

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : วิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพทางการเกษตร
2. โครงการวิจัย : การผลิตพลังงานทดแทนจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ  
กิจกรรม : การพัฒนาเครื่องจักรกลในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชชีวมวล  
โดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพในระดับชุมชน
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การพัฒนาเครื่องบดละเอียดแบบเปียกพืชชีวมวลสำหรับการผลิตไบโอเอทานอล  
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Development the grinding machine wet biomass for bioethanol
4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง นายวุฒิพล จันทร์สระคู ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

ผู้ร่วมงาน นายพินิจ จิรคกุล ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

นายศักดิ์ชัย อาษาวัง ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น

นางสาวรุ่งนภา พิทักษ์ตันสกุล สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ

นางบุญเรือนรัตน์ เรืองวิเศษ สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ

### 5. บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อพัฒนาเครื่องบดละเอียดแบบเปียกพืชชีวมวลสำหรับการผลิตไบโอเอทานอล เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือต้นแบบสำหรับผลิตเอทานอลให้เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทน ดำเนินการทดสอบการแปรสภาพของวัสดุหญ้าเนเปียร์โดยใช้เครื่องหั่นย่อยแบบสองใบมีดที่พัฒนาขึ้น ต้นกำลัง 2 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลต์ ผลการทดสอบเบื้องต้นการใช้เครื่องหั่นย่อยแปรสภาพวัสดุชีวมวลหญ้าเนเปียร์ได้ละเอียดขนาดอยู่ในช่วง 2.58–4.76 มม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 29.33–36.36% ทั้งนี้ได้ทำการศึกษาเครื่องมือบดละเอียดในห้องปฏิบัติการ และดำเนินออกแบบเครื่องบดละเอียดแบบเปียกในระดับชุมชน ใช้มอเตอร์ไฟฟ้าถ่ายทอดกำลังด้วยพูลเลย์และสายพานไปยังเกียร์ส่งกำลัง จนแกนที่ใช้ยึดล้อบดทั้งสองข้างหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 120 รอบต่อนาที ขณะเครื่องทำงานล้อบดจะหมุนรอบตัวเองไปด้วย ทำให้เกิดแรงบดกดลงภายในอ่างย่อยอ่อน สามารถบดวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอ

### Abstract

This research aims to develop a grinding machine wet biomass for bioethanol. To design and build a prototype of ethanol production to suit its use as a feedstock for renewable energy production. Testing operation of processing of Napier grasses shredding using a two-blade developed power 2 hp 220 volts. The results of the initial testing for the processing of biomass of

Napier grass biomass were in the range of 2.58-4.76 mm or 29.33-36.36%. The grinder was designed at the community level. The electric motor transmits power to the belt pulley and gear transmission. The grinding wheel spindle used to hold both the rotation speed of 120 rpms when the machine is working the grinding wheel rotates around itself with. The grinding force inside the sink can be crushed regularly.

## 6. คำนำ

จากแผนพัฒนาและส่งเสริมการใช้พลังงานทดแทน ระหว่างปี 2555-2564 มีแผนที่จะให้มีการใช้พลังงานทดแทนเป็นสัดส่วน 20% ของพลังงานทั้งหมด การวิจัยและพัฒนาพลังงานทดแทนเป็นการศึกษา ค้นคว้า ทดสอบ พัฒนา และสาธิต ตลอดจนส่งเสริม และเผยแพร่พลังงานทดแทน ซึ่งเป็นพลังงานที่สะอาดไม่มีผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นแหล่งพลังงานที่มีอยู่ในท้องถิ่น เช่น พลังงานลม แสงอาทิตย์ ชีวมวล และอื่นๆ เพื่อให้มีการผลิต และการใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย มีประสิทธิภาพ และมีความเหมาะสมทั้งทางด้านเทคนิค เศรษฐกิจ และสังคม พลังงานจัดเป็นปัจจัยสำคัญและมีความจำเป็นต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์ หลายประเทศทั่วโลกจึงแสวงหาแหล่งพลังงานทดแทนรูปแบบใหม่เพื่อเป็นหลักประกันความมั่นคงด้านพลังงานในระยะยาว ทั้งยังเป็นการลดปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ จากการใช้พลังงานที่ได้จากฟอสซิล เช่น น้ำมัน และ ถ่านหิน อันเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดภาวะโลกร้อน การผลิตไบโอเอทานอลได้รับความสนใจทั่วโลก เนื่องจากเป็นอีกวิธีการหนึ่งในการลดภาวะโลกร้อน และยังเป็นการรักษาความมั่นคงของพลังงานทั่วโลกอีกด้วย ในช่วงแรกนั้นการผลิตไบโอเอทานอลผลิตจากน้ำตาลและแป้งที่ได้จากพืชผลและธัญพืชจากการเกษตร แต่ในปัจจุบันไบโอเอทานอลสามารถผลิตได้จากวัสดุทดแทนประเภทอื่นๆ นอกเหนือจากแป้งและน้ำตาล เช่น วัสดุลิกโนเซลลูโลส ที่เรียกว่า ลิกโนเซลลูโลส เอทานอล ตัวอย่างเช่น เศษวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร เศษไม้ เศษวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมและเศษขยะ และพืชพลังงานต่างๆ อย่างไรก็ตามรัฐบาลมีนโยบายทางด้านเศรษฐกิจที่จะส่งเสริมและผลักดันให้ปลูกพืชพลังงาน ซึ่งกระทรวงพลังงานได้ทำการวิจัยหญ้าที่เหมาะสมเป็นพืชพลังงาน จำนวน 20 ชนิด พบว่าหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1 ให้ผลผลิตต่อไร่สูงสุดประมาณ 70-80 ตันสดต่อปีต่อไร่ ซึ่งมากกว่าหญ้าชนิดอื่นเกือบ 7 เท่า จึงเป็นพืชที่เหมาะสมในการนำมาผลิตเป็นพลังงานทดแทน นอกจากนี้คณะกรรมการนโยบายพลังงานแห่งชาติ (กพข.) ได้ปรับเป้าหมายของแผนพลังงานทดแทนและพลังงานทางเลือกในระยะเวลา 10 ปี (พ.ศ.2555-2564) ของประเทศไทย โดยใช้พลังงานทดแทนจากหญ้าเนเปียร์ (ไกรลาศ, 2556)

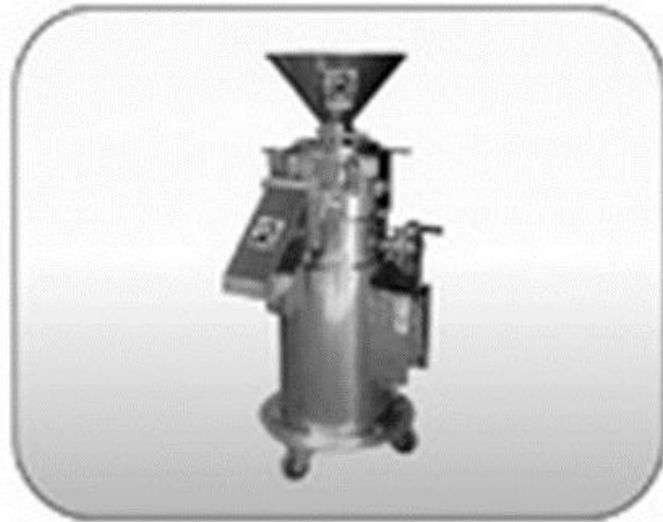
งานวิจัยสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ได้มีการศึกษาและวิจัยเรื่องการผลิตไบโอเอทานอลจากชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ ในปี พ.ศ.2556-2558 ได้แก่ การคัดเลือกพืช และชีวมวลที่เหมาะสมในการผลิตไบโอเอทานอล การผลิตเอนไซม์จากจุลินทรีย์ที่ช่วยในการย่อยสลายเซลลูโลส ลิกโนเซลลูโลส เครื่องมือแปรสภาพชีวมวลในกระบวนการย่อยสลายชีวมวล เครื่องจักรกลในกระบวนการหมัก และเครื่องกลั่นในการผลิตเอทานอลจากชีวมวล ซึ่งแต่ละขั้นตอนดังกล่าวมีประโยชน์อย่างยิ่ง แต่ยังคงขาดเครื่องจักรที่ทำให้ขั้นตอนการผลิตเป็นพลังงานทดแทนมีประสิทธิภาพได้รวดเร็วยิ่งขึ้น นอกจากนี้ได้มีการพัฒนาเครื่องบดแบบเปียกสำหรับชีวมวล เพื่อให้ขั้นตอนกระบวนการย่อยสลายจากเซลลูโลสหรือเฮมิเซลลูโลสจากพืชชีวมวลมี

โครงสร้างขนาดเล็กละเอียดและให้อยู่ในรูปแบบเปียก ทำให้เอนไซม์ทำงานเปลี่ยนรูปเป็นน้ำตาลได้ดีและมีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น และทำให้มีผลในกระบวนการหมักเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ให้สูงขึ้นด้วยเช่นกัน ซึ่งเครื่องจักรที่พัฒนาขึ้นนี้มีความจำเป็นในกระบวนการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชชีวมวลโดยใช้เทคโนโลยีชีวภาพ เพื่อให้สามารถต่อยอดและขยายผลงานวิจัยให้บรรลุวัตถุประสงค์ในการนำส่งเทคโนโลยีการผลิตพลังงานทดแทนจากพืชชีวมวลสู่ชุมชนต่อไป

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อวิจัยและพัฒนาเครื่องบดละเอียดแบบเปียกพืชชีวมวลสำหรับการผลิตไบโอเอทานอล

การผลิตเอทานอลจากชีวมวล เป็นกระบวนการซึ่งเกิดจากการหมักพืช เศษซากพืช ให้เป็นน้ำตาล แล้วเปลี่ยนจากน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ ซึ่งเมื่อทำให้บริสุทธิ์ 95% จะเรียกว่า “เอทานอล” โดยการผลิตเอทานอลจากลิกโนเซลลูโลส แบ่งขั้นตอนการผลิตออกเป็น 3 ขั้นตอนดังนี้ การปรับสภาพวัตถุดิบ การย่อยหรือไฮโดรไลซิส และการผลิตเอทานอล แม้ว่าวัตถุดิบที่นำมาใช้ผลิตเอทานอลในปัจจุบันจะใช้แป้งและน้ำตาลเป็นหลัก เช่น มันสำปะหลัง กากน้ำตาล แป้งข้าวโพด มันสำปะหลังเส้นตากแห้ง แป้งมันสำปะหลัง เป็นต้น กระบวนการผลิตเอทานอลที่ผลิตได้จากเซลลูโลส เป็นเอทานอลที่ผลิตได้จากวัตถุดิบจากวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตร ฟางข้าว กากอ้อย ชังข้าวโพด เปลือกไม้ หรือจากต้นพืชที่ไม่เกี่ยวข้องกับพืชที่มนุษย์บริโภค ได้แก่ ต้นเลา หญ้าเนเปียร์ (ไกรลาส และคณะ, 2556) ข้าวฟ่างหวาน สาหร่าย สปูด้า อ้อยพลังงาน (อรพิมพ์, 2553) วัตถุดิบดังกล่าวประกอบไปด้วย ลิกนิน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส และเรียกวัตถุดิบประเภทนี้ว่า วัสดุลิกโนเซลลูโลส ซึ่งเป็นสารประกอบอินทรีย์ประเภทคาร์โบไฮเดรตที่เป็นส่วนประกอบสำคัญของพืช ซึ่งเกิดขึ้นจากหน่วยย่อยของน้ำตาลกลูโคสเชื่อมต่อกันเป็นสายยาวหรือพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส เอทานอลที่ผลิตจากเซลลูโลสจึงมีคุณสมบัติและลักษณะทางเคมีเช่นเดียวกับเอทานอลที่ผลิตจากวัตถุดิบประเภทน้ำตาลและแป้งที่ได้จากอ้อยหรือมันสำปะหลัง

บริษัทเอเชีย เอ็นจิเนียริงแพค จำกัด (มปป.) ได้ผลิตและนำเข้าเครื่องบดละเอียดแบบเปียกเป็นเครื่องบดที่มีประสิทธิภาพในการทำงานสูง สามารถทำการบดให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดมากจนเป็นครีม มีความสามารถในการบดผลิตภัณฑ์ได้หลายชนิด เช่น ผลิตภัณฑ์อาหาร เครื่องสำอาง เวชภัณฑ์ และอื่นๆ อีกมากมาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวงการอาหาร เช่น พริกแกง ซอสพริก เครื่องปรุงรส รวมถึงผลิตภัณฑ์ที่บดได้ยาก เช่น ชิ้นกระดูก ไคร่งไก่ ข้าวสาร หินบดทำมาจากวัสดุชนิดพิเศษ ไม่แตกขณะใช้งานบดอยู่ ถึงแม้จะใช้นานติดต่อกัน 24 ชั่วโมง หินบดไม่มีรูพรุน จึงไม่มีแหล่งสะสมสิ่งสกปรกและเพาะเลี้ยงเชื้อโรค โครงสร้างของเครื่องได้รับการออกแบบมาให้ง่ายต่อการประกอบและแยกส่วน เพื่อความสะดวกในการทำความสะดวก สามารถปรับตั้งระยะของหินบดได้ในขณะที่เครื่องจักรกำลังทำงาน หินบดมีให้เลือกถึง 8 ชนิด ขึ้นอยู่กับชนิดของผลิตภัณฑ์ที่ต้องการบด ประสิทธิภาพในการบดสูง ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีความละเอียดสูง และมีระบบหล่อเย็น (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 เครื่องบดละเอียดแบบเปียก

ที่มา : <http://www.asiaengineeringpac.co.th>

อริยาภรณ์ และพิสิษฐ์ (2549) ได้พัฒนาเครื่องบดงา ซึ่งเป็นการแปรรูปงาด้วยการบดเมล็ดงาให้ละเอียด เป็นเนื้อเดียวกันที่มีลักษณะคล้ายครีม ซึ่งเรียกว่า “ครีมงา” หรือ “เนยงา” ซึ่งได้รับความสนใจเป็นอาหารสุขภาพ และสามารถเพิ่มมูลค่าให้แก่เมล็ดงาได้ ในปัจจุบันการบดเมล็ดงาเพื่อการค้าจะใช้เครื่องบดที่ซื้อมาจากต่างประเทศ ซึ่งมีราคาแพงมากดังนั้น ในงานวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์ของการศึกษาคือ เพื่อศึกษาลักษณะทางกายภาพของเมล็ดงาที่ผ่านการบดในระยะเวลาต่างๆ กัน เพื่อศึกษาอัตราการบดและประสิทธิภาพการบดของเครื่องบดงาต้นแบบ จากการทดลองพบว่า เครื่องบดงาต้นแบบสามารถบดเมล็ดงาจำนวน 5 กิโลกรัมให้ละเอียดเป็นครีมได้ ภายใน 35 นาที มีประสิทธิภาพการบด 97.22 % ใช้กำลังไฟฟ้าเฉลี่ย 0.7719 kw นอกจากนี้สามารถบดเมล็ดถั่วลิสง และเมล็ดมะม่วงหิมพานต์ให้ละเอียดเป็นครีมได้ ภายใน 15 และ 10 นาที ตามลำดับ



ภาพที่ 2 เครื่องบดงาแบบล้อบด

ที่มา : อริยาภรณ์ และพิสิษฐ์ (2549)

## 7. วิธีดำเนินการ

### แบบและวิธีการทดลอง

เป็นการออกแบบและสร้างเครื่องมือต้นแบบสำหรับผลิตเอทานอลให้เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทน โดยเปรียบเทียบกับวิธีการบัดด้วยเครื่องมือและกระบวนการแบบเดิม ใช้แผนการทดลองแบบ t-test

### วิธีปฏิบัติการทดลอง

1. รวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้น เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการวิเคราะห์ถึงสมบัติทางกายภาพ ทางเคมี และองค์ประกอบต่างๆ ตลอดจนใช้ในการออกแบบเครื่องมือในขั้นตอนต่อไป
2. วิเคราะห์หาปริมาณแป้ง น้ำตาล เซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสจากพืชชีวมวลที่ใช้ทดสอบที่ห้องปฏิบัติการ สทช.
3. ศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องที่ใช้ในการออกแบบเครื่องบดละเอียดแบบเปียกสำหรับพืชชีวมวล
4. ออกแบบเครื่องมือในกระบวนการเตรียมวัสดุพืชชีวมวลสำหรับผลิตเอทานอลให้เหมาะสมกับการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทน ได้แก่ เครื่องบดละเอียด แบบแห้งและแบบเปียก
5. ทำการสร้างต้นแบบเครื่องบดละเอียดแบบเปียกพืชชีวมวล ในกระบวนการผลิตเอทานอล พืชชีวมวล ได้แก่ หญ้าเนเปียร์ และต้นเลา
6. ทดสอบและประเมินผล ปรับปรุงเครื่องต้นแบบ หาสมรรถนะและประสิทธิภาพการทำงานกับวัสดุชีวมวลชนิดต่างๆ โดยต้องทำการแปรสภาพวัสดุพืชชีวมวลครั้งที่ 1 ด้วยเครื่องหั่นย่อยให้มีขนาดเล็กก่อนนำเข้าเครื่องบดละเอียดแบบเปียก ซึ่งเป็นการแปรสภาพวัสดุครั้งที่ 2
7. ประเมินต้นทุนการผลิตในเชิงธุรกิจ (Financial Costs) และเชิงเศรษฐศาสตร์วิศวกรรม
8. สรุปและเขียนรายงานผลการทดลอง

### ค่าชี้ผลการศึกษา

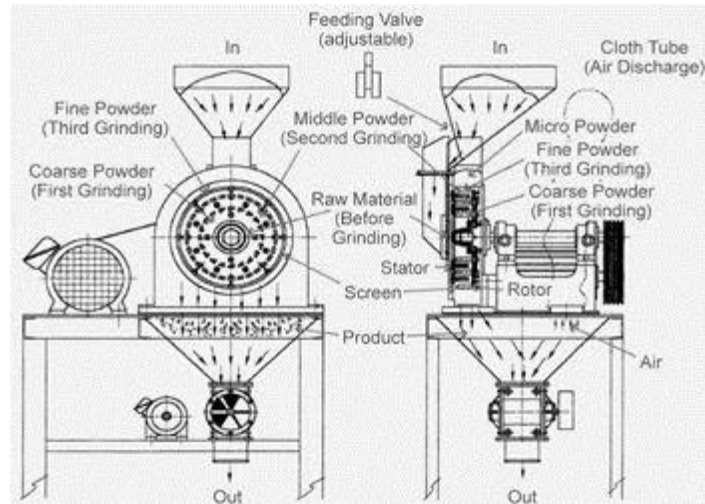
- ความสามารถในการทำงานของเครื่องต้นแบบ
- ประสิทธิภาพในการทำงานของเครื่อง
- ค่าพลังงานที่ใช้ในการทำงาน
- ระยะเวลาดำเนินการ เริ่มต้น ตุลาคม 2559 – สิ้นสุด กันยายน 2560 (โดนตัดงบประมาณปี 61-62)
- สถานที่ทำการทดลอง

1. ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
2. สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ

## 8. ผลการทดลองและวิจารณ์

ได้ทำการศึกษาหลักการทำงานของเครื่องบดละเอียดที่มีอยู่หลากหลายชนิด ซึ่งจากการวิเคราะห์ข้อมูลเบื้องต้นเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำหลักการเครื่องบดแบบ Pin mill คาดว่ามีความเหมาะสมที่จะบดวัสดุ

ชีวมวลเพื่อผลิตเอทานอล โดยสามารถเปลี่ยนแปลงขนาดความละเอียดได้โดยการเปลี่ยนกรงหน้าจอและการปรับตัวของความเร็วโรเตอร์ และคุณสมบัติของการเปลี่ยนแผ่นดิสก์บดเป็นตัวเลือกสำหรับวัสดุที่เหมาะสม โดยเฉพาะอย่างยิ่งเครื่องนี้เป็นเรื่องง่ายในการทำความสะอาด (ล้างน้ำ) และบำรุงรักษา การออกแบบและสร้างเครื่องให้เหมาะสมกับการใช้งานวัตถุดิบสำหรับผลิตพลังงานทดแทน เช่น หล้าเนเปียร์ที่ผ่านการสับหยาบมาแล้ว



ภาพที่ 3 หลักการทำงานเครื่องบดละเอียดแบบ Pin Mill



ภาพที่ 4 เครื่องบดละเอียดขนาดเล็กสำหรับห้องปฏิบัติการ

ดำเนินการทดสอบการแปรสภาพของวัสดุหญ้าเนเปียร์โดยใช้เครื่องหั่นย่อยแบบสองใบมีดที่พัฒนาขึ้น ต้นกำลัง 2 แรงม้า ไฟฟ้า 220 โวลต์ และกล่องควบคุมมอเตอร์ ส่งกำลังผ่านพูลเลย์ และสายพาน ส่วนอุปกรณ์ป้อนเป็นลูกกลิ้ง 2 ลูก เพื่อความสม่ำเสมอ สะดวกและปลอดภัยในการป้อนวัสดุในขณะที่เครื่องทำงาน โดยใช้วัสดุที่มีการตากแดดจนแห้ง แบ่งตัวอย่างวัสดุออกเป็นกองๆ ละประมาณ 10 กิโลกรัม จำนวน 3 ซ้ำ ต่อการทดสอบหนึ่งความเร็วรอบในช่วง 1,000 – 1,400 รอบ/นาที ทำการทดสอบเพื่อหาความเร็วรอบที่เหมาะสมกับการใช้งาน

แปรรูปวัสดุ โดยค่าซีพีผลประเมินจากขนาดวัสดุที่ผ่านการคัดแยกจากการสับตัวอย่างมาทำการร่อนแยก 3 ขนาด และความสามารถในการทำงานเชิงวัสดุ (กก./ไร่) ผลการทดสอบแสดงดังในตารางที่ 1

**ตารางที่ 1** การทดสอบการแปรรูปวัสดุชีวมวลหญ้าเนเปียร์โดยเครื่องหั่นย่อยแบบสองใบมีดต้นแบบ

ช่องป้อน วัสดุ	ความเร็วรอบ ใบมีด (rpm)	เปอร์เซ็นต์ปริมาณวัสดุที่ผ่านการแปรรูป และคัดแยกขนาดต่างๆ (%)			ความสามารถ ในการทำงาน (kg/hr)
		มากกว่า 4.76 มม.	2.58 - 4.76 มม.	น้อยกว่า 2.58 มม.	
ด้านหน้า	1,000	39.61	33.38	22.28	107.71
	1,200	34.87	36.36	21.90	109.65
	1,400	26.90	29.33	28.82	126.27
ด้านข้าง	1,000	67.36	63.19	17.16	63.88
	1,200	46.97	68.70	24.44	65.65
	1,400	42.89	59.46	19.91	18.26

จากตารางผลการทดสอบพบว่า การป้อนวัสดุที่ช่องป้อนด้านหน้าจะมีความสามารถในการทำงานที่สูงกว่า การป้อนจากด้านข้าง มีความสามารถในการทำงาน 107.71 – 126.27 กิโลกรัม/ชั่วโมง และสามารถแปรรูปวัสดุได้ละเอียดขนาดน้อยกว่า 2.58 มม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 22.28 – 28.82% โดยใช้ความเร็วรอบตั้งแต่ 1,000 – 1,400 รอบ/นาที ทั้งนี้การใช้ความเร็วรอบเครื่องที่สูง (1,400 รอบ/นาที) จะให้ผลการทำงานที่ดีกว่าความเร็วรอบเครื่องที่ต่ำกว่า ทั้งนี้การใช้เครื่องหั่นย่อยต้นแบบ สามารถแปรรูปวัสดุได้ละเอียดขนาด มากกว่า 4.76 มม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 26.90 – 39.61% และ อยู่ในช่วง 2.58 – 4.76 มม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 29.33 – 36.36%



**ภาพที่ 5** การทดสอบหั่นย่อยและเตรียมวัสดุชีวมวลสำหรับการบดละเอียด



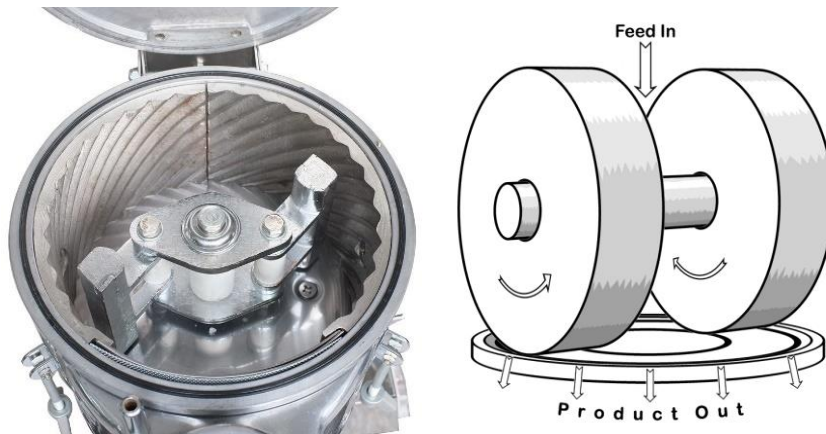
ภาพที่ 6 วัสดุชีวมวลที่ผ่านเครื่องบดละเอียดในห้องปฏิบัติการ

หลักเกณฑ์และเงื่อนไขในการออกแบบเครื่องมือในกระบวนการเตรียมวัสดุพืชชีวมวลสำหรับผลิตเอทานอลที่เหมาะสม High Speed Mill เป็นเครื่องบดแบบกระแทกที่ทำงานด้วยแรงกระแทก แรงเสียดสี แรงอัดและแรงเฉือน ระหว่าง hammer กับ liner พร้อมกัน (ภาพที่ 7) การปรับขนาดอนุภาคนั้น กำหนดด้วยลักษณะกับขนาดของ screen ระยะห่างระหว่าง hammer กับ liner และ hammer speed . ขบวนการบดเริ่มจากการเติมวัตถุดิบใน hopper จากนั้นวัตถุดิบจะถูกส่งไปสู่ม้อบดและถูก บดซ้ำด้วย hammer และ liner ที่หมุนด้วยความเร็วสูง วัตถุดิบที่บดแล้วมีขนาดเล็กกว่า ขนาดอนุภาคที่กำหนดไว้จะถูกส่งออกมาผ่าน screen



ภาพที่ 7 เครื่องบดแบบกระแทกที่ทำงานด้วยแรงกระแทก แรงเสียดสี แรงอัดและแรงเฉือน

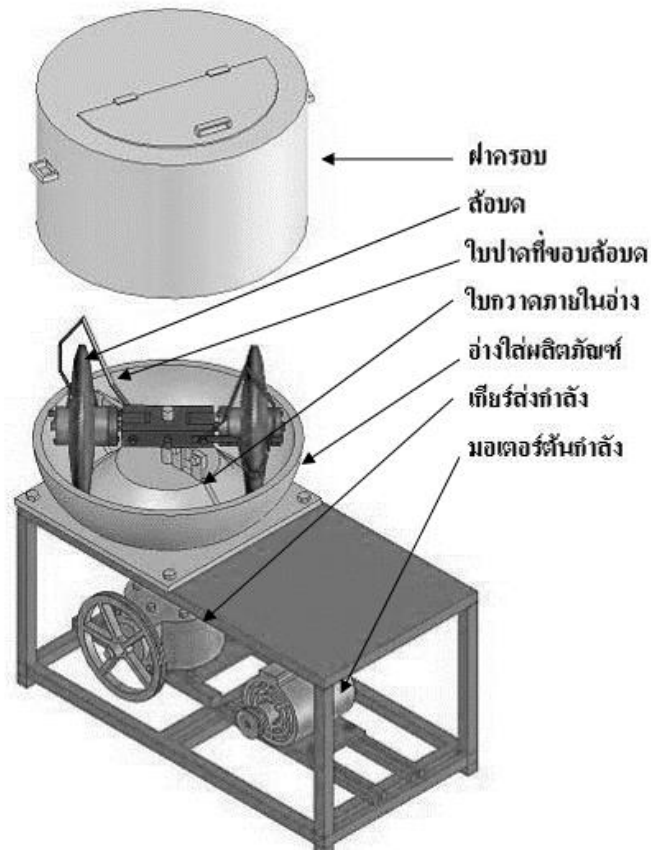




ภาพที่ 8 การออกแบบเครื่องบดละเอียดแบบเปียง

ออกแบบเครื่องมือในกระบวนการเตรียมวัสดุพืชชีวมวลสำหรับผลิตเอทานอลให้เหมาะสม ทั้งนี้จะทำการศึกษารูปร่างของเครื่องบดละเอียดในห้องปฏิบัติการ และดำเนินการการร่างต้นแบบเครื่องบดในระดับชุมชน ได้จัดทำเครื่องบดต้นแบบโดยตัวเครื่องทำด้วยเหล็กและสแตนเลสที่ประกอบด้วย ตัวอ่างสำหรับใส่วัสดุดิบจะมีลักษณะเป็นทรงกลม ผิวเรียบตรงกลางอ่าง เพื่อให้วัสดุไม่ติดอยู่กลางอ่าง ขณะทำการบดวัสดุจะถูกบังคับให้อยู่ในร่องที่ล้อบดวิ่งวนตลอดเวลา จำนวน 2 ลอ ที่มีลักษณะเป็นเฟืองฟันเดียว เพื่อไม่ให้ลอบดลื่นไถลในตัวอ่าง และไม่ลื่นไถลขณะบด ใบปาดจะถูกติดตั้งไว้ที่ขอบลอบดโดยให้มีช่องว่างระหว่างลอบดกับใบปาดเพียงเล็กน้อย จำนวน 2 อัน เพื่อป้องกันไม่ให้วัสดุที่นำมาบดติดที่ลอบ ซึ่งจะทำให้ประสิทธิภาพในการบดลดลง ใบกวาด จำนวน 1 อัน ทำหน้าที่กวาดวัสดุภายในอ่าง ใบกวาดนี้จะมีลักษณะโค้งไปตามตัวอ่าง เพื่อทำหน้าที่พลิกวัสดุที่นำมาบด ทำให้ไม่เกิดการจับตัวกัน ฝาครอบแบบเปิดและถอดออก ทำหน้าที่ป้องกันไม่ไหวัสดุที่บดได้กระเด็นออกจากตัวอ่างขณะทำการบด

ส่วนการทำงานของเครื่อง จะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ขนาดกำลังขนาด 1 แรงม้า แบบใช้กับไฟฟ้า 1 เฟส ความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านสายพานไปยังเกียร์ส่งกำลัง ดังภาพที่ 9 เกียร์ส่งกำลังทำหน้าที่เปลี่ยนทิศทางการหมุนจากระนาบแนวตั้งให้อยู่ในระนาบแนวนอน และลดความเร็วรอบ จนแกนที่ไชยี่ดล้อบดทั้งสองข้างหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 120 รอบต่อนาที ขณะเครื่องทำงานล้อบดจะหมุนรอบตัวเองไปด้วย ทำให้เกิดแรงบดตกลงภายในอ่างอย่างต่อเนื่อง สามารถบดวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอ ใบปาดที่ขอบลอบทั้งสองชุดยังทำหน้าที่ไม่ไหวัสดุกระเซ็นไปติดกับขอบดานในของฝาครอบทำไหวัสดุถูกปาดตกลงในอ่างผลิตภัณฑ์และไหลลงไปถูกลอบดและสามารถบดต่อไปได้อย่างต่อเนื่อง



ภาพที่ 9 ต้นแบบเครื่องบดละเอียดแบบเป็ยก

## 9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบเบื้องต้นการใช้ความเร็วรอบเครื่องที่สูงจะให้ผลการทำงานที่ดีกว่าความเร็วรอบเครื่องที่ต่ำกว่า ทั้งนี้การใช้เครื่องที่น้อยยแพร่สภาพวัสดุชีวมวลหญาเนเปียร์ได้ละเอียดขนาด มากกว่า 4.76 มม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 26.90 – 39.61% และ อยู่ในช่วง 2.58 – 4.76 มม. คิดเป็นเปอร์เซ็นต์ 29.33 – 36.36% และ ดำเนินการออกแบบเครื่องมือในกระบวนการเตรียมวัสดุพืชชีวมวลสำหรับผลิตเอทานอลให้เหมาะสม ทั้งนี้ได้ ทำการศึกษาเครื่องมือบดละเอียดในห้องปฏิบัติการ และดำเนินการออกแบบเครื่องบดละเอียดแบบเป็ยกในระดับ ชุมชน โดยตัวเครื่องทำด้วยเหล็กและสแตนเลส การบดวัสดุจะถูกบังคับให้อยู่ในร่องที่ล้อมด้วงวนตลอดเวลา จำนวน 2 ลอ เครื่องจะขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ต้นกำลังขนาด 1 แรงมา แบบใช้กับไฟฟ้า 220 โวลต์ ความเร็วรอบ 1,440 รอบต่อนาที ทำหน้าที่ส่งกำลังผ่านสายพานไปยังเกียร์ส่งกำลัง จนแกนที่ไยยึดล้อบดทั้งสองขางหมุนด้วยความเร็วรอบประมาณ 120 รอบต่อนาที ขณะเครื่องทำงานล้อบดจะหมุนรอบตัวเองไปด้วย ทำให้เกิดแรงบดกดลง ภายในอ่างอย่างต่อเนื่อง สามารถบดวัสดุได้อย่างสม่ำเสมอ

อย่างไรก็ตามผู้วิจัยไม่สามารถดำเนินการสร้างเครื่องต้นแบบต่อให้แล้วเสร็จได้เนื่องจากขาดการสนับสนุนงบประมาณในการทำวิจัยต่อ

## 10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

- 10.1 เป็นองค์ความรู้ในการวิจัยต่อไป เผยแพร่ในรายงานประจำปี หรือวารสารกรมวิชาการเกษตร หรือการเผยแพร่ผลงานวิจัยในวารสารวิชาการต่าง ๆ
- 10.2 ได้เทคโนโลยีการผลิตไบโอเอทานอลเพื่อถ่ายทอดสู่ระดับชุมชน และภาคเอกชน ในการผลิตไบโอเอทานอลจากพืชและวัสดุชีวมวลต่าง ๆ ทางภาคเกษตรเพื่อนำไปใช้ประโยชน์
- 10.3 หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์ได้แก่ หน่วยงานภายในกรมวิชาการเกษตร เกษตรกรที่ร่วมโครงการหรือภาคเอกชนรายย่อยที่สนใจ

## 11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานวิจัยตลอดระยะเวลา 1 ปี และขอบคุณข้าราชการและพนักงาน ของสำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ กรมวิชาการเกษตร ที่ช่วยสนับสนุนวัสดุอุปกรณ์ในการทดสอบเบื้องต้น และการศึกษากระบวนการผลิตในระดับห้องปฏิบัติการ

## 12. เอกสารอ้างอิง

- ไกรลาส เขียวทอง วีรชัย อัจหาญ อธิพิพลเผ่าไพศาล เรืองเดช ปันด้วง และสรยุทธ วินิจฉัย. 2556. คู่มือการปลูกหญ้าเนเปียร์ปากช่อง 1. มิตรภาพการพิมพ์. นครราชสีมา. 32 น.
- ชันันท์ นิवासวงษ์ และ เฉลิม เรือวิริยะชัย. 2555. การผลิตเซลลูโลสเอทานอลในประเทศไทย. KKU Sci. J.40 (4) 1073-1088 (2012).
- ชูชาติ อารีจิตรานุสรณ. 2534. เครื่องมือวิทยาศาสตร์. มหาวิทยาลัยขอนแก่น. 259 หน้า.
- ธราพงษ์ วิจิตตานต์, นวดล เหล่าศิริพจน์ และประเสริฐ เรียบร้อยเจริญ. 2553. รายงานสถานภาพของงานวิจัยและผลิตเอทานอลไบโอดีเซล ไบโอดีเซล และน้ำมันชีวภาพในประเทศไทย. สำนักพัฒนาบัณฑิตศึกษาและวิจัยด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สบว.)
- บริษัทเอเชีย เอ็นจิเนียริงแพค จำกัด. มปป. เครื่องบดละเอียดแบบเปียก (ออนไลน์). สืบค้นจาก : <http://www.asiaengineeringpac.co.th> [7 มิถุนายน 2558]
- อรุณี ศุภสินสาธิต. 2555. พลังงานจากชีวมวลที่มีลิกโนเซลลูโลสสูง. วารสารสิ่งแวดล้อม. ปีที่ 16 เล่มที่ 2. 8 น.
- อริยาภรณ์ พงษ์รัตน์ และ พิสิษฐ์ เตชะรุ่งไพศาล. 2549. การวิจัยและพัฒนาเครื่องบดงา. วิศวกรรมสาร มข. ปีที่ 33 ฉบับที่ 4 (403- 414) กรกฎาคม - สิงหาคม 2549