางกายภาพ โดยการลดขนาดของวัตถุดิบและทำให้เส้นใยเซลลูโลสแตกออกเพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวในการเกิดปฏิกิริยา เช่น การบด และการใช้ความร้อน จากการศึกษาระวีวรรณ แก้วกล้า (2537) พบว่าการปรับสภาพไม้เนื้อแข็งโดยการใช้อุณหภูมิที่สูงคือ 175 ถึง 250°C และทำการลดความดันลงอย่างรวดเร็วจะทำให้วัตถุดิบแตกออกเป็นชิ้นเล็กๆ และพบว่าสามารถแยกเซลลูโลสออกจากเฮมิเซลลูโลส และลิกนินได้ถึง 90%

นฤมล ศรีพุทธรัตน์ และ กาญจนา ทูมมานนท์ (2529) ได้ทำการปรับสภาพกากสับประดในส่วนที่เป็นเศษเนื้อสับประดจากโรงงาน 3 วิธีคือ การไม้น้ำไต้ขนาดอุณหภูมิประมาณ 250 ไมครอน การอบไอน้ำ

น้ำภายใต้ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วนาน 3 ชั่วโมง และการไม่ควบคุมกับการอบไอน้ำ จากการทดสอบพบว่า การปรับปรุงสภาพโดยการไม่ควบคุมกับการอบไอน้ำทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์มากที่สุด

Martin และ คณะ (1995) ศึกษาการปรับปรุงสภาพไม้สนโดยใช้ไอน้ำความดันสูงที่อุณหภูมิ 200 และ 220°C ที่เวลาต่างๆ พบว่าการเพิ่มอุณหภูมิมีผลทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มมากขึ้น สำหรับการเพิ่มเวลานั้นไม่ค่อยส่งผลต่อการเพิ่มของปริมาณน้ำตาล

2) วิธีทางเคมี โดยการใส่สารละลายกรด สารละลายด่าง ตัวทำละลายอินทรีย์หรือสารละลายออกซิแดนท์ เพื่อเพิ่มความสามารถในการย่อยเฮมิเซลลูโลสโดยสารละลายกรดที่นิยมใช้คือ กรดซัลฟิวริกและกรดไฮโดรคลอริกเพื่อให้เฮมิเซลลูโลสละลายน้ำออกมา และสำหรับสารละลายด่างที่นิยมใช้คือ สารละลายโซเดียมคลอไรด์มีผลทำให้เฮมิเซลลูโลสและลิกนินละลายน้ำออกมาและยังทำให้เกิดการพองตัวซึ่งเป็นการเพิ่มพื้นที่ผิวให้กับวัตถุดิบ สำหรับตัวทำละลายอินทรีย์นั้นนิยมใช้ในการย่อยลิกนินได้แก่ SO_2 , NaClO_2 , KB_2O_2 เป็นต้น

Okeke (1995) ศึกษาการปรับปรุงสภาพวัสดุลิกโนเซลลูโลสด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5 โมลาร์ที่อุณหภูมิ 115°C เป็นเวลา 10 นาทีพบว่า การปรับปรุงก่อนนำไปย่อยจะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการย่อยด้วยเอนไซม์ทำให้ได้ผลผลิตน้ำตาลสูงขึ้น 24 ถึง 53%

ระวีวรรณ แก้วเกล้า (2538) ได้ทำการปรับปรุงสภาพฟางข้าวโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 2.0 โมลาร์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 90 นาทีจะทำให้การย่อยสลายเซลลูโลสด้วยเอนไซม์เซลลูเลสได้ดียิ่งขึ้น

เกศมนี ตาดทองและคณะ (2546) ได้มีการศึกษาการปรับปรุงสภาพเปลือกสับปะรดโดยใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้น 1.0, 1.5, 2.0 และ 2.5 โมลาร์ พบว่าที่ความเข้มข้น 2.5 โมลาร์เป็นเวลา 24 ชั่วโมงแล้วนำไปต้มที่อุณหภูมิ 70°C นาน 90 นาทีที่มีปริมาณเซลลูโลส 91.32% เฮมิเซลลูโลส 0.46% และลิกนิน 4.09%

3) วิธีทางเคมีฟิสิกส์ เป็นการปรับปรุงสภาพวัตถุดิบด้วยวิธีทางกายภาพร่วมกับวิธีทางเคมีเช่น การบดรวมกับวิธีทางเคมี

Farooq Latit และ Mohammad Ibrahim Rojoka (2001) ทำการปรับปรุงสภาพซังข้าวโพดโดยนำซังข้าวโพดมาบดให้มีขนาด 0.5 ถึง 1.0 มิลลิเมตรนำไปแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 2% ในอัตราส่วน 1:5 แล้วนำไป autoclave เป็นเวลา 15 นาที พบว่าก่อนนำไปปรับปรุงสภาพมีส่วนประกอบของเซลลูโลส, ไสเลน, ลิกนิน และอะซิเตดเป็น 41%, 36%, 7% และ 3.2% ตามลำดับหลังจากปรับปรุงแล้วได้เซลลูโลสมากขึ้นเป็น 51% และส่วนประกอบอื่นๆลดลง

ขวัญสุตา อนุอัน (2549) ศึกษาการย่อยซังอ้อยด้วยสารละลายแอมโมเนียไฮดรอกไซด์ 15% พบว่าสามารถกำจัดลิกนินได้ 38.41 กรัมต่อกรัมวัตถุดิบ หลังจากนั้นนำวัตถุดิบที่ได้มาทำการย่อยเฮมิ

เซลลูโลสด้วยสารละลายกรดไฮโดรคลอริก 0.5% ที่อุณหภูมิ 120°C นาน 180 นาทีพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยเซลลูโลสคืออุณหภูมิที่ใช้ และความเข้มข้นของกรดที่ใช้ หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ผ่านการย่อยเซลลูโลส มาย่อยเซลลูโลสด้วยสารละลายกรดซัลฟิวริกที่ความเข้มข้น 5.0% ที่อุณหภูมิ 140°C นาน 180 นาทีพบว่าปัจจัยที่มีผลต่อการย่อยเซลลูโลสคืออุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการย่อย

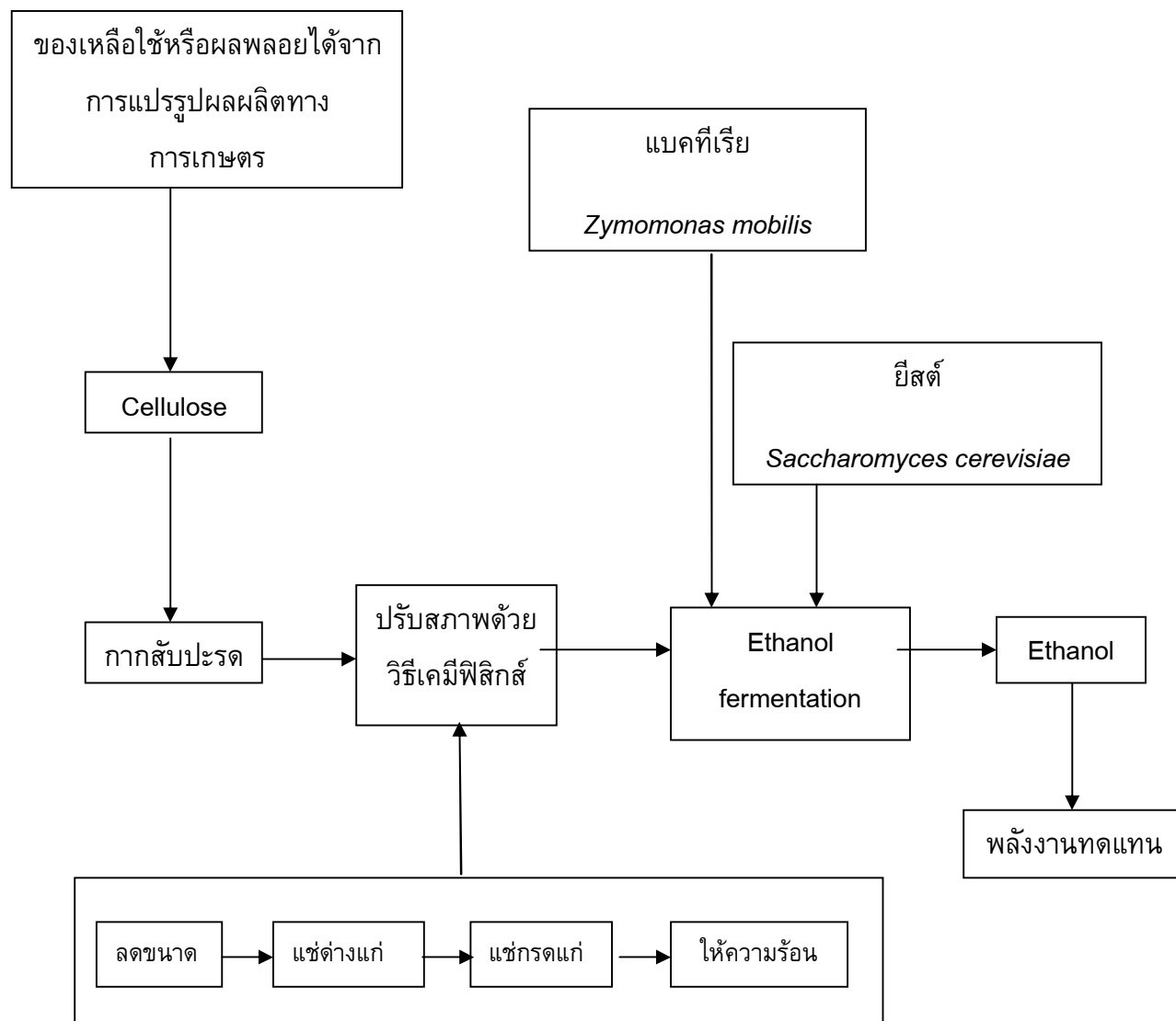
จากผลการศึกษาข้างต้น ทำให้เกิดสมมุติฐานที่ 1 การปรับสภาพกากสับประรดด้วยวิธีเคมีฟิสิกส์ที่ใช้วิธีการบดเพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่เหมาะสม ร่วมกับการแช่ในสารละลายต่างและกรดที่นำไปผ่านการให้ความร้อนภายใต้แรงดันที่เหมาะสมจะทำให้สามารถย่อยสลายเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสในโครงสร้างของกากสับประรดให้กลายเป็นน้ำตาลเพื่อเป็นสารตั้งต้นในการผลิตเอทานอลต่อไป

4) วิธีทางชีวภาพ เป็นการใชเอนไซม์ที่ได้จากเชื้อจุลินทรีย์มาทำการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเซลลูโลสที่ซับซ้อนให้มีรูปร่างเป็นโซ่ตรงและช่วยลดความเป็นผลึก

Clostridium thermocellum เป็นแบคทีเรียที่สามารถย่อยสลายโครงสร้างที่เป็นผลึกของเซลลูโลสให้กลายเป็นเอทานอลได้เนื่องจากสามารถสร้างเอนไซม์ในกลุ่ม *cellulosome* ได้ (Edward A Bayer et al., 1998) อย่างไรก็ตามในขั้นตอนการย่อยเซลลูโลสด้วย *Clostridium thermocellum* พบว่ายังได้ผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้แก่ กรดอะซิเตด และ กรดแลคติก ทำให้การกลั่นแยกเอทานอลนั้นมีประสิทธิภาพลดลง ดังนั้นจึงมีนักวิจัยพยายามที่จะใช้ *Clostridium thermocellum* ร่วมกับเชื้อจุลินทรีย์ที่หมักเอทานอลได้ดีเช่น *Zymomonas mobilis* เพื่อลดปัญหาดังกล่าว

การผลิตเอทานอลจะอาศัยขั้นตอนที่สำคัญ 2 ขั้นตอนได้แก่ ขั้นตอนการย่อยองค์ประกอบแป้งหรือ เซลลูโลสให้ได้หน่วยที่เล็กที่สุดของคาร์โบไฮเดรตซึ่งก็คือน้ำตาลนั่นเอง สำหรับขั้นตอนที่ 2 คือการหมักน้ำตาลด้วยยีสต์ เพื่อทำการย่อยสลายน้ำตาลแล้วได้ผลิตภัณฑ์สุดท้ายคือ เอทานอล และก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเอทานอลได้แก่ สายพันธุ์ของยีสต์ที่ใช้ ปริมาณสารอาหารที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของยีสต์ ค่าความเป็นกรด-ด่าง อุณหภูมิที่ใช้และปริมาณออกซิเจน อย่างไรก็ตาม สายพันธุ์ยีสต์ที่ได้รับความนิยมใช้ในการหมักคือ *Saccharomyces cerevisiae* ดังนั้นโครงการวิจัยนี้จึงทำการศึกษาตัวแปรต่างๆที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Zymomonas mobilis* เพื่อทำการเปรียบเทียบการผลิตเอทานอลจากการปรับสภาพกากสับประรด

กรอบแนวคิดโครงการวิจัย



ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

สามารถถ่ายทอดความรู้และเทคโนโลยีที่เหมาะสมที่สุดในการผลิต เอทานอลจากกากสับปะรด ให้แก่ชุมชนเพื่อสามารถประยุกต์ใช้ในการผลิตพลังงานทดแทนได้ในอนาคต นอกจากนี้ยังช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับวัสดุเหลือใช้จากอุตสาหกรรมเกษตร สามารถนำความรู้ที่ได้ทำการเผยแพร่ในวารสารระดับประเทศ