บทที่ 5
สรุปผลและข้อเสนอแนะ

ไม้ไผ่เป็นพืชที่มีศักยภาพอีกชนิดหนึ่งที่สามารถนำไปเป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการผลิตเอทานอลได้ เนื่องจากมีส่วนที่เป็นเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสซึ่งเป็นส่วนสำคัญที่สามารถเปลี่ยนให้เป็นน้ำตาลได้ โดยกระบวนการของการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวของวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลสพบว่ามี 2 กระบวนการที่สำคัญคือ กระบวนการปรับสภาพและกระบวนการไฮโดรไลซิส ดังนั้นบทนี้จะได้กล่าวถึงผลของปริมาณน้ำตาลทั้งสองกระบวนการ และข้อเสนอแนะต่างๆ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 สรุปผลการทดลอง

กระบวนการปรับสภาพได้ปริมาณน้ำตาลที่มากที่สุดคือหน่อไม้ รองลงมาคือไม้ไผ่อ่อนและไม้ไผ่แก่ ตามลำดับ ซึ่งหน่อไม้มีปริมาณน้ำตาลมากกว่า 2.5 เท่าของไม้ไผ่อ่อนและไม้ไผ่แก่ กล่าวคือผลของหน่อไม้ได้ปริมาณกลูโคสมากที่สุดเท่ากับ 34.50 mg/ml และปริมาณน้ำตาลไซโลสมากที่สุดเท่ากับ 9.42 mg/ml ไม้ไผ่อ่อนได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากที่สุดคือ 25.83 mg/ml และปริมาณน้ำตาลไซโลสมากที่สุดเท่ากับ 16.91 mg/ml และไม้ไผ่แก่ได้ได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสมากที่สุดคือ 17.88 mg/ml และปริมาณน้ำตาลไซโลสมากที่สุดเท่ากับ 11.66 mg/ml แสดงให้เห็นว่ายิ่งวัตถุดิบมีอายุน้อยหรือเพิ่งแตกกิ่งก้านสาขาจะมีปริมาณน้ำตาลมากกว่า จากงานวิจัยพบว่า หน่อไม้มีปริมาณเซลลูโลสมากที่สุด และมีปริมาณของลิกนินน้อยที่สุด เนื่องจากว่ามีอายุในการเจริญเติบโตที่น้อยกว่าไม้ไผ่ ส่วนของไม้ไผ่หากพิจารณาจากอายุหรือความสูงของไม้ไผ่แล้ว พบว่าไม้ไผ่ที่มีอายุน้อยหรือมีปริมาณความสูงที่น้อยจะมีปริมาณลิกนินที่น้อยตาม ซึ่งปริมาณลิกนินมีโครงสร้างที่แข็งแรง ถ้ามีปริมาณมากจะยากต่อการทำลายหรือทำให้แตกตัวได้ และถ้ามีปริมาณน้อยก็จะทำให้เกิดการแตกตัวกลายเป็นน้ำตาลได้มากกว่านั้นเอง

กระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์พบว่าผลที่ได้มีความสอดคล้องกับกระบวนการปรับสภาพคือที่สภาวะเดียวกันผลของการปรับสภาพได้ปริมาณน้ำตาลที่น้อย แต่หลังจากผ่านกระบวนการไฮโดรไลซิสด้วยเอนไซม์แล้วพบว่า ปริมาณน้ำตาลที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้น เนื่องจากเอนไซม์เข้าไปย่อยสลายดึงเอาน้ำตาลส่วนที่เหลือในวัตถุดิบออกมาอีกครั้ง หลังจากที่การปรับสภาพด้วย

กรดเจือจางไม่สามารถย่อยสลายได้ออกมาทั้งหมด แต่ทั้งนี้การไฮโดรไลซิสจะไม่สามารถทำงานได้ดี หากไม่มีกระบวนการปรับสภาพวัตถุดิบมาก่อน เนื่องจากการไฮโดรไลซิสมีข้อจำกัดในการทำงานของเอนไซม์ คือจะสามารถทำงานได้ดีในสภาวะที่เป็นกลางและโครงสร้างของวัตถุดิบต้องมีความพรุนหรือมีลักษณะที่เอนไซม์สามารถเข้าไปข้างในส่วนของวัตถุดิบตั้งต้นได้ ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีและงานวิจัยที่ผ่านมา แสดงให้เห็นว่าการทำงานร่วมกันระหว่าง 2 กระบวนการมีความสำคัญสำหรับการเปลี่ยนน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวของวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลสเป็นอย่างมาก ซึ่งวัตถุประสงค์ของการปรับสภาพก็เพื่อที่จะให้เอนไซม์สามารถเข้าไปทำปฏิกิริยาย่อยสลายวัตถุดิบได้ดีขึ้น

จากงานศึกษาวิจัยพบว่าได้ปริมาณน้ำตาลกลูโคสของไม้ไผ่ที่เพิ่มมากขึ้นของจากงานวิจัยของ วิไลวรรณ ลีนะกุล เนื่องจากมีการปรับสภาพทางกายภาพของวัตถุดิบก่อนเข้าสู่ขั้นตอนการปรับสภาพด้วยกรดเจือจาง กล่าวคือวัตถุดิบจะถูกตัดและบดให้มีขนาดที่เล็กกว่าและมีการลดความชื้นอีกทางหนึ่งด้วย จึงทำให้กรดเจือจางสามารถเข้าไปย่อยสลายน้ำตาลได้ดีขึ้น รวมไปถึงการใช้สภาวะทั้งความเข้มข้นกรดและเวลาในการปรับสภาพที่กว้างขึ้น ทำให้หาสภาวะที่เหมาะสมในการเกิดปริมาณน้ำตาลกลูโคสได้ เพราะจากงานวิจัยของ วิไลวรรณ ลีนะกุล ที่สภาวะความเข้มข้นกรด 1.2 %w/w เวลา 90 นาที ได้ปริมาณกลูโคสมากที่สุดคือ 15.89 mg/ml ซึ่งพบว่าสภาวะดังกล่าวกรดเจือจางยังสามารถเปลี่ยนวัตถุดิบให้เป็นน้ำตาลต่อไปได้อีก โดยการเพิ่มความเข้มข้นกรดและเวลาที่ใช้ในการปรับสภาพที่มากขึ้นคือ ที่สภาวะความเข้มข้นกรด 1.4 %w/w และเวลา 120 นาที ได้ปริมาณกลูโคสเพิ่มขึ้นเป็น 25.83 mg/ml นอกจากนี้ผลที่ได้จากงานศึกษาวิจัยเมื่อนำมาเปรียบเทียบกับการเปลี่ยนน้ำตาลของวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลสประเภทอื่น พบว่า หน่อไม้และไม้ไผ่มีค่าที่ใกล้เคียงกับพืชชนิดอื่น แต่ก็ยังมีค่าน้อยกว่าพืชบางชนิด ซึ่งต้องได้รับการพัฒนาต่อไป แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาทางด้านต้นทุนและราคาแล้ว ไม้ไผ่นับว่าเป็นพืชที่มีต้นทุนที่ต่ำและสามารถหาได้ง่ายกว่าพืชชนิดอื่นๆ อีกด้วย

5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 ในขั้นตอนการปรับสภาพวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลส จากงานวิจัยพบว่าการใช้กรดหรือด่างร่วมกับวิธีการระเบิดด้วยไอน้ำมีผลทำให้เกิดการสลายพันธะทางเคมีของวัตถุดิบได้ เนื่องจากเป็นการปรับสภาพที่รุนแรงโดยการใช้ไอน้ำที่ความดันสูงเข้ามาทำลายสภาพวัตถุดิบอีกทางหนึ่ง สามารถทำให้สารเข้าไปทำลายพันธะภายในโครงสร้างของวัตถุดิบได้ดียิ่งขึ้น ส่งผลต่อต่อการทำปฏิกิริยาระหว่างสารกับวัตถุดิบเกิดการแตกตัวกลายเป็นน้ำตาลโมเลกุลเดี่ยวได้เพิ่มมากขึ้นด้วย

5.2.2 การเก็บตัวอย่างควรเก็บให้มิดชิดไม่ให้อากาศภายนอกสามารถเข้าไปได้ เพราะจะทำให้เกิดความชื้นและส่งผลต่อการทำปฏิกิริยาของเอนไซม์ และการนำมาวิเคราะห์ผลปริมาณน้ำตาลด้วยวิธี HPLC ควรเก็บที่อุณหภูมิ -4 ตลอดเวลา ไม่ควรนำมาวางไว้ที่อุณหภูมิห้องที่นานเกินไป เพราะจะทำให้สารทำปฏิกิริยาภายในตัวเองที่สภาวะแวดล้อมของอุณหภูมิห้องดังกล่าว เกิดการเปลี่ยนน้ำตาลเป็นสารยับยั้งได้ ทำให้ได้ปริมาณน้ำตาลที่คาดเคลื่อนจากความเป็นจริง

5.2.3 ปริมาณน้ำตาลคาร์บอนห้าอะตอมที่เหลือจากการกรองมีปริมาณที่มากและน้ำตาลดังกล่าวไม่ได้นำมาใช้ประโยชน์ต่อไปอีก เพราะว่าของเหลวที่กรองมาได้นั้นมีส่วนที่เป็นตัวยับยั้งหรือเป็นสารพิษต่อกระบวนการไฮโดรไลซิส แต่เนื่องจากปริมาณน้ำตาลในส่วนนี้มีปริมาณมากจึงควรมีการศึกษาถึงวิธีการนำมาใช้ประโยชน์ต่อไป อาทิเช่น การเลือกเชื้อยีสต์ที่เหมาะสมต่อกระบวนการหมักให้เป็นเอทานอลต่อไป ซึ่งจะเป็นเพิ่มผลผลิตจากวัตถุดิบได้อีกทางหนึ่งด้วย

5.2.4 เนื่องจากงานวิจัยนี้เป็นการทดลองขนาดเล็ก จึงได้เลือกชนิดของเอนไซม์โดยตรง ซึ่งถือว่ามีราคาค่อนข้างสูง หากมีการทดลองหรือนำไปย่อยสลายกับวัตถุดิบลิกโนเซลลูโลสที่มีปริมาณมากและคำนึงถึงด้านต้นทุนแล้ว ควรเลือกเอนไซม์ที่ได้จากการย่อยสลายของอินทรีย์เนื่องจากมีราคาที่ต่ำกว่าและน่าจะมีความคุ้มทุนกว่าการใช้เอนไซม์โดยตรงเป็นอย่างมาก แต่การใช้เอนไซม์จากจุลินทรีย์ต้องใช้เวลานาน เพราะประสิทธิภาพในการย่อยสลายไม่ดีเหมือนกับเอนไซม์โดยตรงนั้นเอง

5.2.5 การเลือกวัตถุดิบที่ศึกษาคือ หน่อไม้ ไม้ไผ่อ่อน และไม้ไผ่แก่ เพื่อนำมาเปลี่ยนให้เป็นเชื้อเพลิงไบโอเอทานอลนั้น ควรเลือกวัตถุดิบที่มีการนำมาใช้ประโยชน์ได้น้อยที่สุดก่อน ซึ่งก็คือไม้ไผ่แก่ เพราะไม้ไผ่อ่อนยังสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านอื่นๆ ได้ เช่น เครื่องจักรสาน สร้างบ้านเรือน หรืองานฝีมือประเภทอื่น และหน่อไม้ยังสามารถนำมารับประทานเป็นอาหารได้ ซึ่งจากงานวิจัยที่ได้ศึกษาวัตถุดิบดังกล่าวนี้ก็เพื่อเป็นอีกทางเลือกหนึ่งทางด้านพลังงานทดแทนหากเกิดวิกฤตการณ์ทางด้านเชื้อเพลิงน้ำมันในอนาคตนั่นเอง