

อิทธิพลของรูปร่างลูกกลิ้งต่ออัตราการรีดน้ำอ้อย

Effect of milling-roller shapes on sugarcane juice extraction rate

ปรัชญา สำรวสินธุ์, รัชสรรค์ มาษา, สมิทธิ์ เอี่ยมสอาด

ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร

140 ถนนเชื่อมสัมพันธ์ เขตหนองจอก กรุงเทพมหานคร 10530

พิทักษ์ พร้อมไธสง

หน่วยวิจัยต่อความร้อนและออกแบบอุปกรณ์ทางความร้อน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม 44150

เกษมณี บรรทมพร และ วรีสา ชูวัฒนกุล*

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เลขที่ 1 ซอยฉลองกรุง 1 เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร ประเทศไทย 10520

*Corresponding author Email: varesa.ch@kmitl.ac.th

Manuscript received August 19, 2021

Revised December 6, 2021

บทคัดย่อ

บทความนี้นำเสนออิทธิพลของรูปร่างหัวรีดและความเร็วรอบหัวรีดต่ออัตราการรีดน้ำอ้อย ในการทดลองได้ทำการเลือกใช้อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 โดยทำการใช้หัวรีดน้ำอ้อยแบบเกลียว แบบตัววี แบบเฟือง ($N = 39$) แบบเฟือง ($N = 92$) และแบบปิรามิด โดยมีความเร็วรอบของหัวรีดเท่ากับ 15, 20, 25 และ 28 rpm จากผลการทดลองพบว่าการใช้หัวรีดแบบตัววีสามารถให้อัตราการรีดน้ำอ้อยที่ 1057 กิโลกรัมต่อชั่วโมง และสูงกว่าหัวรีดแบบเกลียว แบบเฟือง ($N = 39$) แบบเฟือง ($N = 92$) และหัวรีดแบบปิรามิด ถึง 5 เปอร์เซ็นต์, 3 เปอร์เซ็นต์, 5 เปอร์เซ็นต์ และ 4 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

คำสำคัญ: เครื่องรีดน้ำอ้อย, ลูกหัวรีด, น้ำอ้อย, อัตราการรีดน้ำอ้อย

ABSTRACT

This paper presents the effect of milling roller types and speed rotation of rollers on the rate of sugarcane juice production. The experiment was carried out using sugarcane Supanburi 50 as the raw material. Four different milling roller types (helical-type, V-type, gear-type of $N = 39$, gear-type of $N = 92$ and pyramid-type) were operated at four different speeds (15, 20, 25 and 28 rpm). The experimental results showed that the rate of sugarcane juice production of V-type yielded up to 1057 kg/hr which was 5%, 3%, 5%, and 4% higher than those yielded by helical-type, V-type, gear-type of $N = 39$, gear-type of $N = 39$ and pyramid-type, respectively.

Keywords: Sugarcane extraction machine, milling roller, sugarcane juice, rate of sugarcane juice production

1. บทนำ

อ้อยจัดเป็นพืชอุตสาหกรรมที่มีความสำคัญมากต่อระบบเศรษฐกิจของประเทศไทยในปีที่ผ่านมาประเทศไทยทำการผลิตอ้อยได้สูงถึง 103.6 ล้านตันอ้อย [1] ซึ่งเป็นลำดับ 4 ของโลก รองจากประเทศออสเตรเลีย ประเทศอินเดีย และประเทศบราซิลซึ่งผลิตได้สูงถึง 450 ล้านตันอ้อย[8] และไทยสามารถนำมาแปรรูปเป็นน้ำตาลได้ประมาณ 11.29 ล้านตันส่งออกน้ำตาลเป็นลำดับ 2 ของโลกรองจากประเทศบราซิล ในจำนวนนี้ใช้บริโภคภายในประเทศ 2.5 ล้านตัน ส่วนที่เหลือส่งไปจำหน่ายยังต่างประเทศ สร้างมูลค่ารวมได้ประมาณ 180,000 ล้านบาท ซึ่งรวมรายได้จากการแปรรูปเป็นอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ ได้แก่ การผลิตเอทานอล สุรา ขอส ซีอิ๊ว ผงชูรส อาหารสัตว์ ไม้อัด กระดาษ ปุ๋ยอินทรีย์ น้ำอ้อยพร้อมดื่มเพื่อสุขภาพและเชื้อเพลิงผลิตกระแสไฟฟ้าที่กล่าวมาอาจเกิดรายได้เป็นแสนล้านบาท อุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลของไทย ก่อให้เกิดการสร้างงานได้มากกว่า 1 ล้านคน [2] จึงมีส่วนช่วยขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศอย่างเป็นรูปธรรม เพราะอุตสาหกรรมนี้สามารถผลิตวัตถุดิบและแปรรูปเป็นน้ำตาลได้โดยไม่ต้องพึ่งพาเทคโนโลยีของต่างประเทศมากนักและมีส่วนช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบ จากนโยบายส่งเสริมการใช้เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนได้อีกปีละหลายหมื่นล้านบาท

โดยจากศูนย์วิจัยกสิกรรมไทย [3] พบว่าอ้อย 1 ต้น จะสามารถนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆจากการพิจารณาห่วงโซการผลิตอ้อยและน้ำตาลที่สร้างมูลค่าเพิ่มเชิงเศรษฐกิจที่สูงขึ้น อาทิ น้ำตาลประมาณ 100-110 กิโลกรัม กากน้ำตาลประมาณ 45 - 50 กิโลกรัม นำไปผลิตเอทานอล แอลกอฮอล์ ผงชูรส ขอส น้ำส้มสายชู อาหารสัตว์ และได้กากขานอ้อยประมาณ 280-290 กิโลกรัม ซึ่งนำมาผลิตเยื่อกระดาษ บรรจุภัณฑ์งานหัตถ์ แผ่นไม้ทำเฟอร์นิเจอร์ และใช้มากที่สุดคือเป็นเชื้อเพลิงผลิตไอน้ำในขั้นตอนผลิตน้ำตาล และใช้ในโรงไฟฟ้า โดยขานอ้อย 280-290 กิโลกรัม สามารถผลิตไฟฟ้าได้ถึงประมาณ 100 กิโลวัตต์ชั่วโมง

ซึ่งจะพบว่าวัตถุดิบที่นำไปผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ต้องผ่านกระบวนการรีดเอาของเหลวที่อยู่ในลำอ้อยออกมาเสียก่อน จึงจะได้เป็นน้ำอ้อยและกากอ้อย เพื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบตั้งต้นในการแปรรูปผลิตภัณฑ์อื่น ๆ ต่อไป ดังนั้นจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของกระบวนการรีดน้ำอ้อย โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้ได้ปริมาณของเหลวที่มากที่สุดและจะส่งผลให้ได้กากอ้อยที่มีคุณภาพสูงคือกากอ้อยจะมีความชื้นต่ำ

เหมาะกับการนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงและเยื่อกระดาษ โดยช่วยลดต้นทุนในกระบวนการทำแห้งของกากอ้อยอีกด้วย

จากอุตสาหกรรมอ้อยและงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า เครื่องรีดน้ำอ้อยในอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ นิยมใช้กันอยู่สองแบบคือแบบชุดหัวรีด (Milling Roller) และระบบแช่ (Diffuser) [4] ในประเทศไทยส่วนมากใช้แบบชุดหัวรีดที่มีจำนวนหัวรีด 2 ถึง 3 หัวรีดต่อกชุด โดยมีกำลังการผลิตน้ำอ้อยขั้นต่ำเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์และมีกาก (Bagasse) ประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ ในอดีตได้มีการศึกษาการเพิ่มอัตราการผลิตของเครื่องรีดน้ำอ้อยขนาดเล็ก และในงานวิจัยของปานสาคร และ หงส์ทอง [5] ได้ทำการศึกษารออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกและคั้นน้ำอ้อย โดยใช้อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 พบว่าปริมาณน้ำอ้อยที่รีดได้เท่ากับ 44.56 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อย เข้มเจริญ และ ประจักษ์ อ่างบุญตา [6] ได้ศึกษาเครื่องคั้นน้ำอ้อยโดยการสร้างเครื่องคั้นน้ำอ้อยเพื่อเปรียบเทียบกับเครื่องตามท้องตลาด โดยใช้อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 พบว่าเครื่องคั้นน้ำอ้อยสามารถคั้นได้ 54 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อย ส่วนปริมาณน้ำอ้อยที่รีดได้ของเครื่องตามท้องตลาดคือ 46 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อย กวางวโรภาส และ ปรีธาม [7] ได้รายงานผลการศึกษาคู่มือคั้นน้ำอ้อยชนิดที่ไม่ต้องปอกเปลือก โดยใช้อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 ปริมาณน้ำอ้อยที่รีดได้เท่ากับ 45.29 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อย อินทรีพิงษ์ [8] ได้ทำการศึกษาด้านแบบระบบผลิตน้ำเชื่อมจากอ้อยแบบเคลื่อนที่สำหรับเกษตรกรรายย่อย โดยใช้อ้อยพันธุ์เค 84-200 ปริมาณน้ำอ้อยที่รีดได้คิดเป็น 44.6 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักอ้อย เนื่องจากงานวิจัยดังกล่าวมีปริมาณของน้ำอ้อยที่รีดออกมาได้ความแตกต่างกัน ซึ่งขึ้นอยู่กับเครื่องรีดน้ำอ้อยในส่วนของคุณภาพหัวรีดที่มีการออกแบบแตกต่างกัน Sanchez และ Chavarro [9] ได้นำเสนอนวัตกรรมแผ่นม้วนบดที่ลดการดูดซึมน้ำอ้อยในระหว่างการไม่อันส่งผลทำให้เพิ่มการสกัดอ้อยได้มากขึ้น นวัตกรรมนี้ประกอบด้วยการใช้ท่อระบายน้ำที่ไหลไปยังส่วนด้านในของลูกกลิ้งเพื่อแยกน้ำขานอ้อยออกจากกันอย่างรวดเร็วในระหว่างการไม่ โดยมีฟันหัวรีดเล็กๆ จำนวนมากถูกวางไว้ที่โคนของฟันม้วนเพื่อดักจับน้ำขานอ้อยไปที่ถาดเก็บน้ำ ในผลการทำงานของเครื่องนี้สามารถที่จะสกัดน้ำขานอ้อยได้สูงถึง 75% และความชื้นในขานอ้อยคงเหลือระหว่าง 45% ถึง 50%

จากที่ผ่านมาในงานวิจัยต่างๆได้ให้ความสนใจในการออกแบบหัวรีดน้ำอ้อยในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อที่จะรีดน้ำอ้อยออกมาให้มี

ปริมาณน้ำอ้อยคงเหลือในขานอ้อยให้น้อยที่สุดทั้งนี้ขานอ้อยที่มีปริมาณความชื้นที่น้อยยังสามารถนำไปใช้เป็นวัสดุทางชีวมวลในเตาเผาเพื่อที่จะนำพลังงานความร้อนที่ได้ไปอุ่นหม้อน้ำร้อนอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุดต่อไป ในการศึกษางานวิจัยนี้ได้ทำการมุ่งเน้นออกแบบและสร้างชุดหีบอ้อยใหม่เพื่อหาลักษณะของชุดลูกกลิ้งที่เหมาะสมต่ออัตราการรีดน้ำอ้อย โดยทำการสร้างชุดทดลองจากการดัดแปลงเครื่องรีดน้ำอ้อยจากโรงงานอุตสาหกรรมขนาดใหญ่ เป็นการสร้างชุดหัวรีด 3 ลูกต่อ 1 ชุด และมีการออกแบบลักษณะพิเศษของหัวรีด เช่น รูปร่าง มุมองศาร่องฟันของหัวรีด แต่ละชุดโดยใช้วัสดุที่จากสแตนเลสเกรดอาหารเพื่อให้ถูกหลักสุขอนามัยต่อผู้บริโภค รวมถึงทำการทดลองเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมกับการรีดน้ำอ้อย โดยหาอัตราเร็วของชุดหัวรีด ด้วยการใช้มอเตอร์ไฟฟ้าเป็นต้นกำลังในการขับเคลื่อนชุดหัวรีด เพื่อให้สามารถควบคุมอัตราเร็วของชุดหัวรีดได้มีความเสถียรคงที่และความแม่นยำสูง

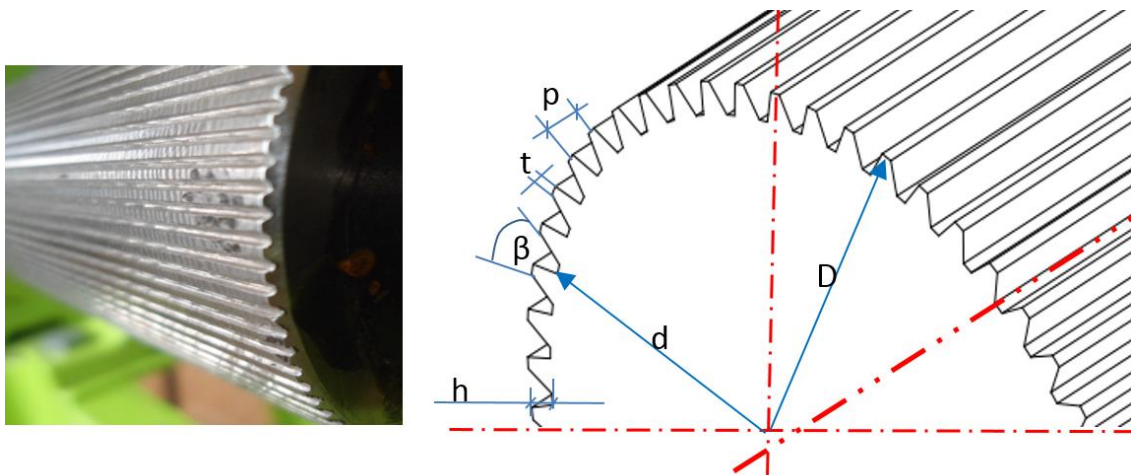
2. อุปกรณ์การทดลองและวิธีการทดลอง

2.1 หัวรีด

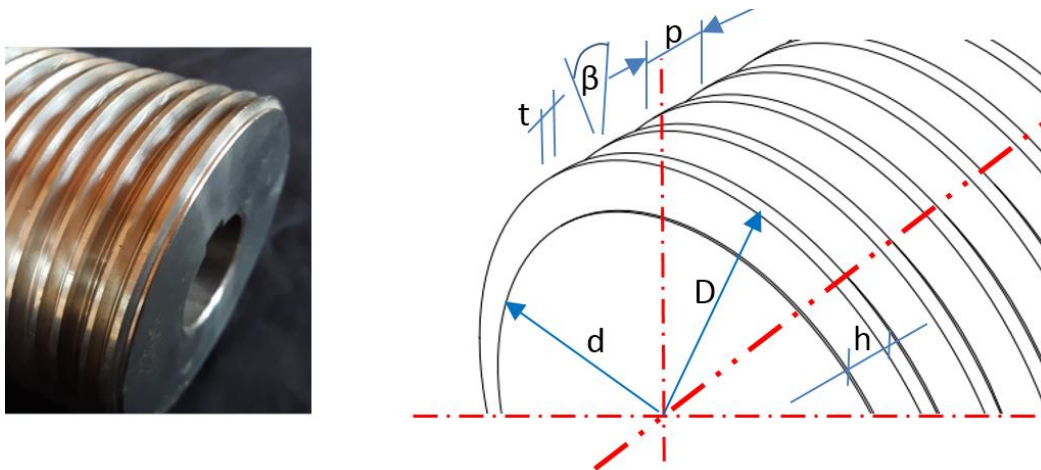
หัวรีดเป็นหนึ่งในอุปกรณ์ที่สำคัญที่สุดของเครื่องรีดน้ำอ้อย หัว

รีดถูกออกแบบให้มีร่องฟันเพื่อการจับยึดและป้องกันการลื่นในกระบวนการรีดน้ำอ้อยและช่วยในการระบายน้ำอ้อยที่ถูกรีดออกจากลำอ้อย ส่งผลให้ได้ปริมาณน้ำอ้อยเพิ่มขึ้นและประหยัดพลังงาน โดยการทดลองนี้เลือกใช้สแตนเลส 304 เกรดทำอุปกรณ์อาหาร มีความหนา 12 มิลลิเมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 76 มิลลิเมตร และความยาว 120 มิลลิเมตร มีน้ำหนักเบาและไม่เกิดสนิม เนื่องจากบางเกินไปจะทำให้เกิดความแข็งแรงไม่เพียงพออาจทำให้เกิดการความเสียหายเมื่อนำไปขึ้นรูป ส่วนถ้าหนาเกินไปก็จะเกิดการสิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายกับการขึ้นรูป การขึ้นรูปจะใช้เครื่องกลึง และเครื่องซีเอ็นซี และทำฝาปิดหัวและปิดท้าย และเจาะรูให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของเพลาคู่มือคั้นน้ำอ้อย หลังจากนั้นทำสลักเพื่อล็อกหัวรีดไว้กับเพลลา โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดรูปร่างของหัวรีดออกเป็นหัวรูปร่างดังนี้

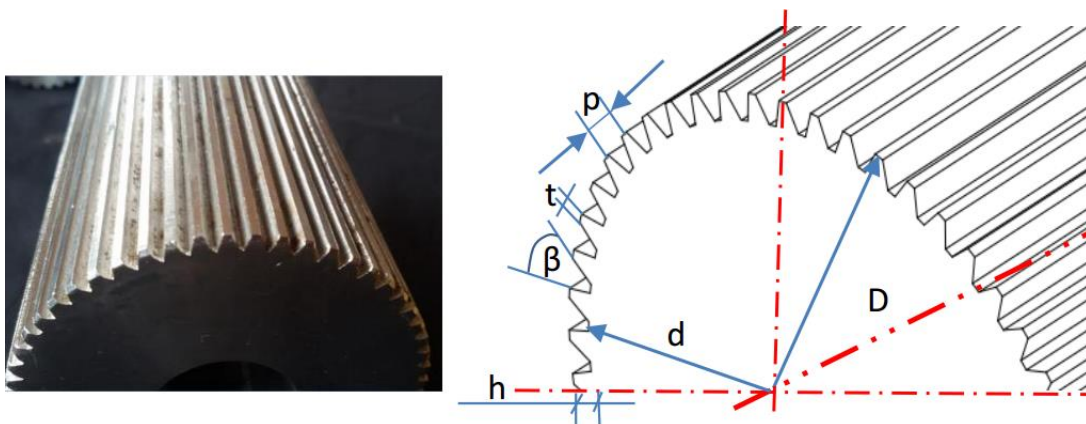
รูปที่ 1 แสดงหัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) เป็นรูปแบบที่ได้ทำการศึกษาและใช้กันทั่วไปในท้องตลาด มีลักษณะเป็นฟันเฟืองการดึงอ้อยเข้าลักษณะขนานกับแนวแกนกากอ้อยต่อเนื่องดีขณะทำการรีด โดยมุม β ของหัวรีดตัวบนมีค่าเท่ากับ 44° ส่วนหัวรีดป้อนและหัวรีดส่งมีค่า β เท่ากับ 46° และมีลักษณะเป็นร่องฟันแบบเฟือง



รูปที่ 1 ลักษณะหัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$)



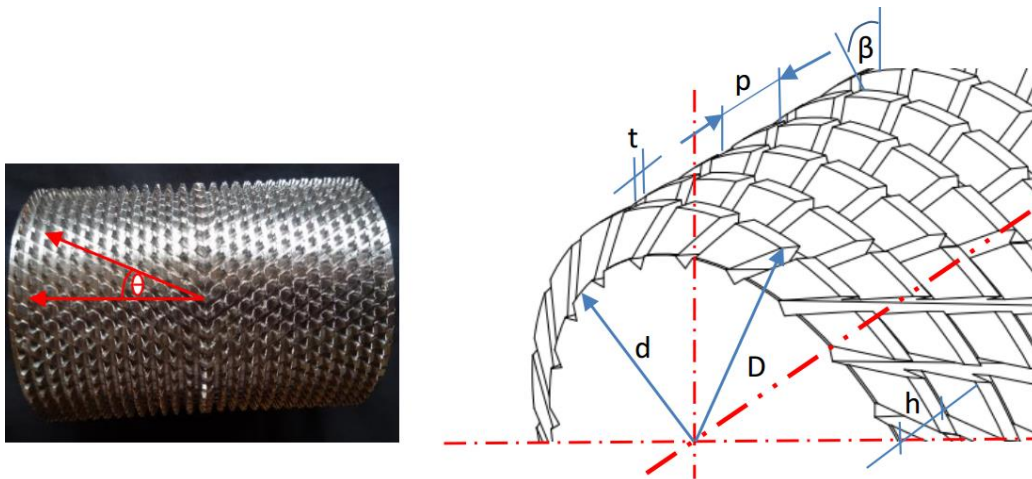
รูปที่ 2 ลักษณะหัวรีดแบบเกลียว

รูปที่ 3 ลักษณะหัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$)

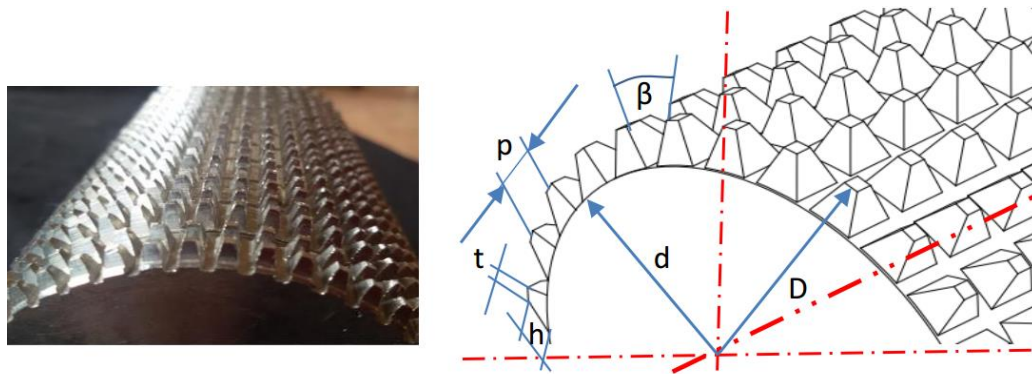
รูปที่ 2 แสดงหัวรีดแบบเกลียว ซึ่งนิยมใช้กันทั่วไปในเกษตรกร รายย่อยและโรงงานอุตสาหกรรมเนื่องจากง่ายในการขึ้นรูป โดยการ ดึงอ้อยเข้าสู่หัวรีดจะอยู่ในแนวแนวตั้งฉากกับแนวแกน

รูปที่ 3 แสดงหัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) ซึ่งเป็นหัวรีดที่ใช้มาก ที่สุดตามท้องตลาดและสะดวกในการขึ้นรูป การดึงอ้อยเข้าจะขนาน กับแนวแกนกากอ้อย

รูปที่ 4 แสดงหัวรีดแบบตัววี ซึ่งใช้กันทั่วไปตามโรงงาน อุตสาหกรรม ขึ้นรูปได้ยาก และการดึงอ้อยเข้าตั้งฉากและเอียง 25 องศา กับแนวแกนกากอ้อย โดยในรูปที่ 5 แสดงหัวรีดแบบปิรามิด พบ การใช้ตามท้องตลาดบ้างเล็กน้อย มีการขึ้นรูปได้ยาก การดึงอ้อยเข้า ตั้งฉากกับแนวแกนร่อนฟัน ในการออกแบบกำหนดให้อัตราส่วน h เท่ากับ 1:10 และ t เท่ากับ 1:2



รูปที่ 4 ลักษณะหัวรีดแบบวี

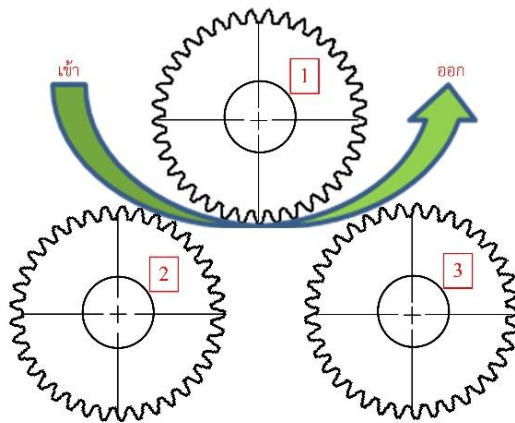


รูปที่ 5 ลักษณะหัวรีดแบบปิรามิด

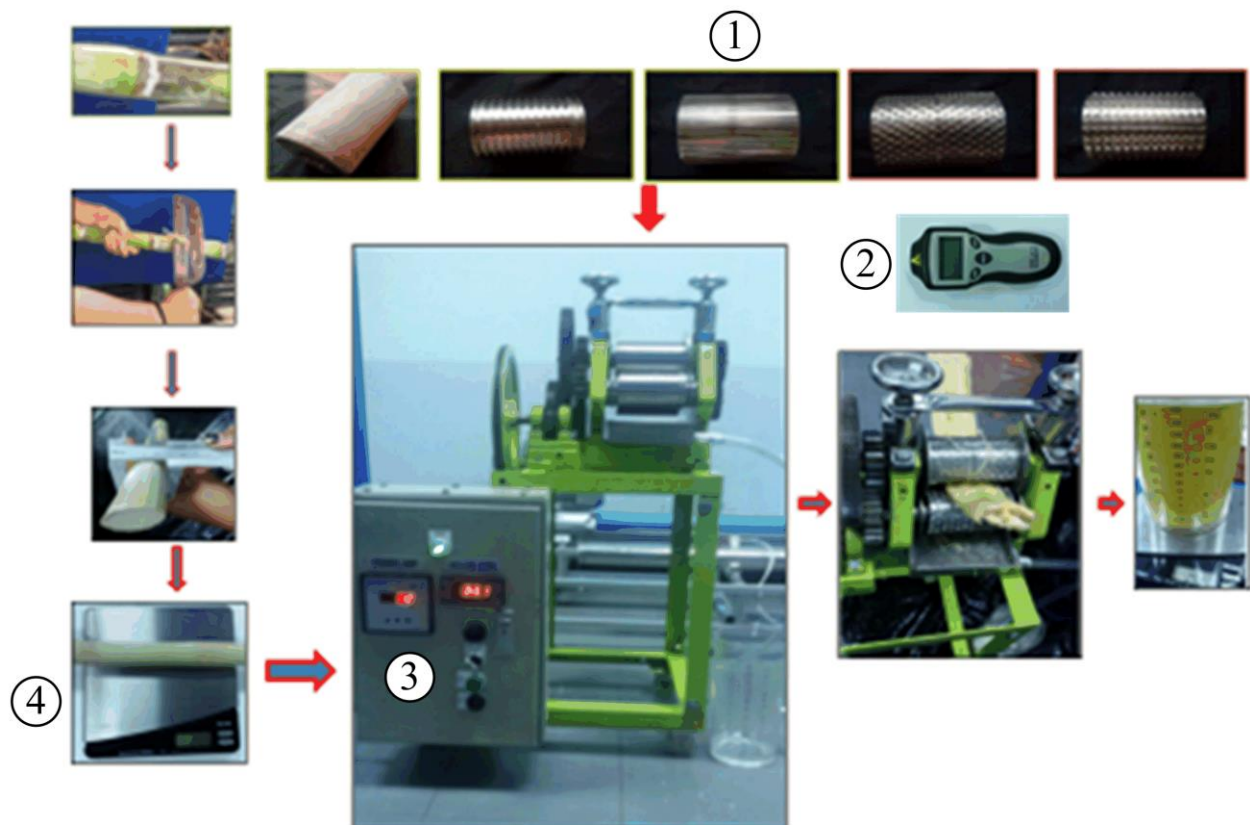
ชุดลูกรีดจะประกอบไปด้วยลูกรีดทั้งหมด 3 ลูก มีลักษณะการจัดเรียงเป็นสามเหลี่ยม โดยมีหัวรีด 1 ลูกอยู่ข้างบน (Top roller) และอีก 2 ลูกเป็นฐานอยู่ด้านล่างคือลูกรีดป้อน (Feed roller) และลูกรีดส่ง (Delivery roller) ซึ่งขณะที่ป้อนวัตถุดิบเข้าสู่กระบวนการรีดนั้นลูกรีดป้อนจะทำหน้าที่ดึงอ้อยเข้าเพราะมีร่องฟันที่หยาบกว่าลูกรีดอื่น (ระยะพิตช์มากที่สุด) โดยมากกว่าลูกรีดส่ง 2 เท่า เพื่อลดแรงต้านเริ่มต้นที่เกิดจากขนาดของวัตถุในการรีดครั้งแรก ซึ่งร่องฟันของลูกรีดส่งจะละเอียดที่สุด (ระยะพิตช์น้อยที่สุด) เพื่อรับการดึงส่งของ

ลูกรีดตัวบนและเพื่อให้การรีดออกมาได้ดังรูปที่ 6

จากลูกรีดแต่ละนั้นลูกรีดตัวบนจะมีขนาดของเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) เท่ากับ 76 มิลลิเมตร ยาว (L) เท่ากับ 120 มิลลิเมตร และส่วนชุดล่าง 2 ตัว มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง (D) เท่ากับ 72 มิลลิเมตร ยาว (L) เท่ากับ 115 มิลลิเมตร โดยตัวแปรระยะพิตช์ (p) เส้นผ่านศูนย์กลางร่องฟัน (d) จำนวนฟัน (N) ความสูงเกลียว (h) ปลายตัด (t) และมุมองศาการเอียง (β) จะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับแบบและตำแหน่งหน้าที่ของหัวรีดดังแสดงค่าไว้ข้างต้น



ทิศทางการเคลื่อนที่ของขานอ้อยและตำแหน่งการติดตั้งชุดลูกรีด



รูปที่ 6 ชุดอุปกรณ์การทดลองประกอบด้วยส่วนหลักคือ (1) หัวรีด (Milling roller) (2) เครื่องวัดความเร็วรอบ (Tachometer) (3) ชุดควบคุมไฟฟ้า และ (4) เครื่องชั่งน้ำหนัก

2.2 การทดลอง

2.2.1 การหาความเร็วรอบของหัวรีดบน

การหาความเร็วรอบของหัวรีดบนสามารถทำได้โดยการปรับความเร็วรอบของมอเตอร์ด้วยอินเวอร์เตอร์และวัดค่าความเร็วรอบของหัวรีดบนด้วย Tachometer โดยทำการติดแผ่นโลหะไว้ตรงกลางหัวรีด จากนั้นนำไปหาความสัมพันธ์ ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์ กับความเร็วรอบของหัวรีดบน ดังแสดงในรูปที่ 7 โดยที่ความเร็วของมอเตอร์เท่ากับ 45, 60, 70 และ 85 rpm จะได้ความเร็วรอบของหัวรีดบนเท่ากับ 15, 20, 25 และ 28 rpm โดยในการทดสอบมีค่าความแม่นยำของเครื่อง Tachometer อยู่ที่ $\pm 5\%$ และเปอร์เซ็นต์ความคลาดเคลื่อนของอัตราการรีดน้ำอ้อยอยู่ที่ $\pm 3.5\%$

2.2.2 การหาอัตราการรีดน้ำอ้อยและกำลังงานที่ใช้

ทำการทดลองโดยใช้อ้อยพันธุ์สุพรรณบุรี 50 โดยปอกเปลือกและมีเส้นผ่าน 30 มิลลิเมตร ยาว 700 มิลลิเมตร มีจำนวน 4 - 5 ลำที่น้ำหนักเท่ากับ 2000 กรัม ในการทดสอบเริ่มการรีดน้ำอ้อยโดยปรับตั้งค่าความเร็วรอบของหัวรีดบนเป็น 15, 20, 25 และ 28 rpm ต่อ 1 แบบชุดหัวรีด และบันทึกค่ากระแสไฟฟ้าที่ตู้ควบคุมไฟฟ้าขณะทำการรีดน้ำอ้อย เพื่อนำไปหากำลังงานที่ใช้ในการรีดน้ำอ้อยและทำการทดลองทั้งหมด 4 ครั้งด้วยกัน จากนั้นเปลี่ยนชุดหัวรีดเป็นแบบเฟือง $N = 92$ แบบเกลียว แบบเฟือง $N = 39$ แบบวี และแบบปิรามิด ตามลำดับ

จำนวนฟันหาได้จาก [5, 10]

$$N = \pi D / P \quad (1)$$

$$N = L / P \quad (2)$$

โดยที่

N คือ จำนวนฟัน (ฟัน)

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหัวรีดแบบเฟือง (เมตร)

P คือ ระยะพิทช์หัวรีด (เมตร)

L คือ ความยาวของหัวรีดแบบเกลียว (เมตร)

ปริมาณน้ำอ้อยหาได้จาก

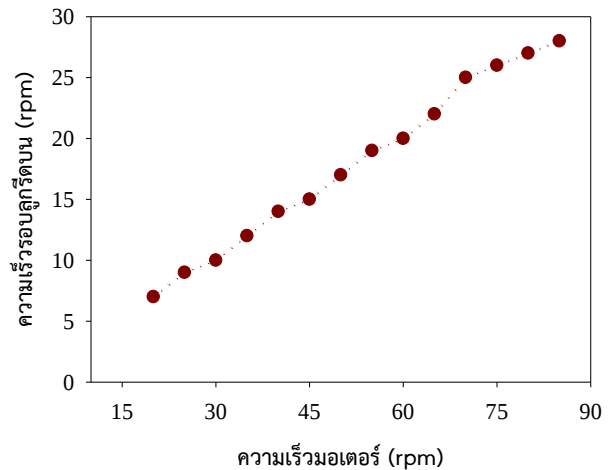
$$m_{vol} = \frac{m_2}{m_1} \times 100 \quad (3)$$

โดยที่

m_{vol} คือ อัตราการรีดน้ำอ้อย (เปอร์เซ็นต์)

m_1 คือ น้ำหนักอ้อยที่ปอกเปลือก (กิโลกรัม)

m_2 คือ น้ำหนักน้ำอ้อยที่รีดได้ (กิโลกรัม)



รูปที่ 7 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบมอเตอร์กับหัวรีดบน

3. ผลการทดลอง

3.1 ลักษณะทางกายภาพของกากอ้อย

จากการรีดที่หัวรีดชนิดต่างๆ จะได้ลักษณะของกากอ้อยที่แตกต่างกันดังตารางที่ 1

3.2 อิทธิพลของหัวรีดต่ออัตราการรีดน้ำอ้อยและความเร็วรอบ

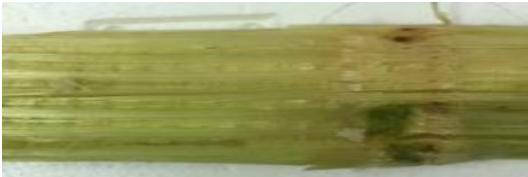
รูปที่ 8(ก) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยกับความเร็วรอบของหัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) จากการทดลองพบว่าในช่วงความเร็วรอบ 20 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 52.46 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วรอบ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 51.45 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วรอบ 15 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 50.3 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงความเร็วรอบ 28 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 50.12 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

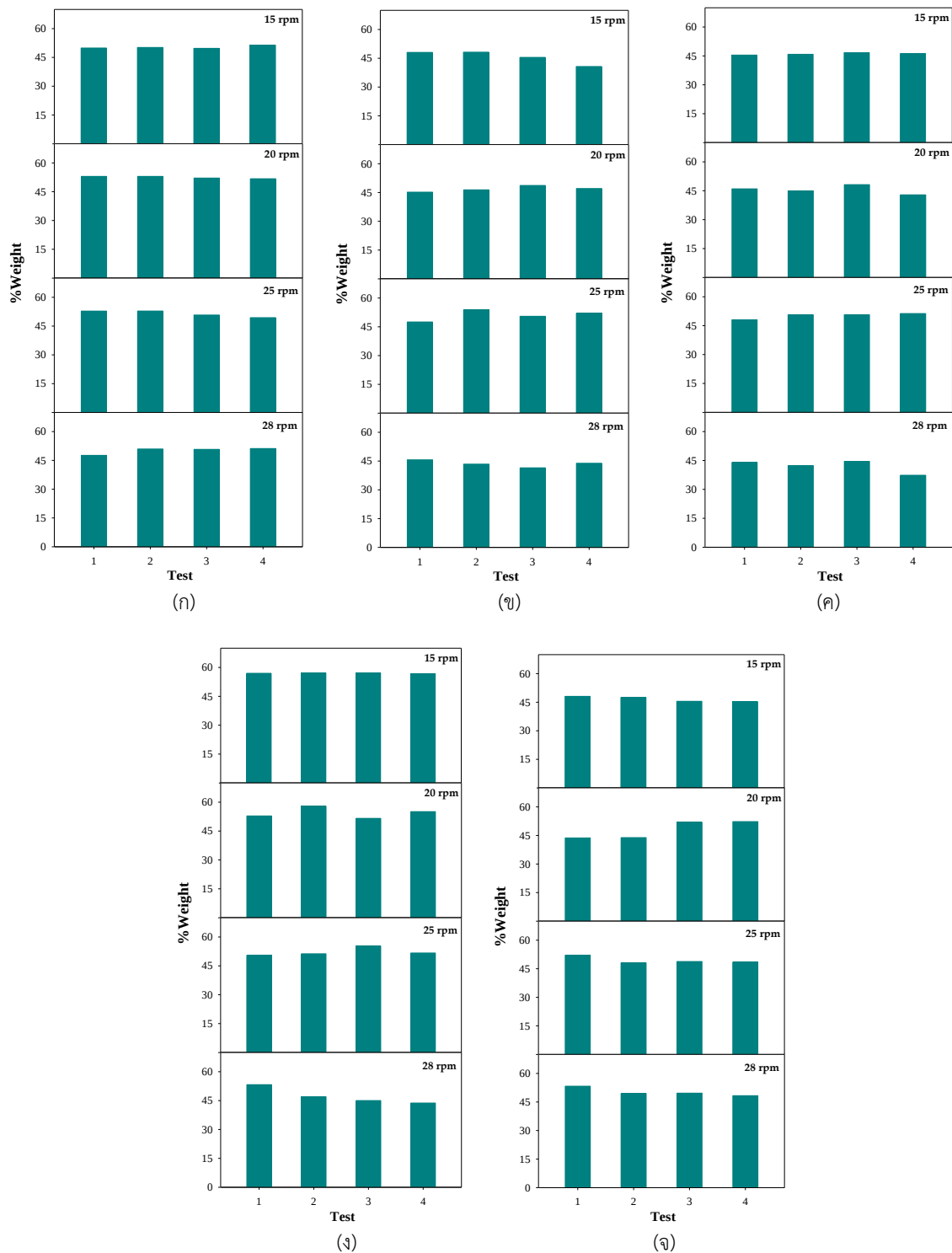
รูปที่ 8(ข) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยกับความเร็วน้ำของหัวรีดแบบเกลียว จากการทดลองพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 51 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 20 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 46.84 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 15 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 45 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงความเร็วน้ำ 28 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 43.6 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในรูปที่ 8(ค) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยกับความเร็วน้ำของหัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) จากการทดลองพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 50.15 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 15 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 46 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 20 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 45.5 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงความเร็วน้ำ 28 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 42.1 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในรูปที่ 8(ง) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยกับความเร็วน้ำของหัวรีดแบบตัววี จากการทดลองพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 15 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 57 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 20 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 54.35 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 52.16 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงความเร็วน้ำ 28 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 47.26 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

รูปที่ 8(จ) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยกับความเร็วน้ำของหัวรีดแบบปิรามิด จากการทดลองพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 28 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 50.19 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 49.36 เปอร์เซ็นต์ ในช่วงความเร็วน้ำ 20 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 47.95 เปอร์เซ็นต์ และในช่วงความเร็วน้ำ 15 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อย 46.59 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

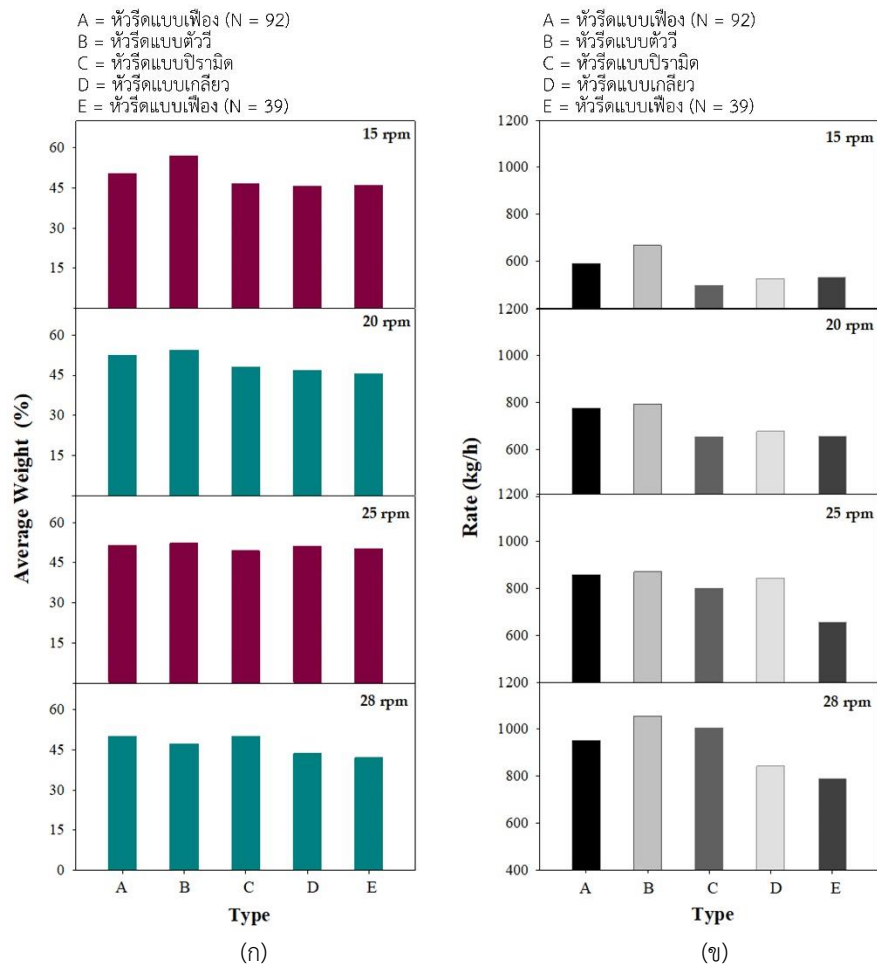
รูปที่ 9(ก) แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยและความเร็วน้ำต่างๆ สำหรับหัวรีดแบบตัววีพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 15 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดเท่ากับ 57 เปอร์เซ็นต์ หัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) พบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 20 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 52.47 เปอร์เซ็นต์ หัวรีดแบบเกลียวพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 51.00 เปอร์เซ็นต์ หัวรีดแบบปิรามิดพบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 28 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 50.19 เปอร์เซ็นต์ และหัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) พบว่าในช่วงความเร็วน้ำ 25 rpm จะได้อัตราการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยสูงสุดถึง 50.15 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ในรูปที่ 9(ข) แสดงการเปรียบเทียบอัตราการรีดน้ำอ้อยต่อเวลา ที่ความเร็วน้ำ เท่ากับ 15, 20, 25 และ 28 rpm พบว่าอัตราการรีดน้ำอ้อยจะสูงขึ้นเมื่อความเร็วน้ำของหัวรีดเพิ่มขึ้น และพบว่าของหัวรีดแบบตัววีให้อัตราการรีดน้ำอ้อยสูงที่สุดทุกความเร็วน้ำของหัวรีด

ตารางที่ 1 ลักษณะทางกายภาพของกากอ้อยเมื่อรีดด้วยหัวรีดต่าง ๆ

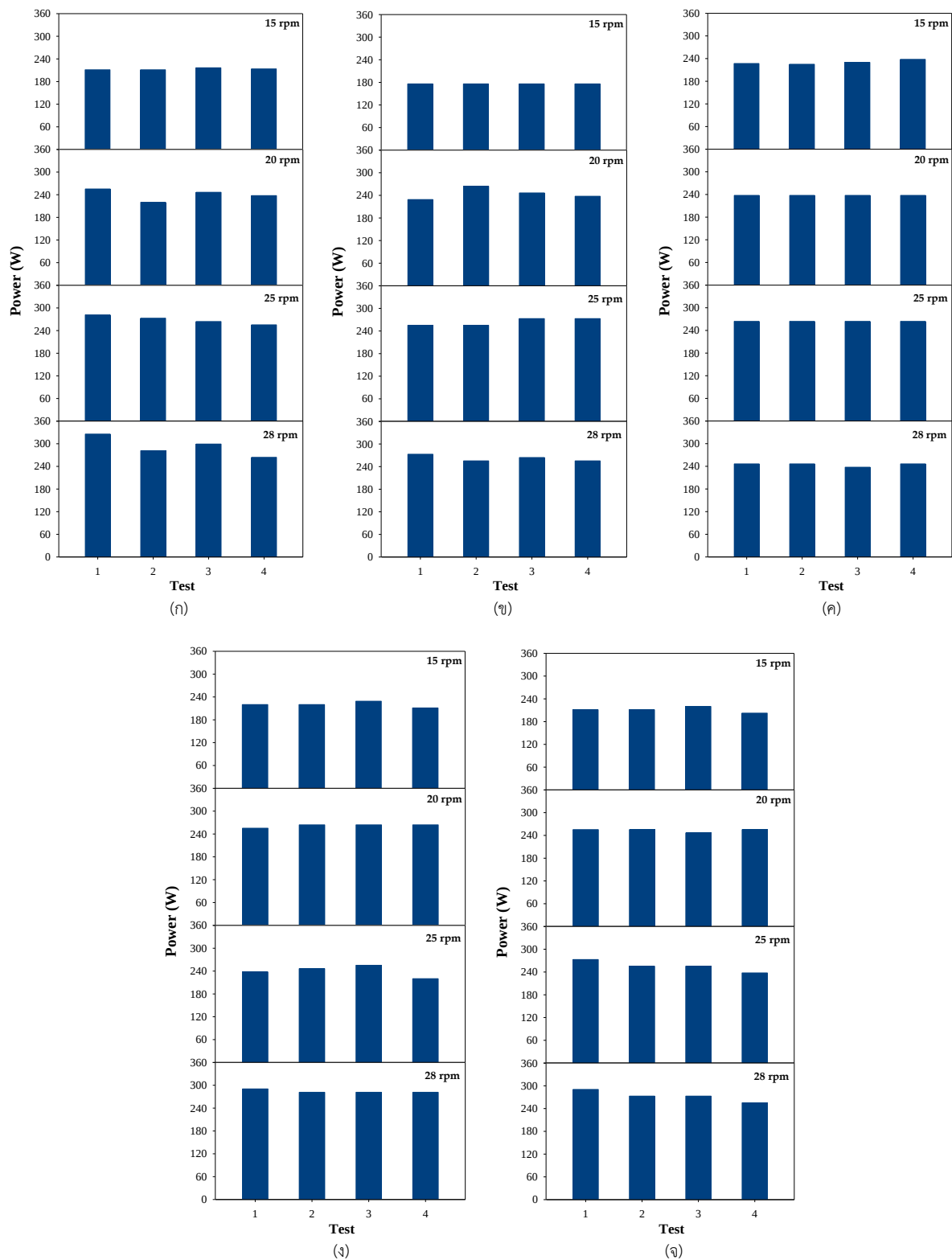
หัวรีด	ลักษณะทางกายภาพของกากอ้อย
หัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) ขณะทำการรีดมีความต่อเนื่องของกากดี กากอ้อยถูกรีดให้แบนและแบนนี้มีลักษณะเป็นร่องฟันเยอะให้น้ำอ้อยออกมาดีขณะเดียวกันก่อให้เกิดแรงต้านทานสูง	
หัวรีดแบบเกลียว ขณะทำการรีดมีความต่อเนื่องของกากดีพอใช้กากอ้อยถูกรีดเป็นลักษณะเป็นแนวตรงกับลำอ้อย และมีลักษณะเป็นร่องฟันห่าง ส่งผลให้ยังมีน้ำอ้อยค้างอยู่ในลำอ้อยสูงยังพบได้อีกว่าแบบนี้ใช้กำลังงานเฉลี่ยต่ำสุด 176 วัตต์	
หัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) ขณะทำการรีดมีความต่อเนื่องของกากดี และกากอ้อยมีลักษณะการแตกของลำอ้อยเล็กน้อย และมีร่องฟันที่ห่างทำให้ยังมีน้ำอ้อยค้างภายในลำอ้อยสูง	
หัวรีดแบบตัววี ขณะทำการรีดมีความต่อเนื่องของกากอ้อยดีมาก และกากอ้อยถูกรีดแบนกระจายลักษณะร่องฟันวัดดผสมแบบเกลียว ทำให้สามารถดึงลำอ้อยได้น้ำอ้อยไหลรวมลงในร่องวีอัตราการรีดได้น้ำออกมาได้ปริมาณมาก	
หัวรีดแบบปริมาตร ขณะทำการรีดมีความไม่ต่อเนื่องของกาก และกากอ้อยถูกรีดลักษณะบดกากอ้อยแตกมาก และยังคงมีน้ำอ้อยค้างภายในลำอ้อยสูง	



รูปที่ 8 อัตราการรีดน้ำอ้อยที่ความเร็วรอบต่าง ๆ สำหรับ (ก) หัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) (ข) หัวรีดแบบเกลียว (ค) หัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) (ง) หัวรีดแบบตัววี และ (จ) หัวรีดแบบปิรามิด



รูปที่ 9 (ก) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยเฉลี่ยของหัวรีดทั้ง 5 แบบ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ และ (ข) ความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการรีดน้ำอ้อยต่อเวลาของหัวรีดทั้ง 5 แบบ ความเร็วรอบต่าง ๆ



รูปที่ 10 กำลังงานที่ความเร็วรอบต่าง ๆ สำหรับ (ก) หัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) (ข) หัวรีดแบบเกลียว (ค) หัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) (ง) หัวรีดแบบตัววี และ (จ) หัวรีดแบบปิรามิด

รูปที่ 11 แสดงการเปรียบเทียบผลการทดลองการใช้กำลังงานที่ใช้กับหัวรีดทั้ง 5 แบบ ที่ความเร็วรอบต่าง ๆ หัวรีดแบบเกลียว ในช่วงความเร็วรอบ 15 rpm จะใช้กำลังงานในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยต่ำสุดที่ 176 วัตต์ สำหรับหัวรีดแบบปิรามิดที่ช่วงความเร็วรอบ 15 rpm จะใช้กำลังงานในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยต่ำสุดที่ 211 วัตต์ สำหรับหัวรีดแบบตัววี ในช่วงความเร็วรอบ 15 rpm จะใช้กำลังงานในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยต่ำสุดที่ 220 วัตต์ สำหรับหัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) ในช่วงความเร็วรอบ 15 rpm จะใช้กำลังงานในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยต่ำสุดที่ 227 วัตต์ และสำหรับหัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$) ในช่วงความเร็วรอบ 15 rpm จะใช้กำลังงานในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยต่ำสุดที่ 230 วัตต์ ตามลำดับ

4. ผลการทดลอง

จากผลการทดลองเพื่อศึกษาอิทธิพลรูปร่างของหัวรีดและความเร็วรอบหัวรีดของเครื่องรีดน้ำอ้อยต่ออัตราการรีดน้ำอ้อยและการใช้กำลังงาน โดยการใช้ข้อค้นพบของสุพรรณบุรี 50 ที่มีเส้นผ่านศูนย์กลาง 20 ถึง 30 มิลลิเมตร และมีอายุ 8 - 9 เดือน โดยมีการใช้หัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$), หัวรีดแบบเกลียว, หัวรีดแบบเฟือง ($N = 39$), หัวรีดแบบตัววี และหัวรีดแบบปิรามิดที่ความเร็วรอบหัวรีดเท่ากับ 15, 20, 25 และ 28 rpm จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ดังนี้

- หัวรีดแบบตัววี ที่ความเร็วรอบ 15 rpm ให้อัตราการรีดน้ำอ้อยสูงสุดเท่ากับ 57 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักอ้อยของอ้อยที่ปอกเปลือกแล้วทั้งหมด และใช้กำลังในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยที่ 220 วัตต์ ในขณะที่ทำการทดลองมีการคายเศษอย่างต่อเนื่องดี
- หัวรีดแบบเฟือง ($N = 92$) พบว่าที่ความเร็วรอบเท่ากับ 20 rpm ให้อัตราการรีดน้ำอ้อยสูงสุดเท่ากับ 52 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักอ้อยของอ้อยที่ปอกเปลือกแล้วทั้งหมด และใช้กำลังในการรีดน้ำอ้อยเท่ากับ 239 วัตต์ ในขณะที่ทำการทดลองมีการคายเศษอย่างต่อเนื่องดีและมีจำนวนฟืนเยอะก่อให้เกิดแรงต้านสูง
- หัวรีดแบบเกลียวให้อัตราการรีดน้ำอ้อยสูงสุดเท่ากับ 51 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักอ้อยของอ้อยที่ปอกเปลือกแล้วทั้งหมดที่ความเร็วรอบที่ 25 rpm และใช้กำลังในการรีด

น้ำอ้อยเท่ากับ 264 วัตต์ ในขณะที่ทำการทดลองมีการคายเศษอย่างต่อเนื่อง

- หัวรีดแบบปิรามิดให้อัตราการรีดน้ำอ้อยสูงสุดเท่ากับ 50 เปอร์เซ็นต์จากน้ำหนักอ้อยของอ้อยที่ปอกเปลือกแล้วทั้งหมดที่ความเร็วรอบที่ 28 rpm และใช้กำลังในการรีดน้ำอ้อยออกจากลำอ้อยที่ 272 วัตต์ ในขณะที่ทำการทดลองมีการคายเศษไม่ต่อเนื่อง
- หัวรีดแบบตัววีให้อัตราการรีดน้ำอ้อยเฉลี่ยสูงกว่าหัวรีดแบบอื่นทุกกรณีเท่ากับ 57 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 15 rpm

เอกสารอ้างอิง

- [1] ประสิทธิ์ ใจคิด, “โครงการจัดทำต้นทุนผลผลิตและถ่ายทอดความรู้เพื่อลดต้นทุนการผลิตอ้อยของเกษตรกรในปีเพาะปลูก 2557/58”, มหาวิทยาลัยขอนแก่น สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, พ.ศ. 2557
- [2] ไสว สุวรรณ, “เครื่องหีบอ้อย”, สำนักงานเกษตรอำเภอบ้านไร่ จังหวัดอุทัยธานี, พ.ศ. 2550
- [3] ศูนย์วิจัยกสิกรรม “มูลค่าทางเศรษฐกิจของอ้อย”, <https://kasikomresearch.com/th คืบคว้า 18/08/2564>.
- [4] J.L. Oliverio, A.C.R.D. Avila, A.N. Faber, P.A. Soares, “Juice extraction systems: Mills and diffusers”, *The Brazilian experience* International Sugar Journal, vol. 116, pp. 190-202, 2014.
- [5] สุนัน ปานสาคร, ชัยรัตน์ หงส์ทอง, “การออกแบบและพัฒนาเครื่องปอกเปลือกและคั่นน้ำอ้อย”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี พ.ศ. 2547
- [6] สมชัย เข้มเจริญ, ประจักษ์ อ่างบุญตา, “เครื่องคั่นน้ำอ้อยสด”, มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี, พ.ศ. 2548
- [7] มงคล กวางวโรภาส, พิมพ์พรรณ ปรีองาม, “เครื่องทำความสะอาดอ้อยชนิดที่ไม่จำเป็นต้องปอกเปลือกและเครื่องรีดน้ำอ้อย”, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, หนังสือพิมพ์คมชัดลึก, พ.ศ. 2552
- [8] สมิต อินทศิริพงษ์, “ต้นแบบระบบผลิตน้ำเชื่อมจากอ้อยแบบเคลื่อนที่สำหรับเกษตรกรรายย่อย”, *การประชุมวิชาการช่วยงานวิศวกรรมอุตสาหกรรม*, 20-21 ตุลาคม พ.ศ. 2554
- [9] J.J. Sanchez, S. Chavarro, “Reducing sugarcane juice reabsorption in sugar mills using mill rolls with internal drains: greater sucrose extraction and lesser moisture in bagasse”, *International Society of Sugar Cane Technologists: Proceedings of the XXVIIIth Congress*, São Paulo, Brazil, pp.

1710-1722, 24-27 June 2013.

- [10] E. Hugot, "Hand book of Cane Sugar Engineering", Elsevier Science; 3rd edition, 1986.



ผศ.ดร. ปรัชญา สาร์วสินธุ์ สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ.2548 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ระดับปริญญา

ปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ.2554 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง และปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ.2562 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำ ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร



รังสรรค์ มาษา สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ.2541 และระดับปริญญาปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ.2560 จากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร และกำลังศึกษาในปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานคร ปัจจุบันดำรงตำแหน่งเป็น

กรรมการผู้จัดการ บริษัท มาซาเอ็นจิเนียริ่งแอนด์คอนสตรัคชั่น จำกัด มีความสนใจงานวิจัยในเรื่อง Food processing และเพิ่มประสิทธิภาพรอบห่วงสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร



รศ.ดร. สมิต์ เอี่ยมสะอาด สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาเอกสาขาวิศวกรรมเครื่องกลจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เริ่มทำงานที่ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีมหานครในปี พ.ศ. 2539 มีความสนใจงานวิจัยในเรื่องเทคนิคการเพิ่มการถ่ายเทความร้อนโดยใช้อุปกรณ์สร้างการไหลหมุนวน งานทางด้านของไหลและความร้อน และงานด้านเทคนิค

visualization ต่าง ๆ



ผศ.ดร. พิทักษ์ พร้อมโรสง สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเครื่องกลในปี พ.ศ. 2554 ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2557 และระดับปริญญาเอก สาขาวิศวกรรมเครื่องกล พ.ศ. 2560 จากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำภาควิชา

วิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยมหาสารคาม มีความสนใจงานวิจัยในเรื่อง Computational Fluid Dynamics และ การเพิ่มการถ่ายเทความร้อนในอุปกรณ์แลกเปลี่ยนความร้อน



เกศมณี บรรทมพร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิศวกรรมเคมี ในปี พ.ศ. 2559 ปัจจุบันกำลังศึกษาอยู่ระดับปริญญาโท สาขาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความสนใจงานวิจัยในเรื่อง การศึกษาลักษณะการอบแห้งและเพิ่มประสิทธิภาพ

อบแห้งสำหรับผลิตภัณฑ์อาหาร



ผศ. ดร.วริสา ชูวัฒนกุล สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรีจากมหาวิทยาลัยมหิดล สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ (หลักสูตรนานาชาติ) คณะวิทยาศาสตร์ ปี พ.ศ. 2548 ระดับปริญญาโทและเอกจาก Graduate School of Engineering, Osaka University ประเทศญี่ปุ่นในปี พ.ศ. 2550 และ 2555 ตามลำดับ ปัจจุบันเป็นอาจารย์ประจำคณะ

วิศวกรรมศาสตร์ ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง มีความสนใจงานวิจัยในเรื่อง Food processing, Drying technology และ Thermal Processing