

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ระบบทำความสะอาดมันเส้น
กิจกรรม : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ระบบทำความสะอาดมันเส้น
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -
3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์มันเส้นที่ได้จากระบบปฏิบัติเดิม
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Study on Physical Property of Cassava Chipped from Current Practice
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน
นายวิบูลย์ เทพนนท์ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายปรีชา อานันท์รัตนกุล กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นางสาวปรีดาวรรณ ไชยศรีชลธาร กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายจิรวีลัส เจียตระกูล กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายประสาท แสงพันธุ์ตา กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
นายวุฒิพล จันทร์สระคู ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

5. บทคัดย่อ :

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมันเส้นในระบบการปฏิบัติเดิม ด้วยการรวบรวมตัวอย่างมันเส้นจากโรงงาน/ลานมันฯต่างๆในแต่ละภูมิภาครวม 10 ราย มาทำการคัดแยกโดยใช้เกณฑ์ขนาดและน้ำหนัก การหาปริมาณสิ่งเจือปน และความเร็วลมต่ำสุดที่จะให้แต่ละส่วนของการคัดแยกลอยตัว สำหรับเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อใช้ในระบบการทำความสะอาดมันเส้น พบว่าขนาดชิ้นมันเส้นมากกว่า 20×20 มม² สัดส่วนระหว่างโรงงาน/ลานมันฯ มีความแปรปรวนสูงมาก แต่มีความเป็นไปได้จะคัดแยกให้เป็นมันเส้นที่ขนาดโตกว่า 4×4 มม² ขึ้นไป เป็นมันเส้นสะอาด ความเร็วลมต่ำสุดในการลอยตัวของเศษลำต้น/เหง้ามันฯ มีแนวโน้มสูงกว่าแรงลอยตัวของชิ้นมันเส้นแต่ไม่มาก มีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้ลมเพื่อการคัดแยกเศษลำต้น/เหง้าทำนองเดียวกับการคัดแยกขนาดที่เล็กกว่า 4×4 มม² (เฉลี่ย 7.13 และ 5.25 m/sec) มี

ความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้ลมเพื่อการคัดแยกเศษลำต้น/เหง้าทำนองเดียวกับการคัดแยกขนาดที่เล็กกว่า 4×4 มม.² แต่การใช้ความเร็วลมที่สูงกว่า เพราะแรงลมที่ต้องการคัดขนาดที่เล็กกว่า 4×4 มม.² และฝุ่นแป้ง ใช้แรงลมเฉลี่ยเพียง 2.08 m/s

Abstract: Study on physical properties of dry cassava chipped was conducted. Sample of dry cassava chipped from 10 manufactures were collected and experiment. Screen and weight Separation was used. The result show that ratio of cassava chipped size over 20×20 mm² was quite high variation. Cassava chipped size over 4×4 mm² is feasible selected to be cleaned cassava chipped. Terminal velocity of material other than cassava chipped is really high than terminal velocity of cassava chipped in general but in less different. Therefore, separation of material other than cassava chipped out of cassava chipped is trend to be used similarly with separation of cassava chipped sized less than 4×4 mm² and cassava starch.

.

6. คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย โดยประเทศไทยผลิตมันสำปะหลังได้เป็นอันดับ 4 ของโลก รองจากประเทศไนจีเรีย บราซิล และอินโดนีเซียแต่เป็นประเทศผู้ส่งออกผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังเป็นอันดับ 1 ของโลก ที่ครองส่วนแบ่งทางการตลาด 70 เปอร์เซ็นต์ มีมูลค่าส่งออกมากกว่า 80,000 ล้านบาทต่อปี และมีพื้นที่ปลูก 8.92 ล้านไร่ เป็นอันดับ 4 รองจากข้าว ข้าวโพด และยางพารา มีผลผลิตรวมทั้งประเทศ 30.56 ล้านตันต่อปี โดยพื้นที่ปลูก 52.96 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ 25.26 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคกลาง และ 21.77 เปอร์เซ็นต์อยู่ในภาคเหนือ (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2560)

ผลิตภัณฑ์จากการแปรรูป ผลผลิตหลักของอุตสาหกรรมแปรรูปมันสำปะหลังของประเทศไทย คือมันเส้น/มันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง เอทานอล และผลิตภัณฑ์ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ เช่น อุตสาหกรรมกระดาษ อุตสาหกรรมนมผง (ผงชูรส กรดไลซีน) และ อุตสาหกรรมอาหาร โดยมีการส่งออกผลิตภัณฑ์หลักมูลค่า 79.9 ล้านบาท (ศูนย์สารสนเทศการเกษตร, 2560)

การแปรรูปหัวมันสำปะหลังสดเป็นผลิตภัณฑ์มันเส้น ยังมีส่วนช่วยในการรักษาเสถียรภาพด้านราคาหัวมันสำปะหลังของประเทศ และเป็นกลไกหนึ่งของรัฐบาลในการช่วยแก้ปัญหาหัวมันสำปะหลังสดมีราคาตกต่ำให้เกษตรกร ด้วยการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์มันเส้นแล้วรอจำหน่ายในช่วงเวลาที่มีราคาเหมาะสม เป็นการช่วยลดการเสียโอกาสการใช้ที่ดินและเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร โดยเฉพาะในเขตที่มีพื้นที่ปลูกไม่มาก พื้นที่ปลูกมันสำปะหลังใหม่ ในเขตที่มีปัญหาไม่มีแหล่งรับซื้อที่เกษตรกรจะต้องรีบเก็บเกี่ยวและขาย

ปัจจุบันการผลิตมันเส้นของประเทศไทยพบทั้งการสับด้วยมือ และสับด้วยเครื่องสับหรือไม่เป็นมันเส้น แต่ส่วนใหญ่เป็นการสับเป็นมันเส้นด้วยเครื่อง แล้วนำไปตากแดด 2-3 วัน พร้อมต้องมีการพลิกกลับเป็นระยะๆ

ตลอดช่วงการตกแห้ง แต่ปัจจุบันยังเครื่องสับมันเส้นที่ใช้อยู่ทั่วไปยังไม่มีเทคโนโลยีที่เหมาะสม ขึ้นมันที่ได้จากการใช้เครื่องสับมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำแห้ง หรือตากแห้ง เกิดการสูญเสียเนื่องจากการป่นเป็นฝุ่นผงในกิจกรรมการพลิกกลับ เกิดการปนของดิน ส่วนของเหง้าและสิ่งเจือปนอื่นๆ อีกมาก จัดเป็นมันเส้นคุณภาพไม่ดี ไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง เช่นเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ มันเส้นอัดเม็ด หรือเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ จำเป็นต้องมีการจัดการเพิ่มเติม อาทิ ทำการคัดแยก และทำความสะอาดอีกครั้ง ซึ่งเป็นการเพิ่มขึ้นต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้มันเส้นคุณภาพไม่ดียังส่งผลให้การส่งออกมีแนวโน้มลดลง แม้ความต้องการนำเข้าจากจีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก็ตาม อีกทั้งพบว่าไทยมีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการส่งออกมากขึ้น เนื่องจากประเทศเพื่อนบ้านมีการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้น สามารถผลิตมันเส้นสับมือที่มีลักษณะสวยงาม และสะอาดกว่าของไทยมาก เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่องแรงงาน ผู้ส่งออก รวมถึงผู้ส่งออกไทยจะเข้าไปซื้อแล้วส่งออก หรือลักลอบนำเข้าแล้วส่งออกมันเส้นเหล่านี้ก่อน และจะส่งออกมันเส้นของไทยภายหลัง ประกอบกับสามารถส่งออกได้ในราคาที่ต่ำกว่าเนื่องจากต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ทำให้ไทยขาดศักยภาพในการแข่งขันด้านราคา ส่งผลต่อเสถียรภาพ และระดับราคาซื้อขายหัวมันสำปะหลังสดจากเกษตรกรในประเทศระดับหนึ่ง

การที่ไทยจะทำมันเส้นสับมือ หรือทำรูปลักษณะในทำนองเดียวกันกับประเทศเพื่อนบ้าน เพื่อให้มีศักยภาพในการแข่งขันทางการตลาดนั้นคงเป็นไปได้ เนื่องจากไทยมีการผลิตและแปรรูปในปริมาณมาก ประสบปัญหาการขาดแคลนแรงงาน มีค่าจ้างแรงงานสูง ทำให้ต้นทุนการแปรรูปสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาตลาดมันเส้นสำหรับกลุ่มผลิตอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศ และตลาดส่งออกที่เป็นคู่ค้าเดิม ซึ่งยังมีความต้องการมันเส้นอยู่มากนั้น มีความจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์มันเส้น หรือให้เป็นมันเส้นสะอาดอย่างแท้จริง หรืออย่างน้อยได้ตามเกณฑ์มาตรฐานมันเส้นเพื่อการส่งออกของกรมการค้าต่างประเทศกันว่าเป็นการเพียงพอ และจากข้อจำกัดในกระบวนการทำมันเส้น ตั้งแต่ขั้นตอนการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสดจนได้มันเส้นนั้น ยังคงขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการ เช่นเครื่องทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสด เครื่องสับหัวมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการที่จะทำได้ขนาดของมันเส้นสม่ำเสมอ ซึ่งอยู่ระหว่างการวิจัยและพัฒนาของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และหน่วยวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการพัฒนา มันเส้นสะอาดจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน ดังนั้นในเบื้องต้นมีความจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการทำความสะอาดมันเส้นที่ได้จากระบบปฏิบัติเดิมอีกครั้ง เพื่อให้เป็นมันเส้นสะอาดตามต้องการก่อนจำหน่ายจะช่วยเพิ่มมูลค่าการจำหน่าย รวมถึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน ในการส่งออกมันเส้นอีกทางหนึ่งด้วย ซึ่งจากการตรวจสอบเอกสารไม่พบว่ามีงานวิจัยเกี่ยวข้องในการพัฒนา มันเส้นที่ได้จากระบบการแปรรูปเดิมให้เป็นมันเส้นสะอาด แต่จากการสำรวจพบว่า มีผู้ประกอบการผลิตมันเส้นรายใหญ่ 1 ราย และเป็นผู้มีบทบาทสำคัญของการตลาดหัวมันสำปะหลังของประเทศ ได้มีการพัฒนาระบบทำความสะอาดมันเส้น จากระบบปฏิบัติเดิมให้เป็นมันเส้นสะอาด แล้วทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องตลาดจำหน่ายถึงไม่พอจำหน่าย และมีรายได้จากมูลค่าผลิตภัณฑ์เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 15 อีกทั้งผู้ประกอบการรายดังกล่าวได้แจ้งว่ามีการเผยแพร่เทคโนโลยีนี้เป็นสาธารณะอย่างเปิดเผยแต่ไม่ได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการรายอื่นเท่าที่ควร จึงเสมือนว่าเป็นรายเดียวของประเทศไทยที่ดำเนินการในขั้นตอนนี้ โดยให้เหตุผลว่าผู้ประกอบการรายอื่นต่างประสบปัญหาคุณภาพมันเส้นเช่นกัน เพียงแต่

ยังไม่ต้องการลงทุนเพิ่ม และผู้ประกอบการรายเดิมยังได้กล่าวว่าในระยะเวลาอันใกล้จะเริ่มประสบปัญหาการจำหน่ายทั้งในประเทศและการส่งออกอย่างมากขึ้น อันเนื่องจากการปริมาณการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น และการไม่มีข้อจำกัดในเรื่องแรงงานของประเทศเพื่อนบ้าน รวมถึงกรณีการที่ประเทศไทยจะเข้าสู่ AEC ผู้ประกอบการไทยจะมีศักยภาพในการแข่งขันต่ำ ซึ่งสอดคล้องกับการตรวจเอกสารและการวิเคราะห์ของคณะผู้วิจัยและจัดทำข้อเสนอโครงการนี้ และเมื่อมีศักยภาพการแข่งขันทั้งภายในประเทศและเพื่อการส่งออกต่ำ จะส่งผลต่อปริมาณการส่งออกและการบริโภคภายในประเทศ ทำให้ราคารับซื้อหัวมันสำปะหลังสดต่ำลง กระทบต่อรายได้ของเกษตรกร เป็นปัญหาของประเทศและต่อการผลิตมันสำปะหลังของประเทศ ดังนั้นคณะผู้วิจัย ผู้ประกอบการผลิตมันเส้นบางส่วนและผู้ประกอบการที่ใช้วัตถุดิบในการผลิตจากมันเส้นสะอาด มีความเห็นร่วมกันว่าในเบื้องต้นผู้ประกอบการไทยต้องมีการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ และยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์มันเส้นของไทยให้สูงขึ้นทั้งระบบ เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน เป็นการปกป้องและยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกมันสำปะหลังของประเทศ ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรหลังการเก็บเกี่ยว และการเพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูปตลอดห่วงโซ่การผลิตควรได้รับการวิจัยและพัฒนา แต่เนื่องจากการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาการขาดแคลนเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในกิจกรรมหลังการเก็บเกี่ยวอยู่ระหว่างดำเนินการ และยังไม่ประสบผลสำเร็จ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาเฉพาะหน้าด้วยการผลิตมันเส้นสะอาดจากมันเส้นที่มีระบบการผลิตในปัจจุบันด้วยระบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ต่างๆซึ่งเป็นวัตถุประสงค์ของโครงการวิจัยนี้ โดยในกระบวนการออกแบบและพัฒนาจำเป็นต้องมีข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ แต่ไม่พบว่ามีการศึกษามาก่อน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงเป็นการศึกษาถึงคุณสมบัติทางกายภาพของมันเส้นที่มีการผลิตการผลิตอยู่ในปัจจุบัน เพื่อเป็นข้อมูลในการออกแบบระบบทำความสะอาดดังกล่าว

7. วิธีดำเนินการ :

อุปกรณ์ :

- เครื่องจักรและอุปกรณ์โรงงานต่างๆ ในการสร้างชุดทดสอบ และเครื่องต้นแบบ
- เครื่องต้นกำลัง และเครื่องมือวัดต่างๆ อาทิ มอเตอร์ต้นกำลัง Electrical Inverter เกียร์ทดเครื่องวัดรอบ เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า
- เครื่องชั่ง เครื่องวัดความเร็วลม และอุปกรณ์ในการทดสอบ ทดลองต่างๆ
- เครื่องคัดแยกเมล็ดโดยใช้แรงลม นำมาประยุกต์ใช้เพื่อการวัดความเร็ววิกฤต

วิธีการ :

เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์สำหรับระบบการทำความสะอาดมันเส้น มีวิธีดำเนินการศึกษาดังนี้

1. สุ่มเก็บตัวอย่างผลิตภัณฑ์มันเส้นจากโกดังเก็บมันเส้น หรือลานตากของผู้ประกอบการผลิตมันเส้น โกดัง/ลานมันเส้นต่าง ๆ ที่กระจายอยู่ในแต่ละภูมิภาคของประเทศ ซึ่งพิจารณาสุ่มเก็บตัวอย่างมันเส้นโกดัง/ลานมันที่เป็นสมาชิกชมรมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลังภาคตะวันออกเฉียงเหนือ โดยมีขนาดตัวอย่างจากโรงงาน/ลานมันฯละประมาณ 30-50 กิโลกรัม

2. ทำการคัดแยกตัวอย่างมันเส้นที่รวบรวมมาจากข้อ 1 ออกเป็นส่วนๆ ตามลักษณะทางกายภาพ โดยเฉพาะด้านขนาด เพื่อศึกษาสัดส่วนส่วนของขนาดขึ้นมันเส้นขนาดต่างๆ และฝุ่นแป้ง ด้วยหลักการคัดแยกโดยขนาดและน้ำหนัก จากนั้นคัดแยกเพื่อศึกษาปริมาณเศษสิ่งเจือปนอื่นที่ไม่ใช่ขึ้นมันเส้นของแต่ละขนาดขึ้นมันเส้นที่คัดแยก อาทิเศษลำต้น ขึ้นส่วนเหง้ามันฯ และอื่นๆ แล้วศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพที่สำคัญในการคัดแยกด้วยลม เพื่อให้ได้ข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญเพื่อการพิจารณาเลือกใช้วิธีการคัดแยก และออกแบบเครื่องจักร และอุปกรณ์ในระบบการทำความสะอาดมันเส้นที่เหมาะสม โดยมีรายละเอียดวิธีดำเนินการดังนี้

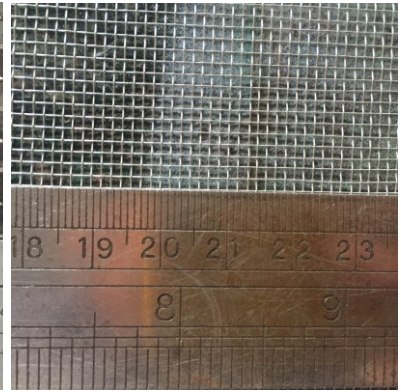
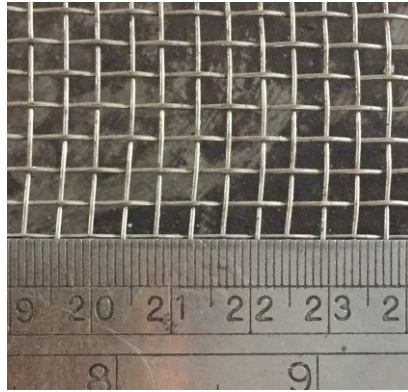
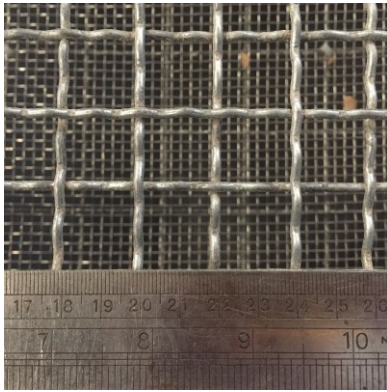
2.1 การคัดแยกด้วยขนาดและน้ำหนัก ดำเนินการโดย ออกแบบสร้างชุดทดสอบเป็นแบบตะแกรงโยกจำนวน 3 ชั้น ที่โยกด้วยความเร็วรอบหมุนลูกเบี้ยวตะแกรง 1,440 รอบ/นาที ระยะชัก 15 ซม. (รูปที่ 1) แต่ข้อของการคัดแยกใช้น้ำหนักตัวอย่างมันเส้น 10 กิโลกรัม ตะแกรงโยกดังกล่าวมีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน 3 ขนาด (รูปที่ 2) เพื่อแยกมันเส้นออกเป็นขนาดต่างๆ จำนวน 4 กลุ่ม คือ 1) ขนาดมากกว่า 20×20 มม.² 2) ขนาดมากกว่า 4×4 มม.² 3) ขนาดมากกว่า 2×2 มม.² 4) ขนาดเล็กกว่า 2×2 มม.² หรือเป็นฝุ่นแป้ง ทั้งนี้ที่พิจารณาแยกเป็นสัดส่วนขนาดตั้งแต่ขนาด 20×20 มม.² ลงมานั้น เนื่องจากพิจารณาเห็นว่าเป็นขนาดขึ้นมันเส้นที่โตกว่านี้จัดเป็นขนาดขึ้นมันเส้นที่เหมาะสมทั่วไป

2.2 การคัดแยกสิ่งเจือปน ดำเนินการคัดแยกโดยใช้สายตาเพื่อคัดแยกกระหว่างส่วนของขึ้นมันเส้นส่วนของลำต้น ส่วนของเศษเหง้า และสิ่งเจือปนอื่นๆ โดยปัจจัยเหล่านี้จัดเป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณภาพมันเส้น โดยเฉพาะการนำมันเส้นไปใช้เพื่อเป็นอาหารสัตว์

2.3 การคัดแยกโดยใช้แรงลม จัดเป็นการคัดแยกตามเกณฑ์น้ำหนักของ ทั้งนี้เพื่อเป็นการศึกษาความเป็นได้ถึงการประยุกต์ใช้ลมเพื่อการคัดแยกตามขนาดและน้ำหนัก สิ่งเจือปน และฝุ่นแป้ง นั่นคือภายหลังจากได้ตัวอย่างตามข้อ 2.1. และ 2.2 แล้ว จะมีการนำมาทดสอบหาแรงลอยตัวของวัสดุ หรือความเร็วลมที่ทำให้วัสดุลอยตัว ซึ่งจัดเป็นความเร็วลมขั้นต่ำที่ต้องการในการที่จะทำให้วัตถุนั้นๆ ลอยตามลมได้ ดำเนินการโดยการประยุกต์ใช้เครื่องคัดขนาดเมล็ดพืชขนาดเล็ก (รูปที่ 3) ที่สามารถปรับความเร็วลมได้ เพื่อให้ทราบว่าความเร็วลมขั้นต่ำที่ต้องการสำหรับแต่ละกลุ่มขนาดขึ้นมันเส้น สิ่งเจือปน เป็นเท่าไร เพื่อเป็นข้อมูลพื้นฐานในการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบการทำความสะอาดมันเส้นต่อไป



รูปที่ 1 ตะแกรงโยก 3 ชั้น ที่สามารถคัดแยกขนาดได้เป็น 4 ขนาด



(ก) ขนาดรูตะแกรง 20 x 20 มม.² (ข) ขนาดรูตะแกรง 4 x 4 มม.² (ค) ขนาดรูตะแกรง 2 x 2 มม.²

รูปที่ 2 ขนาดรูตะแกรงของตะแกรงโยก



รูปที่ 3 ประยุกต์ใช้เครื่องคัดขนาดเมล็ดพืชขนาดเล็กในการวัดแรงลอยตัวของชิ้นมันเส้น และวัสดุเจือปน

3. วิเคราะห์ข้อมูลและเขียนรายงาน การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อพิจารณาจัดกลุ่มขนาดชิ้นมันเส้น และค่าข้อมูลพื้นฐานสำหรับเป็นแนวทางในการออกแบบเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบการทำความสะอาดมันเส้นต่อไป

- เวลาและสถานที่:

ระยะเวลา ตุลาคม 2558 – กันยายน 2559

สถานที่ ตัวอย่างมันเส้นรวบรวมจากลานตากมันเส้นภาคกลาง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ และภาคเหนือ แล้วมาทำการศึกษา ณ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม

8. ผลการทดลองและวิจารณ์ :

- 8.1 การรวบรวมตัวอย่าง ได้ตัวอย่างมันเส้นจากระบบการปฏิบัติปัจจุบันจากโรงงาน/ลานมันฯ รวมทั้งสิ้น 10 โรงงาน/ลานมันฯ ชื่อโรงงาน/ลานมันฯดังแสดงในตาราง ผ 1 (ภาคผนวก) เพื่อนำมาทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ อย่างไรก็ตามจากการประเมินด้วยสายตา พบว่าแต่ละตัวอย่างที่เก็บรวบรวมมานั้นมีขนาดหลากหลาย และมีส่วนของวัตถุเจือปน อาทิ เศษต้นมันฯ เหง้ามัน ดิน และอื่นๆในปริมาณที่มากพอสมควร (รูปที่ 4)



ตัวอย่างจากลานตากมันฯที่ 1



ตัวอย่างจากลานตากมันฯที่ 2

รูปที่ 4 มันเส้นที่สุ่มเก็บตัวอย่างมากจากลานตากมันเส้น ก่อนการคัดแยกขนาด

- 8.2 การคัดแยกด้วยขนาดและน้ำหนัก ภายหลังจากคัดแยกด้วยตะแกรงโยก จะได้คุณสมบัติทางกายภาพตามขนาดและน้ำหนักมันเส้นพร้อมวัสดุปลอมปนอื่นๆ จำนวน 4 ขนาด คือ 1) ขนาดมากกว่า 20 x 20

มม.² 2) ขนาดมากกว่า 4 x 4 มม.² 3) ขนาดมากกว่า 2 x 2 มม.² 4) ขนาดเล็กกว่า 2 x 2 มม.² หรือเป็นฝุ่นแป้ง
 ดังรูปที่ 5 และตารางที่ 1



ตะแกรงชั้นที่ 1 (ขนาดโตกว่า 20 x 20 มม.²)



ตะแกรงชั้นที่ 2 (ขนาดโตกว่า 4 x 4 มม.²)



ตะแกรงชั้นที่ 3 (ขนาดโตกว่า 2 x 2 มม.²)



ถาดล่างสุด (ขนาดเล็กกว่า 2 x 2 มม.²)

รูปที่ 5 ลักษณะทางกายภาพมันเส้นจากการแยกด้วยตะแกรงร้อน 3 ขนาด

จากผลการคัดแยกโดยใช้เกณฑ์ขนาดและน้ำหนัก ดังรูปที่ 5 ตารางที่ 1 และ ตารางที่ ๒ จะพบว่า สัดส่วนของขนาดของชิ้นส่วนมันเส้นแต่ละโรงงาน/ลานตากมันเส้นมีความแปรปรวนมาก โดยขนาดชิ้นมันเส้นที่ โตกว่า 20 x 20 มม.² อยู่ในช่วง 23.84 – 50.84% และขนาดซึ่งจะเห็นได้ว่าสัดส่วนชิ้นมันเส้นมันเส้นขนาดใหญ่

มีปริมาณค่อนข้างต่ำกว่า 4×4 มม.² อยู่ในช่วง 33.84 – 49.84% ที่เหลือเป็นส่วนที่ขนาดเล็กกว่า 4×4 มม.² ซึ่งจำเป็นต้องคัดออกไปขายในรูปของผงแป้ง นั่นคือหากจะคัดแยกให้เป็นมันเส้นสะอาดดีที่สุดควรจะเป็นขนาดที่โตกว่า 20×20 มม.² หรือในกลุ่มที่คุณภาพต่ำลงมาระดับหนึ่ง หรือมีราคาจำหน่ายที่ถูกลง คือ ขนาด 4×4 มม.² ขึ้นไป

จากร้อยละของขนาดขึ้นมันเส้นที่เก็บรวบรวมมาจากมีโรงมัน/ลานมันต่างๆ มีความแปรปรวนมาก ดังกล่าว อาจเนื่องมาจากประสิทธิภาพของเครื่องจักรในการสับหั่นมันให้เป็นมันเส้น และการจัดการในการตาก ที่ส่งผลถึงขนาดขึ้นมันเส้นที่ลดลง ดังนั้นหากโรงงาน/ลานมันจะทำการคัดแยกทำเป็นมันเส้นสะอาด จะมีศักยภาพในการทำได้เพียงบางโรงงาน/ลานมันเท่านั้น รวมถึงจะต้องไปให้ความสำคัญกับการสับเป็นมันเส้น และการจัดการในการตาก ให้มีความเสียหายเนื่องจากการทำให้เป็นขึ้นมันเส้นที่มีขนาดเล็กหรือการปนเป็นแป้งลง

ตารางที่ 1 ร้อยละโดยน้ำหนัก ของขนาดมันเส้นที่เหลือค้ำบนตะแกรงชั้นต่างๆ จากมันเส้นตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาจากผู้ประกอบการผลิตมันเส้นที่แตกต่างกัน

โรง/ลานมัน ๆ	ตะแกรงชั้นที่ 1 (ขนาดโตกว่า 20×20 มม. ²)	ตะแกรงชั้นที่ 2 (ขนาดโตกว่า 4×4 มม. ²)	ตะแกรงชั้นที่ 3 (ขนาดโตกว่า 2×2 มม. ²)	ถาดรองรับ (ขนาดเล็กกว่า 2×2 มม. ²)
1	44.84	44.84	3.35	6.97
2	50.84	37.17	6.06	5.93
3	49.51	43.83	2.83	3.84
4	28.51	47.18	11.18	13.14
5	35.18	49.84	6.84	8.14
6	41.84	42.51	7.84	7.81
7	29.18	46.51	11.84	12.47
8	23.84	48.51	11.84	15.81
9	45.18	35.18	8.51	11.14
10	40.51	33.84	10.51	15.14
สูงสุด	50.84	49.84	11.84	15.81
ต่ำสุด	23.84	33.84	2.83	3.84
เฉลี่ย	38.94	42.94	8.08	10.04
STD	9.33	5.68	3.33	4.07

8.2 การคัดแยกสิ่งเจือปน

ภายหลังการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้วยการใช้เกณฑ์ขนาดและน้ำหนัก พบว่าส่วนของมันเส้นมีวัสดุเจือปนจำนวนมาก โดยเฉพาะส่วนของเศษลำต้น และเหง้ามัน ในกลุ่มมันเส้นที่มีขนาดโตกว่า 4×4 มม.² (รูปที่ 6) ซึ่งจะส่งผลต่อคุณภาพมันเส้น โดยเฉพาะการจำหน่ายเพื่อเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ อาจไม่มีผู้รับซื้อ หรือจำหน่ายได้ในราคาที่ต่ำ จึงได้ทำการคัดแยกเพื่อศึกษาสัดส่วนการเจือปน และแนวทางในการคัดแยกออก เพื่อเพิ่มมูลค่าผลิตภัณฑ์มันเส้น



มันเส้น (ก)

ส่วนที่เป็นเหง้ามันสำหรับหลัง (ข)

ส่วนของลำต้นและอื่นๆ (ค)

รูปที่ 6 ขนาดมันเส้นที่โตกว่า 4×4 มม.² เมื่อทำการคัดแยกจะพบว่าวัสดุปลอมปน อาทิ ส่วนของต้น เหง้า มันสำหรับหลัง และวัสดุปลอมปนอื่นๆ

ตารางที่ 2 ร้อยละโดยน้ำหนักของสิ่งเจือปนที่ปนอยู่ในมันเส้นขนาดมันเส้นที่เหลือค้ำบนตะแกรงชั้นต่างๆ จากมันเส้นตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาจากผู้ประกอบการผลิตมันเส้นที่แตกต่างกัน

โรง/ลานมันฯ	ตะแกรงชั้นที่ 1 (ขนาดโตกว่า 20 x 20 มม. ²)	ตะแกรงชั้นที่ 2 (ขนาดโตกว่า 4 x 4 มม. ²)
1	0.60	4.40
2	0.20	3.87
3	0.29	4.20
4	0.14	4.43
5	0.21	4.67
6	0.26	4.47
7	0.18	4.60
8	0.17	4.70
9	0.25	3.40
10	0.36	3.10
สูงสุด	0.60	4.70
ต่ำสุด	0.14	3.10
เฉลี่ย	0.26	4.18
STD	0.13	0.55

จากผลการคัดแยก (ตารางที่ 2 และ ตารางที่ ผ 2) พบว่าส่วนของวัสดุเจือปนขนาดใหญ่ที่ปนอยู่ในมันเส้นขนาดโตกว่า 20 x 20 มม.² มีปริมาณน้อยกว่า 1% ส่วนที่ปนอยู่ในมันเส้นขนาดโตกว่า 4 x 4 มม.² มีอยู่ในช่วง 3-5.1% เฉลี่ย 4.18 เปอร์เซ็นต์ นั่นคือหากพิจารณาในภาพรวมจะเห็นว่าสิ่งเจือปนในมันเส้นเกิน 3% หรือเกินมาตรฐานการส่งออก

8.3 การหาแรงลมต่ำสุดในการลอยตัว (Terminal velocity) เพื่อเป็นข้อมูลในออกแบบระบบการคัดแยกโดยใช้แรงลม

จากผลการทดลองเพื่อหาความเร็วลมที่ทำให้มันเส้นเริ่มขยับตัว และแรงลอยตัวของเศษลำต้น/เหง้ามันฯ พบว่าและแรงลอยตัวของเศษลำต้น/เหง้ามันฯ มีแนวโน้มสูงกว่าแรงลอยตัวของชิ้นมันเส้น แต่มีความแตกต่างกันค่อนข้างน้อย แสดงว่ามีความเป็นไปได้ที่จะใช้ลมเพื่อการคัดแยกเศษลำต้น/เหง้ามันฯ โดยใช้แรงลม ทั้งนี้จำเป็นต้องทำการทดลองเพิ่มเติมเพื่อให้ได้ข้อสรุปได้ชัดเจนมากขึ้น ส่วนขนาดที่เล็กกว่า 4 x 4 มม.² สามารถจะประยุกต์ใช้ลมเพื่อการคัดแยกได้

ตารางที่ 3 แรงลมที่ทำให้ขนาดของม้วนเส้นต่างๆ ภายหลังจากคัดแยกมีการเริ่มขยับตัว และลอยตัว

โรงงาน/ ลาน	เข้า	ตะแกรงชั้นที่ 1				ตะแกรงชั้นที่ 2				ตะแกรงชั้นที่ 3		ตะแกรงชั้นที่ 4	
		ชั้นม้วนเส้น		เศษลวดตัน/เหง้า		ชั้นม้วนเส้น		เศษลวดตัน/เหง้า		ชั้นม้วนเส้น	ชั้นม้วนเส้น	ชั้นม้วนเส้น	
		ความเร็วเริ่มขยับ (m/s)	ความเร็วลอยตัว (m/s)	ความเร็วเริ่มขยับ (m/s)	ความเร็วลอยตัว (m/s)	ความเร็วเริ่มขยับ (m/s)	ความเร็วลอยตัว (m/s)	ความเร็วเริ่มขยับ (m/s)	ความเร็วลอยตัว (m/s)	ความเร็วเริ่มขยับ (m/s)	ความเร็วลอยตัว (m/s)	ความเร็วเริ่มขยับ (m/s)	ความเร็วลอยตัว (m/s)
1	1	5.81	10.38	5.21	9.2	3.72	5.81	3.96	6.85	0.55	1.46	0.46	1.29
	2	6.33	10.14	6.73	10.36	3.4	5.95	4.01	7.33	0.46	1.05	0.51	1.32
	3	6.27	7.87	7.66	10.38	3.96	5.65	4.36	8.17	0.54	2.06	0.65	1.28
2	1	6.95	10.31	7.95	8.79	4.53	7.97	4.11	7.14	0.71	1.09	0.51	1.34
	2	4.63	8.93	5.27	9.61	4.27	6.21	3.99	7.26	0.74	2.18	0.42	1.13
	3	4.28	9.82	5.67	9.83	3.11	4.46	3.54	6.97	0.56	1.93	0.36	0.98
3	1	4.35	9.78	5.74	10.56	2.55	5.36	3.12	7.01	0.42	2.31	0.24	1.38
	2	4.96	10.51	5.81	10.27	2.41	4.06	3.92	7.11	0.73	1.9	0.21	0.98
	3	4.88	9.14	5.78	7.94	3.91	6.14	5.58	7.93	0.65	1.25	0.37	1.86
4	1	4.60	7.60	6.45	10.12	3.18	5.17	4.36	6.23	0.81	1.35	0.60	2.10
	2	6.76	9.42	8.59	9.53	3.23	4.90	4.19	6.61	0.56	1.91	0.43	1.52
	3	5.70	8.40	6.81	8.85	2.19	3.53	4.60	7.01	0.43	2.59	0.30	1.85
5	1	7.52	9.14	6.59	10.31	3.74	5.37	3.25	7.85	0.82	1.57	0.56	1.83
	2	6.14	7.86	6.09	9.80	3.29	5.14	3.61	5.49	1.80	2.27	0.73	1.27
	3	4.67	7.77	4.97	9.28	2.89	4.90	5.42	7.10	0.71	2.05	0.46	1.57
6	1	6.50	8.89	7.51	9.36	4.08	5.38	5.60	7.70	0.60	2.19	0.35	1.63
	2	6.32	9.57	7.63	9.32	2.79	4.71	4.80	8.37	0.83	2.15	0.37	1.03
	3	7.10	9.76	6.51	9.63	3.14	4.82	3.77	7.14	0.94	2.17	0.53	1.76
7	1	5.92	9.20	6.40	8.52	2.88	3.61	3.37	6.38	1.20	2.13	0.20	1.36
	2	5.98	8.63	5.98	8.11	2.93	4.13	4.82	5.94	0.90	2.42	0.53	1.14
	3	5.32	7.38	6.62	9.76	3.20	4.84	4.90	6.64	1.20	2.23	0.56	1.05
8	1	5.91	7.83	6.95	10.10	2.99	4.47	5.52	6.65	0.61	2.35	0.57	1.45
	2	5.73	8.03	5.93	9.20	3.20	4.92	4.90	8.65	0.92	2.53	0.42	1.30
	3	6.10	7.54	6.88	9.49	2.38	5.68	3.95	5.96	0.96	2.44	0.53	1.86
9	1	6.00	9.30	7.30	8.35	4.72	7.98	4.30	7.65	0.93	2.72	0.51	1.90
	2	4.47	8.14	6.16	8.85	4.66	7.19	3.83	7.73	0.73	2.80	0.54	1.25
	3	6.64	8.70	7.34	9.32	4.42	5.46	6.04	7.67	0.99	1.73	0.50	2.10
10	1	8.34	9.32	6.80	9.97	1.10	3.39	6.00	8.73	0.63	2.52	0.56	2.26
	2	4.76	8.60	6.97	8.81	1.64	4.91	5.29	6.52	0.65	2.57	0.52	1.65
	3	4.86	9.23	5.68	8.56	3.92	5.38	4.07	6.01	1.47	2.48	0.67	1.91
สูงสุด		8.34	10.51	8.59	10.56	4.72	7.98	6.04	8.73	1.80	2.80	0.73	2.26
ต่ำสุด		4.28	7.38	4.97	7.94	1.10	3.39	3.12	5.49	0.42	1.05	0.20	0.98
เฉลี่ย		5.79	8.91	6.53	9.41	3.28	5.25	4.44	7.13	0.80	2.08	0.47	1.51
STD		1.01	0.91	0.86	0.71	0.87	1.11	0.82	0.82	0.31	0.48	0.13	0.36

หมายเหตุ ตะแกรงชั้นที่ 1 ขนาดม้วนเส้นโตกว่า 20 x 20 มม.², ตะแกรงชั้นที่ 2 ขนาดม้วนเส้นโตกว่า 4 x 4 มม.²

ตะแกรงชั้นที่ 3 ขนาดม้วนเส้นโตกว่า 2 x 2 มม.², ตะแกรงชั้นที่ 4 ขนาดม้วนเส้นโตกว่า 2 x 2 มม.²

9. **สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ** : การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของมันเส้นในระบบการปฏิบัติ เดิม ด้วยการรวบรวมตัวอย่างมันเส้นจากโรงงาน/ลานมันฯต่างๆในแต่ละภูมิภาครวม 10 ราย มาทำการ คัดแยกโดยใช้เกณฑ์ขนาดและน้ำหนัก การหาปริมาณสิ่งเจือปน และความเร็วลมต่ำสุดที่จะให้แต่ละส่วน ของการคัดแยกลอยตัว สำหรับเป็นข้อมูลในการออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์เพื่อใช้ใ้ ระบบการทำความสะอาดมันเส้น พบว่าขนาดชิ้นมันเส้นมากกว่า 20 x 20 มม.2 สัดส่วนระหว่างโรงงาน/ ลานมันฯ มีความแปรปรวนสูงมาก แต่มีความเป็นไปได้จะคัดแยกให้เป็นมันเส้นที่ขนาดโตกว่า 4 x 4 มม. 2 ขึ้นไป เป็นมันเส้นสะอาด ความเร็วลมต่ำสุดในการลอยตัวของเศษลำต้น/เหง้ามันฯ มีแนวโน้มสูงกว่า แรงแลอยตัวของชิ้นมันเส้นแต่ไม่มาก (เฉลี่ย 7.13 และ 5.25 m/sec) มีความเป็นไปได้ที่จะประยุกต์ใช้ลม เพื่อการคัดแยกเศษลำต้น/เหง้าทำนองเดียวกับการคัดแยกขนาดที่เล็กกว่า 4 x 4 มม.2 แต่กาใช้ความเร็ว ลมที่สูงกว่า เพราะแรงลมที่ต้องการคัดขนาดที่เล็กกว่า 4 x 4 มม.2 และฝุ่นแป้ง ใช้แรงลมเฉลี่ยเพียง 2.08 m/s

10. **การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์** : ข้อมูลด้านกายภาพมันเส้นที่ได้รับจะเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญ ซึ่งไม่มี การศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐานมาก่อน ในกิจกรรมวิจัยนี้จะใช้เพื่อการออกแบบระบบการทำความสะอาดมัน เส้น เพื่อให้เป็นมันเส้นสะอาด เป็นการเพิ่มมูลค่ามันเส้นจากระบบการผลิตมันเส้นปัจจุบันให้มีมูลค่าสูงขึ้น นอกจากนี้ข้อมูลพื้นฐานนี้จะเป็นประโยชน์สำหรับการต่อยอดงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการผลิต และการตลาด มันเส้นอีกจำนวนมาก

11. **คำขอบคุณ** : ขอขอบคุณคุณนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ ตลอดจนการ ให้คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณผู้ประกอบการผลิตมันเส้น ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ รวมถึง การอนุเคราะห์ตัวอย่างมันเส้นในรูปแบบใดก็ตาม จนมีตัวอย่างมันเส้นมาทำการศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพ และขอขอบคุณนายกอบชัย ไกรเทพ นายช่างเครื่องกลปฏิบัติการ ลูกจ้างประจำและนายช่างเครื่องกล พนักงานราชการ ที่ช่วยดำเนินการเกือบทุกกิจกรรมสนับสนุนในการดำเนินการวิจัย จนบรรลุวัตถุประสงค์ ของกิจกรรมวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง :

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกล้มสำหรับปลูก. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40น.

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. <http://www.cassava.org>

เจริญศักดิ์ วิจารณ์ฤทธิ์เพชร. 2544. ข้าววิจัยพัฒนา. เติลินิวส์ จันทร์ที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27

- ธีรภัทร ศรีนรคุตร. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม 2545
- วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์. 2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพสทูเดย์. <http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html>
- ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร.
<http://www2.oae.go.th/pdf/commodity.pdf> พฤศจิกายน 2550
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/49. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- กรมการค้าต่างประเทศ. 2547. สถานการณ์มันสำปะหลัง ประจำเดือนกันยายน 2547. แหล่งที่มา :
[http://www.dft.moc.go.th/the_files/\\$8/level4/tapp1.htm](http://www.dft.moc.go.th/the_files/$8/level4/tapp1.htm) ตุลาคม 2547
- กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2548. มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา :
http://www.thaifta.com/ascn_potato1.doc มีนาคม 2548.
- กรมวิชาการเกษตร. 2528. มันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 132-133
- ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และ วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2548. การศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยกสำหรับผลิตชิ้นมันเส้น. การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 ประจำปี 2548 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.
- दनัย สุภาพาร. 2537. พฤษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง. กรมวิชาการเกษตร, กรุงเทพฯ. หน้า 14-30
- ภาคีสุนัยนวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลังมอก. 52-2516.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมันสำปะหลังอัดเม็ดแข็ง. มอก. 330-2523.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2553/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน. 2546. ประวัติและการแพร่กระจายมันสำปะหลัง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. หน้า 4-30

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2554. รายงานประจำปี 2554. นครราชสีมา

เรืองเกียรติ สุภาดารัตนาวงศ์. 2547. เครื่องย่อยวัสดุเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิจิตรพงษ์ศิริ. 2549. การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังด้วยใบมีดหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

Meiyang food machinery co.,ltd. 2012. CHD100 vegetable dicer machine. Source

:<http://www.seekpart.com/company/97204/products/2012528171446123502.html> July 7, 2012

Thanh, N.C., S. Muttamara, B.N. Lohani , B.V.P.C. Rao and S. Burintaratikul 1979.

Optimization of drying and pelleting techniques for tapioca roots. Environmental Engineering division Asian Institute of technology Thailand.

Visvanathan, R., V.V. Sreenarayanan, and K.R. Swaminathan 1996. Effect of knife angle and

velocity on the energy required to cut cassava tubers. Journal of Agricultural Engineering Research Volume 64, p. 99-102.

ภาคผนวก :

ตารางที่ ผ1 รายชื่อโรงงาน/ลานมันสำปะหลังที่ทำการสุ่มตัวอย่างมันเส้นมาทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ

ลำดับที่	ชื่อลานมัน	ที่อยู่		
		ตำบล	อำเภอ	จังหวัด
1	เจริญชัย	หนองอิรุณ	บ้านบึง	ชลบุรี
2	ชัยเรืองกิจ	หนองประดู่	เลาขวัญ	กาญจนบุรี
3	เกียรติอุดมศักดิ์	หนองฝ้าย	เลาขวัญ	กาญจนบุรี
4	สิทธิชัย ลานมัน	หนองประดู่	เลาขวัญ	กาญจนบุรี
5	ลานชัยเจริญ	แม่เจดีย์	เวียงป่าเป้า	เชียงราย
6	ธีรชัย ลานมัน	น้ำรอบ	ลานสัก	อุทัยธานี
7	พัฒนาพานิช	ลานสัก	ลานสัก	อุทัยธานี
8	เจริญชัยพืชผล	โคกเตือ	ไพศาลี	นครสวรรค์
9	สหชัยพืชผล	ทรายขาว	สอยดาว	จันทบุรี
10	วรวัฒน์ ัญญาผล	เทพนิมิตร	โป่งน้ำร้อน	จันทบุรี
11	ลานมันรัตนชัย	วังสมบูรณ์	วังสมบูรณ์	สระแก้ว
12	ตั้งเจริญกิจ	วังท่าช้าง	กบินทร์บุรี	ปราจีนบุรี
13	หจก.ศรีนครรุ่งเรืองการเกษตร	คลองขลุง	คลองขลุง	กำแพงเพชร

ตารางที่ ๗2 ร้อยละโดยน้ำหนัก ของขนาดมันเส้นที่เหลือค้ำบนตะแกรงชั้นต่างๆ จากมันเส้นตัวอย่างที่สุ่มเก็บมา
จากผู้ประกอบการผลิตมันเส้นที่แตกต่างกัน

ตัวอย่างที่ (Code)	ซ้ำ ที่	ตะแกรงชั้นที่ 1 (G1) ขนาดตะแกรง 20 x 20 มม.	ตะแกรงชั้นที่ 2 (G2) ขนาดตะแกรง 4 x 4 มม.	ตะแกรงชั้นที่ 3 (G3) ขนาดตะแกรง 2 x 2 มม.	ชั้นล่างสุด แผ่นทึบ
1	1	41.84	46.84	2.46	8.86
	2	44.84	47.84	3.49	3.83
	3	47.84	39.84	4.09	8.23
เฉลี่ย		44.84	44.84	3.35	6.97
2	1	51.84	35.84	8.26	4.06
	2	53.84	31.84	8.01	6.31
	3	46.84	43.84	1.90	7.42
เฉลี่ย		50.84	37.17	6.06	5.93
3	1	54.84	41.84	1.98	1.34
	2	41.84	46.80	2.94	8.42
	3	51.84	42.84	3.58	1.74
เฉลี่ย		49.51	43.83	2.83	3.84
4	1	27.84	47.84	11.84	12.47
	2	29.84	45.84	11.84	12.47
	3	27.84	47.84	9.84	14.47
เฉลี่ย		28.51	47.18	11.18	13.14
5	1	25.84	51.84	9.84	12.47
	2	39.84	47.84	5.84	6.47
	3	39.84	49.84	4.84	5.47
เฉลี่ย		35.18	49.84	6.84	8.14
6	1	45.84	45.84	3.84	4.47
	2	33.84	43.84	13.84	8.47
	3	45.84	37.84	5.84	10.47
เฉลี่ย		41.84	42.51	7.84	7.81
7	1	27.84	43.84	13.84	14.47
	2	27.84	47.84	11.84	12.47
	3	31.84	47.84	9.84	10.47
เฉลี่ย		29.18	46.51	11.84	12.47
8	1	23.84	47.84	13.84	14.47
	2	21.84	49.84	11.84	16.47
	3	25.84	47.84	9.84	16.47
เฉลี่ย		23.84	48.51	11.84	15.81
9	1	51.84	33.84	3.84	10.47
	2	37.84	39.84	11.84	10.47
	3	45.84	31.84	9.84	12.47
เฉลี่ย		45.18	35.18	8.51	11.14
10	1	41.84	31.84	9.84	16.47
	2	31.84	35.84	15.84	16.47
	3	47.84	33.84	5.84	12.47
เฉลี่ย		40.51	33.84	10.51	15.14

ตารางที่ ผ3 ร้อยละโดยน้ำหนักของสิ่งเจือปนที่ปนอยู่ในมันเส้นขนาดมันเส้นที่เหลือค้ำบนตะแกรงชั้นต่างๆ จากมันเส้นตัวอย่างที่สุ่มเก็บมาจากผู้ประกอบการผลิตมันเส้นที่แตกต่างกัน

โรง/ลานมันฯ	ซ้ำที่	ตะแกรงชั้นที่ 1 (ขนาดโตกว่า 20 x 20 มม. ²)	ตะแกรงชั้นที่ 2 (ขนาดโตกว่า 4 x 4 มม. ²)
1	1	0.42	4.80
	2	0.60	4.60
	3	0.77	3.80
2	1	0.11	3.60
	2	0.24	3.10
	3	0.24	4.90
3	1	0.27	4.10
	2	0.31	4.40
	3	0.30	4.10
4	1	0.20	4.40
	2	0.15	4.50
	3	0.07	4.40
5	1	0.11	5.10
	2	0.28	4.50
	3	0.23	4.40
6	1	0.21	4.30
	2	0.36	4.20
	3	0.20	4.90
7	1	0.16	4.20
	2	0.18	4.80
	3	0.19	4.80
8	1	0.16	4.30
	2	0.16	4.90
	3	0.18	4.90
9	1	0.32	3.20
	2	0.19	3.80
	3	0.24	3.20
10	1	0.39	3.00
	2	0.16	3.20
	3	0.51	3.10
สูงสุด		0.77	5.10
ต่ำสุด		0.07	3.00
เฉลี่ย		0.26	4.18
STD		0.15	0.64