

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการทดลอง

5.1.1 องค์ประกอบทางเคมีในน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวาน

จากผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีในน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวาน สามารถสรุปได้ว่าน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานมีองค์ประกอบทางเคมีที่ใกล้เคียงกับน้ำอ้อย กล่าวคือ มีค่าความหวานประมาณ 21.5 องศาบริกซ์ มีปริมาณน้ำตาลทั้งหมดประมาณ 194 กรัมต่อลิตร น้ำตาลที่พบมากที่สุดคือ น้ำตาลซูโครส โดยมีความเข้มข้นเท่ากับ 175.97 กรัมต่อลิตร รองลงมาคือน้ำตาลกลูโคส (12.32 กรัมต่อลิตร) และน้ำตาลฟรุคโตส (5.75 กรัมต่อลิตร) pH ของน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานมีค่าประมาณ 4.98 – 5.10 นอกจากนี้ยังมีแร่ธาตุต่างๆ ที่สำคัญสำหรับการเจริญและการผลิตเอทานอลโดยยีสต์ เช่น ไนโตรเจน (30.82 มิลลิกรัมต่อลิตร) แมกนีเซียม 231.72 มิลลิกรัมต่อลิตร) แมงกานีส (3.58 กรัมต่อลิตร) เหล็ก (2.39 กรัมต่อลิตร) และอื่นๆ

5.1.2 การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานโดยยีสต์ทนร้อน

ร่อน *S. cerevisiae*

ผลจากการศึกษาปัจจัยต่างๆ ที่มีผลต่อการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานโดยยีสต์ทนร้อน *S. cerevisiae* DBKKUY-53 และ *S. cerevisiae* SC90 พบว่าอุณหภูมิที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลโดยยีสต์ทั้งสองสายพันธุ์คือ 30 องศาเซลเซียส โดยให้ความเข้มข้นของเอทานอลสูงสุดเท่ากับ 82.77 และ 83.30 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ อย่างไรก็ตามเนื่องจากยีสต์ทั้งสองสายพันธุ์สามารถผลิตเอทานอลได้ดีที่สภาวะอุณหภูมิ 37 และ 40 องศาเซลเซียส ดังนั้นในการทดสอบการผลิตเอทานอลที่สภาวะอุณหภูมิสูง จึงได้ทำการศึกษาที่ระดับอุณหภูมิทั้งสองระดับ ซึ่งภายหลังจากการแปรผันปัจจัยต่างๆ แล้ว พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตเอทานอลโดยยีสต์ทั้งสองสายพันธุ์คือ pH เริ่มต้นของอาหารเพาะเลี้ยง 5.5 ความเข้มข้นของเซลล์ยีสต์เริ่มต้น 1×10^8 เซลล์ต่อมิลลิลิตร ความเข้มข้นของน้ำตาลเริ่มต้นเท่ากับ 250 กรัมต่อลิตร โดยไม่จำเป็นต้องเติมแหล่งไนโตรเจนเสริม

5.1.3 การศึกษาประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานโดยยีสต์ทนร้อน

ร่อน *S. cerevisiae* ในถังหมักขนาด 2 ลิตร

จากผลการศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลในสภาวะอุณหภูมิ 37 และ 40 องศาเซลเซียส ในถังหมักขนาด 2 ลิตร ที่มีปริมาตรในการหมักเริ่มต้น 1.5 ลิตร โดยยีสต์ทนร้อน *S.*

cerevisiae DBKKUY-53 และ *S. cerevisiae* SC90 พบว่ายีสต์ทนร้อน *S. cerevisiae* DBKKUY-53 มีประสิทธิภาพในการผลิตเอทานอลในแง่ของความเข้มข้นของเอทานอลที่ผลิตได้สูงกว่ายีสต์ *S. cerevisiae* SC90 โดยความเข้มข้นสูงสุดของเอทานอลที่ผลิตได้โดยยีสต์ทนร้อน *S. cerevisiae* DBKKUY-53 เมื่อทำการหมักที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส มีค่าเท่ากับ 106.82 กรัมต่อลิตร อัตราการผลิตเท่ากับ 2.23 กรัมต่อลิตรต่อชั่วโมง ในขณะที่ความเข้มข้นสูงสุดของเอทานอลที่ผลิตได้โดยยีสต์ *S. cerevisiae* SC90 มีค่าเท่ากับ 91.59 กรัมต่อลิตร

5.1.4 การประเมินผลผลิตของข้าวฟ่างหวานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอล

จากการประเมินผลผลิตของข้าวฟ่างหวานที่ปลูกในพื้นที่ต่างๆ ในช่วงต้นฤดูฝน กลางฤดูฝน และปลายฤดูฝน พบว่าข้าวฟ่างหวานที่ปลูกในช่วงกลางฤดูฝน ให้ผลผลิตสูงกว่าข้าวฟ่างหวานที่ปลูกในช่วงต้นและปลายฤดูฝน โดยผลผลิตข้าวฟ่างหวานที่ปลูกในช่วงกลางฤดูฝนมีค่าเท่ากับ 7.15 ตันต่อไร่ ในขณะที่ข้าวฟ่างหวานที่ปลูกต้นและปลายฤดูฝนให้ผลผลิตเท่ากับ 6.37 และ 4.77 ตันต่อไร่

สำหรับผลการศึกษาด้านทุนในการปลูกข้าวฟ่างหวานโดยเกษตรกรนั้น พบว่าต้นทุนส่วนใหญ่เป็นค่าขนส่งข้าวฟ่างหวานจากแปลงปลูกของเกษตรกรไปยังโรงงาน โดยมีต้นทุนเฉลี่ย 985.26 บาทต่อไร่ รองลงมาคือ ค่าจ้างไถเตรียมดิน 580 บาทต่อไร่ ค่าแรงงานในการเก็บเกี่ยว 494.74 บาทต่อไร่ และค่าแรงงานในการขนย้ายต้นข้าวฟ่างหวานขึ้นรถบรรทุก 402.63 บาทต่อไร่ และจากการปลูกพบว่าได้ผลผลิตต้นสด 5.13 ตันต่อไร่ ดังนั้นต้นทุนการผลิตเฉลี่ย 656.10 บาทต่อตัน ส่วนผลการศึกษาด้านทุนในการผลิตน้ำเชื่อมเข้มข้นเพื่อส่งโรงงานอุตสาหกรรม พบว่าต้นทุนการผลิตน้ำเชื่อมข้าวฟ่างหวานส่วนใหญ่คือ ค่าวัตถุดิบคิดเป็นเงินทั้งสิ้น 3,280.50 บาท ค่าไฟฟ้า 1,200 บาท รองลงมาคือค่าขนย้าย 684 บาท ค่าเสื่อมราคาของอุปกรณ์ 456 บาท ค่าน้ำมันไฮโดรลิก 360 บาทและค่าจ้างแรงงาน 225 บาท รวมทั้งค่าใช้จ่ายอื่นๆ อีก 93.60 บาท ทำให้ต้นทุนการผลิตรวมคือ 6,299.10 บาท

5.1.5 การประเมินต้นทุนในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวาน

ต้นทุนในการผลิตเอทานอลจากข้าวฟ่างหวานโดยคิดคำนวณจากต้นทุนในการเตรียมวัตถุดิบ มีต้นทุนการผลิตโดยประมาณ 9.79 และ 47.00 บาทต่อลิตร เมื่อใช้น้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานสดและน้ำเชื่อมข้าวฟ่างหวานเป็นวัตถุดิบในการผลิตตามลำดับ อย่างไรก็ตามหากคำนวณต้นทุนการผลิตโดยนำต้นทุนในกระบวนการผลิตเอทานอลมาคำนวณร่วมด้วย ต้นทุนการผลิตเอทานอลจะเพิ่มขึ้นเป็น 15.915 และ 53.125 บาทต่อลิตร ตามลำดับ

5.2 ข้อเสนอแนะ

- 5.2.1 การศึกษาการผลิตเอทานอลจากน้ำคั้นลำต้นข้าวฟ่างหวานโดยยีสต์หน่อร้อน *S. cerevisiae* DBKKUY-53 และ *S. cerevisiae* SC90 ในครั้งนี้เป็นการศึกษาในระดับห้องปฏิบัติการ ดังนั้นเพื่อที่จะนำผลการวิจัยที่ได้ในครั้งนี้นำไปประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรม จำเป็นต้องมีการศึกษาการผลิตเอทานอลในระดับขยายส่วนที่มีกำลังการผลิตสูงขึ้น และควรทำการศึกษาในระดับการออกแบบกระบวนการหมักในระดับอุตสาหกรรมเพื่อให้ได้ข้อมูลที่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้จริง
- 5.2.2 จากผลการทดลองครั้งนี้ จะเห็นได้ว่ายีสต์หน่อร้อน *S. cerevisiae* DBKKUY-53 มีศักยภาพในการผลิตเอทานอลที่อุณหภูมิสูง เมื่อเทียบกับยีสต์ที่ใช้ในโรงงานผลิตเอทานอลในปัจจุบัน ดังนั้นจึงควรมีการเผยแพร่ข้อมูลผลการวิจัยนี้ไปยังโรงงานอุตสาหกรรมผลิตเอทานอลเพื่อจะได้มีโอกาสนำยีสต์หน่อร้อน *S. cerevisiae* DBKKUY-53 ไปใช้ประโยชน์ได้จริง
- 5.2.3 เนื่องจากข้าวฟ่างหวานเป็นพืชที่มีอายุเก็บเกี่ยวสั้น และให้ผลผลิตต่อพื้นที่สูง รวมทั้งยังสามารถผลิตเอทานอลได้ผลผลิตในปริมาณที่สูง ดังนั้นทางภาครัฐบาลควรมีการส่งเสริมและสนับสนุนให้มีการนำข้าวฟ่างหวานไปปลูกในเชิงพาณิชย์เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบทางเลือกสำหรับการผลิตเอทานอลของประเทศต่อไป
- 5.2.4 จากผลการประเมินผลผลิตและต้นทุนในการปลูกข้าวฟ่างหวานและการผลิตน้ำเชื่อม พบว่ามีต้นทุนในการผลิตค่อนข้างสูง ดังนั้นในการปลูกข้าวฟ่างหวานเพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลในเชิงพาณิชย์ ควรปลูกในพื้นที่ใกล้โรงงานผลิต รวมทั้งควรใช้ระบบพันธะสัญญาผูกพันกัน (contract farming) และควรมีการประยุกต์ใช้ระบบโลจิสติกส์ในการบริหารจัดการวัตถุดิบทั้งระบบ