



การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง

*รังสรรค์ กุฎสำโรง¹, วินัย กล้าจริง¹

¹หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10520

ผู้เขียนติดต่อ: รังสรรค์ กุฎสำโรง E-mail: koodsamrong@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลังมีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแรงเฉือนของลำต้นมันสำปะหลัง ขณะทำการสับย่อยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการออกแบบเครื่องสับย่อยลำต้นมันสำปะหลัง ในการศึกษาค้นคว้า การทดสอบกับลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบงและพันธุ์ระยอง 81 ด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติแรงกด (Universal Testing Machine, UTM) ขนาด 50 kN ที่มีมุมคมของใบมีดตัดที่แตกต่างกันคือ 30, 45 และ 60 องศา ใช้อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด 20, 40, 60 และ 100 มิลลิเมตรต่อนาที ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อหาแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะ ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงตัดเฉือนของใบมีดที่ทำมุม 30 องศา ในทุกอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด จะใช้แรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะ น้อยกว่าใบมีดที่ทำมุม 45 และ 60 องศา และยังพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดในทุกมุมใบมีดที่ทำการทดสอบจะมีแนวโน้มของค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะที่ลดลง ซึ่งแรงตัดเฉือนของกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบข้างต้นที่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์มีขนาดเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดเฉือนของต้นมันสำปะหลังที่ทำการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมันสำปะหลัง จากผลการศึกษาครั้งนี้สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยด้วยเทคนิคการตัดเฉือน ทั้งนี้ในการออกแบบส่วนประกอบอื่นๆ ยังคงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านอื่นๆมาประกอบในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยลำต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ: ต้นมันสำปะหลัง; แรงตัดเฉือนสูงสุด; ความเค้นเฉือนสูงสุด; พลังงานตัดจำเพาะ



การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลัง

*รังสรรค์ กุฎสำโรง¹, วินัย กล้าจริง¹

¹หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนลพจองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10520

ผู้เขียนติดต่อ: รังสรรค์ กุฎสำโรง E-mail: koodsamrong@yahoo.com

บทคัดย่อ

การศึกษาสมบัติเชิงกลของต้นมันสำปะหลังมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาพฤติกรรมของแรงเฉือนของลำต้นมันสำปะหลัง ขณะทำการสับย่อยเพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานและแนวทางในการออกแบบเครื่องสับย่อยลำต้นมันสำปะหลัง ในการศึกษานี้จะทำการทดสอบกับลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบงและพันธุ์ระยอง 81 ด้วยเครื่องทดสอบคุณสมบัติแรงกด (Universal Testing Machine, UTM) ขนาด 50 kN ที่มีมุมคมของใบมีดตัดที่แตกต่างกันคือ 30, 45 และ 60 องศา ใช้อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่ 20, 40, 60 และ 100 มิลลิเมตรต่อวินาที ตามลำดับ จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เพื่อหาแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะ ผลการทดสอบพบว่า ค่าแรงตัดเฉือนของใบมีดที่ทำมุม 30 องศา ในทุกอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดจะใช้แรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะ น้อยกว่าใบมีดที่ทำมุม 45 และ 60 องศา และยังพบว่าเมื่อเพิ่มอัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดในทุกมุมใบมีดที่ทำการทดสอบจะมีแนวโน้มของค่าแรงตัดเฉือนสูงสุด ความเค้นเฉือนสูงสุดและพลังงานตัดจำเพาะที่ลดลง ซึ่งแรงตัดเฉือนของกลุ่มตัวอย่างที่ทดสอบข้างต้นที่มีค่าความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($P > 0.01$) นอกจากนี้ยังพบว่า เมื่อขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์มีขนาดเพิ่มขึ้น ค่าแรงตัดเฉือนของต้นมันสำปะหลังที่ทำการทดสอบมีแนวโน้มสูงขึ้นตามขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำต้นมันสำปะหลัง จากผลการศึกษานี้สามารถนำข้อมูลที่ได้นำไปใช้เป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยด้วยเทคนิคการตัดเฉือน ทั้งนี้ในการออกแบบส่วนประกอบอื่นๆ ยังคงจำเป็นต้องศึกษาข้อมูลด้านอื่นๆ มาประกอบในการออกแบบและสร้างเครื่องสับย่อยลำต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์ต่อไป

คำสำคัญ: ต้นมันสำปะหลัง; แรงตัดเฉือนสูงสุด; ความเค้นเฉือนสูงสุด; พลังงานตัดจำเพาะ

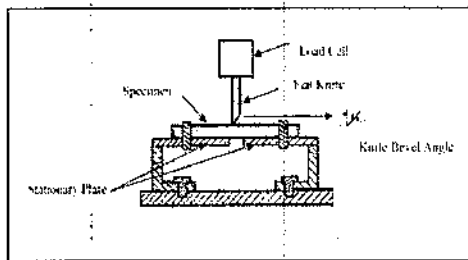
1. บทนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชไร่เศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีพื้นที่เพาะปลูกมากกว่า 8.14 ล้านไร่ ให้ผลผลิตรวม 29.85 ล้านตัน และผลผลิตเฉลี่ย 3.48 ตันต่อไร่ [1] มันสำปะหลังสามารถใช้ประโยชน์ได้ทุกส่วน ตั้งแต่ส่วนยอดจนถึงส่วนราก และยังสามารถนำหัวมันสดไปแปรรูปเป็นเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มของสินค้า เช่น แป้งมันสำปะหลัง แอลกอฮอล์ มันอัดเม็ด เป็นต้น ซึ่งเกษตรกรส่วนใหญ่ที่ปลูกมันสำปะหลังทำการเก็บเกี่ยวปีละครั้ง โดยเก็บเกี่ยวเฉพาะส่วนที่เป็นหัวมันสดและทิ้งต้นมันสำปะหลังจำนวนมากไว้ในแปลงปลูก ต้นมันสำปะหลังบางส่วนจะถูกนำไปเป็นท่อนพันธุ์ สำหรับเพาะปลูกในฤดูกาลต่อไป แต่การทิ้งเศษปลูกมันสำปะหลังนั้นจะใช้ลำต้นมันสำปะหลังเพียง 10

เปอร์เซ็นต์ ของต้นมันสำปะหลังทั้งหมด จึงทำให้ต้นมันสำปะหลังที่เหลือจากการเก็บเกี่ยวมีปริมาณมากถึง 3 ตันต่อไร่ [2] นอกจากนี้ต้นและใบมันสำปะหลังสดโดยทั่วไปจะมีความชื้นอยู่ประมาณ 80 เปอร์เซ็นต์ จะมีไฮยาไลนในระดับที่สูง ไม่ควรนำมาใช้เลี้ยงสัตว์ แต่เมื่อนำมาผ่านกระบวนการทำให้แห้ง โดยการผึ่งแดด จะมีคุณค่าทางโภชนาการซึ่งประกอบไปด้วย โปรตีน 20 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 21 เปอร์เซ็นต์ แคลเซียม 0.99 เปอร์เซ็นต์ และฟอสฟอรัส 0.73 เปอร์เซ็นต์ [3] นับเป็นวัตถุดิบเหลือทิ้งทางการเกษตรที่มีเส้นใยอาหารค่อนข้างสูง มีคุณค่าทางอาหารในระดับที่ดี

ปัจจุบัน เกษตรกรจะใช้เครื่องตัดย่อยไม้หรือเครื่องตัดย่อยต้นข้าวโพดมาทำการตัดย่อยต้นมันสำปะหลังเพื่อใช้เป็นอาหารสัตว์เคี้ยวเอื้อง ซึ่งหลังจากการตัดย่อยพบว่าขนาดของ

จะถูกตัดจากส่วนโคนของลำต้นให้มีความยาว 117.8 mm (7 in) จากนั้นทำการติดตั้งใบมีดและยึดท่อน้ำมันสำปะหลังที่ตัดไว้เข้ากับแท่นจับยึดท่อน้ำมันสำปะหลังของเครื่องวัดแรงกดวัสดุแบบเอนกประสงค์ ตามรูปที่ 2 ดำเนินการทดสอบตัดท่อน้ำมันสำปะหลังด้วยใบมีดที่มีมุมคมของดัดที่แตกต่างกันคือ 30, 45 และ 60 องศา กดลงในแนวตั้งฉากทำมุม 90 องศากับแนวนอนของท่อน้ำมันสำปะหลัง ซึ่งในแต่ละชนิดของมุมคมในการตัดของใบมีดจะใช้อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีดที่แตกต่างกัน 4 ระดับคือ 20, 40, 60 และ 100 mm/min อย่างละ 35 ซ้ำ จากนั้นทำการบันทึกข้อมูลและนำไปประมวลผล ตามลำดับ



รูปที่ 2 ลักษณะการติดตั้งการวัดแรงเคลื่อนลำต้นน้ำมันสำปะหลังโดยใช้เครื่อง Universal Testing Machine: UTM ([4], [7])

2. การหาความเค้นเฉือน โดยนำค่าแรงเฉือนสูงสุด (Peak Load) [4,7 และ 8] ในกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงเฉือนและระยะที่กดผ่านลำต้นน้ำมันสำปะหลัง (Force-displacement)หารด้วยพื้นที่หน้าตัดของลำต้นน้ำมันสำปะหลังซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$\sigma_s = \frac{F_{max}}{A} \quad \dots(1)$$

เมื่อ σ_s = ความเค้นเฉือน, Pa
 F_{max} = แรงเฉือนสูงสุด, N
 A = พื้นที่หน้าตัด, m^2

3. การหาพลังงานตัดจำเพาะ [7] หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟของแรงเฉือนกับระยะที่ใบมีดกดผ่านลำต้นน้ำมันสำปะหลัง (Force-displacement) ซึ่งสามารถเขียนอยู่ในรูปสมการได้ดังนี้

$$E_{ss} = \frac{1}{A} \int F dx = n \times \frac{f}{A} \quad \dots(2)$$

เมื่อ E_{ss} = พลังงานตัดจำเพาะ, mJ/mm^2
 A = พื้นที่หน้าตัดของลำต้น, m^2
 F = แรงเฉือน, N

x = ระยะการเคลื่อนที่ผ่านลำต้น, mm
 n = จำนวนหน่วยพื้นที่ใต้กราฟ ของกราฟแรงเฉือนกับระยะที่ใบมีดเคลื่อนที่ผ่านลำต้นขณะทดลอง ของเครื่องทดสอบแรงกด (UTM)
 f = ค่าของตัวคูณหน่วยพื้นที่ (the scale factor of unit area)

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติทางกายภาพและสมบัติทางกลของการตัดด้วยวิธีการ Multiple linear regressions สามารถเขียนความสัมพันธ์แสดงอยู่ในรูปสมการดังนี้ [4]

$$Y = \alpha + \beta_i x_i + e \quad \dots(3)$$

เมื่อ α = ส่วนตัดแกน Y (intercept) หรือค่าของ Y เมื่อ x_i เท่ากับศูนย์
 β_i = ค่าความชัน (slope) ของเส้นตรง แสดงอัตราการเปลี่ยนแปลงของ Y เมื่อ x_i เปลี่ยนไป 1 หน่วย
 e = ความคลาดเคลื่อนหรือค่าความแตกต่างของค่า Y และค่า Y บนเส้นถดถอย

i = ตัวแปรอิสระตัวที่ 1, 2, ..., n

3. ผลการทดลองและวิจารณ์

3.1 พฤติกรรมของ Force-displacement ที่ได้จากการตัดต้นน้ำมันสำปะหลัง

รูปที่ 3 แสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างแรงที่เกิดขึ้นในขณะที่ใบมีดเคลื่อนที่ผ่านลำต้นน้ำมันสำปะหลัง (force-displacement) ของทั้งสองสายพันธุ์ จะเห็นได้ว่า มีลักษณะและรูปร่างของกราฟที่คล้ายกันแต่แตกต่างกันระดับของแรงเฉือน โดยแรงเฉือนสูงสุดของลำต้นน้ำมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบงจะมีค่ามากกว่าแรงเฉือนของพันธุ์ระยอง 81 ประมาณสองเท่า โดยลักษณะของกราฟทั้งสองมีลักษณะคล้ายกัน คือจะมีพฤติกรรมผสมระหว่างวัสดุแบบมีเส้นใย (fibrous materials) และวัสดุแบบไม่มีเส้นใย (non-fibrous materials) ลักษณะของกราฟจะเกิดจุดสูงสุด (peak point) เพียงจุดเดียวเหมือนกับวัสดุที่ไม่มีเส้นใยแต่หลังจากนั้นแทนที่แรงจะตกลงทันที แรงจะค่อยๆ เพิ่มขึ้นเหมือนวัสดุที่มีเส้นใย แต่บางครั้งไม่เกิดจุดสูงสุดที่ชัดเจนเหมือนกับวัสดุเส้นใยหรืออาจจะเรียกได้ว่า เป็นวัสดุกึ่งเส้นใย (semi-fibrous materials) ซึ่งลักษณะเช่นนี้สามารถพบได้กับพืชที่มีท่อน้ำลำเลียงขนาดใหญ่[6]

น้อยที่สุดและมีแนวโน้มลดลงอีก หากความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้น

3.3 ปัจจัยที่มีผลต่อความเค้นเฉือนสูงสุด

พื้นดินสำหรับหลัง

จากการวิเคราะห์หาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดของการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์ โดยใช้สมการที่ (1) พบว่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง ที่มุมคมใบมีด 30, 45 และ 60 องศา ความเร็วในการตัดคงที่ที่ 20 mm/min มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ มุมคมของใบมีดดังแสดงไว้ในตารางที่ 4 ในทำนองเดียวกันพบว่าค่าแรงเฉือนสูงสุดในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบงที่มุมคมของใบมีดคงที่ที่ 30 องศา ความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลงจาก 20-100 mm/min มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ ความเร็ว ดังแสดงไว้ในตารางที่ 5

มุมคมของใบมีด

จากการทดสอบหาค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์พบว่า ความเค้นเฉือนสูงสุดจะแปรผันตรงกับมุมคมของใบมีดที่เพิ่มขึ้น โดยพบว่าการตัดที่ใช้มุมคมของใบมีดที่น้อยกว่าจะทำให้ค่าความเค้นเฉือนสูงสุดน้อยลงตามไปด้วย ทั้งนี้เป็นผลมาจากการเปรียบเทียบค่าความเค้นเฉือนสูงสุดที่ความเร็วในการตัดคงที่ที่ 20 mm/min ในการตัดด้วยมุมคมใบมีดที่ 30, 45 และ 60 องศา ตามลำดับ ดังแสดงไว้ในรูปที่ 6 โดยการเพิ่มขึ้นของความเค้นเฉือนสูงสุดเป็นการเพิ่มขึ้นแบบ Exponential ทั้งนี้การเพิ่มขึ้นของความเค้นเฉือนสูงสุดก็ตรงตามพฤติกรรมของแรงที่ใช้ในการตัด

ตารางที่ 4 ผลของค่าเฉลี่ยความเค้นเฉือนสูงสุด (average max shear strength, MPa) เมื่อความเร็วในการตัดคงที่ (speed of loading rate) และมุมคมใบมีดมีการเปลี่ยนแปลง (knife bevel angle)

อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด	ห้วยบง ($\phi=25.75\pm 4.05$ mm)			ระยอง-81 ($\phi=23.63\pm 4.12$ mm)		
	มุมคมตัดของใบมีด			มุมคมตัดของใบมีด		
	30°	45°	60°	30°	45°	60°
20mm/min	5.51	5.58	7.36	3.06	3.32	3.68
SD	1.00	1.02	1.77	0.71	0.70	0.88

n=35

ตารางที่ 5 ผลของค่าเฉลี่ยความเค้นเฉือนสูงสุด (average max shear strength, MPa) เมื่อมุมคมใบมีดคงที่ (knife bevel angle) และความเร็วในการตัดเปลี่ยนแปลง (speed of loading rate)

มุมใบมีด	$\phi=25.75\pm 4.05$				$\phi=23.63\pm 4.12$			
	อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด (mm/min)				อัตราการเคลื่อนที่ของใบมีด (mm/min)			
	20	40	60	100	20	40	60	100
30°	5.51	5.28	4.95	4.57	3.06	3.04	2.97	2.68
SD	1.10	1.19	1.06	1.15	0.71	0.67	0.84	0.78

n=35

ความเร็วในการตัด

ในทำนองเดียวกันจากการทดสอบหาความเค้นเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์จะแปรผกผันกับความเร็วที่ใช้ในการตัด โดยพบว่าเมื่อเพิ่มความเร็วในการตัดเพิ่มขึ้นจาก 20, 40, 60 และ 100 mm/min ที่มุมคมของใบมีดคงที่ 30 องศา ค่าแรงเฉือนสูงสุดจะมีค่าลดลงโดยมีค่าลดลงประมาณ 1-2 เท่า

3.4 ปัจจัยที่มีผลต่อพลังงานตัดจำเพาะ

พื้นดินสำหรับหลัง

เมื่อพิจารณาพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดโดยการคำนวณจากสมการที่ (2) ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์พบว่า พลังงานตัดจำเพาะที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังพันธุ์ห้วยบง ที่มุมคมของใบมีด 30, 45 และ 60 องศา ความเร็วในการตัดคงที่ที่ 20 mm/min มีค่าสูงกว่าพันธุ์ระยอง 81 ในทุกๆ มุมคมของใบมีด ดังแสดงไว้ในตารางที่ 6 นอกจากนี้ยังพบว่าพลังงานตัดจำเพาะจะแปรผกผันกับความเร็วที่เพิ่มขึ้นดังแสดงไว้ในตารางที่ 7 ซึ่งสอดคล้องกับค่าแรงเฉือนสูงสุดที่ใช้ในการตัด

มุมคมของใบมีด

จากการทดสอบหาค่าพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดที่ใช้ในการตัดลำต้นมันสำปะหลังทั้งสองสายพันธุ์พบว่า ค่าพลังงานตัดจำเพาะสูงสุดมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อมุมคมใบมีดเพิ่มขึ้น กล่าวคือการตัดด้วยมุมคมใบมีดที่ 30 องศา จะใช้พลังงานตัดจำเพาะน้อยที่สุด ดังนั้นจึงเหมาะสมในการใช้ออกแบบมากที่สุด

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ยพลังงานตัดจำเพาะสูงสุด (average max specific cutting energy, mJ/mm²) เมื่อความเร็วในการตัดคงที่ (speed of loading rate) และมุมคมใบมีดมีการเปลี่ยนแปลง (knife bevel angle)

- [2] โสภณ สิ้นสุประมา ชาญ ธีรพร และอนุชิตทองคำ (2526). เอกสารวิชาการมันสำปะหลังเล่มที่ 7, กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร
- [3] อุทัย คันโธ (2529). อาหารและการผลิตอาหารเลี้ยงสุกร และสัตว์ปีก, กรุงเทพฯ: ศูนย์ค้นคว้าและพัฒนาวิชาการอาหารสัตว์ สถาบันสุวรรณวงจกกลกิจ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [4] อนุรักษ์ ประภากร, พรรษา สิบลับ และ วีรชัย อาจหาญ (2551). การศึกษาคุณสมบัติกำลังเฉือนของเชื้อเพลิงชีวมวล, การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 9. เทคโนโลยีเพื่อการ เกษตรและอุตสาหกรรมเกษตรที่ยั่งยืน
- [5] Womac, A.R. Yu, M. Igathinathane, C. Ye, P. and Hayes, D. (2005). Shearing characteristics of biomass for size reduction 2005, paper presented in An ASAE meeting presentation 2005.
- [6] Persson, S. (1987). Mechanics of Cutting Plant Material, paper presented in ASAE Monograph 1987, St. Joseph, Michigan.
- [7] Chattopadhyay, P.S. and Pandey, K.P. (1998). Mechanical Properties of sorghum stalk in relation to quasi-static deformation, *J. Agric. Eng. Res.*, 73, 199-206.
- [8] Adel, H., Gholamreza, H., Mohammad, H.K., Seyed, R.H. and Javad, K. (2012). Influence of knife bevel angle, rate of loading and stalk section on some engineering parameters of millet stalk Iranica, *Journal of Energy & Environment*, 3(4) 333-340.

TAAE

TSAE

2015

การประชุมวิชาการ สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย

ระดับชาติ ครั้งที่ 16 ประจำปี 2558

และระดับนานาชาติ ครั้งที่ 8

The 16th TSAE National Conference and
the 8th TSAE International Conference
(TSAE 2015)

ณ ศูนย์นิทรรศการและการประชุมไบเทค

บางนา กรุงเทพมหานคร

17-19 มีนาคม 2558

จัดโดย

สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย



สนับสนุนโดย



vnu exhibitions
asia pacific

