

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย : -
2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ระบบทำความสะอาดมันเส้น
กิจกรรม : ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความสะอาดมันเส้น
กิจกรรมย่อย (ถ้ามี): -
3. ชื่อการทดลอง : ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความสะอาดมันเส้น
: Design and development of machinery for cleaning of cassava
chipped
4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง : นายอนุชิต ฉ่ำสิงห์ กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม
ผู้ร่วมงาน : นายวิบูลย์ เทเพนทร์
นายปรีชา อานันท์รัตนกุล
นางสาวปรีดาวรรณไชยศรีชลธาร
นายจิรวุฒิจัยตระกูล
กลุ่มวิจัยวิศวกรรมหลังการเก็บเกี่ยว
นายประสาท แสงพันธุ์ตา กลุ่มวิจัยวิศวกรรมผลิตพืช
นายวุฒิมิพล จันท์สระคู ศูนย์วิจัยเกษตรวิศวกรรมขอนแก่น
สถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร

5. บทคัดย่อ

เพื่อการทำทำความสะอาดมันเส้นให้เป็นมันเส้นสะอาด ได้ออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความสะอาดมันเส้น ดำเนินการต่อเนื่องจากกิจกรรมการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพมันเส้นที่รวบรวมมาจากโรงงานและลานตากมันเส้นต่างๆ และหลักการคัดแยกวัสดุ ได้ระบบการทำความสะอาดมันเส้นโดยใช้หลักการคัดแยกด้วยน้ำหนัก รวมถึงการคัดแยกการเจือปนของเศษเหง้าและลำต้นออกได้จำนวนหนึ่ง ได้เครื่องต้นแบบประกอบด้วย 4 ส่วนประกอบหลักคือ 1) กระจับรองรับมันเส้นที่จะทำความสะอาด 2) ส่วนการคัดแยกที่ใช้หลักการลวดตูด ซึ่งมี 3 ส่วนคัดแยกย่อยที่ใช้ความเร็วลมตูดแตกต่างกัน และเรียงลำดับจากบนลงล่าง คือ 6, 8 และ 10 เมตร/วินาทีตามลำดับ 3) พัดลมตูดแบบใบตรง 4) โซโคลอนตักฝุ่น การทดสอบประเมินผลพบว่าสามารถใช้ทำความสะอาดมันเส้นให้เป็นมันเส้นสะอาดได้ ซึ่งการคัดแยกเกิดขึ้นใน

แต่ละส่วนของการตัดแยกแต่ละซุจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นมันเส้น เฉลี่ยโดยรวมจะมีสัดส่วน
ชิ้นมันเส้น 58.6-76.53% และมีสัดส่วนของเศษสิ่งเจือปนจากส่วนของเหง้า และเศษต้นมันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่
ในช่วงประมาณ 0.5-1.95 โดยน้ำหนัก ต่อน้ำมันเส้นก่อนนำมาทำความสะอาด แปรปรวนตามคุณภาพของมัน
เส้นแต่ละโรงงาน

6. คำนำ

ปัจจุบันการผลิตมันเส้นของประเทศไทยพบทั้งการสับด้วยมือ และสับด้วยเครื่องสับหรือโม่เป็นมันเส้น แต่
ส่วนใหญ่เป็นการสับเป็นมันเส้นด้วยเครื่อง แล้วนำไปตากแดด 2-3 วัน พร้อมต้องมีการพลิกกลับเป็นระยะๆ ตลอด
ช่วงการตากแห้ง แต่ปัจจุบันยังเครื่องสับมันเส้นที่ใช้อยู่ทั่วไปยังไม่มีเทคโนโลยีที่เหมาะสม มันเส้นที่ได้จากการใช้
เครื่องสับมีขนาดไม่สม่ำเสมอ ส่งผลต่อประสิทธิภาพการทำแห้ง หรือตากแห้ง เกิดการสูญเสียเนื่องจากการปนเป็น
ฝุ่นผงในกิจกรรมการพลิกกลับ เกิดการปนของดิน ส่วนของเหง้าและสิ่งเจือปนอื่นๆ อีกมาก จัดเป็นมันเส้นคุณภาพ
ไม่ดี ไม่เหมาะต่อการนำไปใช้ประโยชน์โดยตรง เช่นเป็นส่วนผสมอาหารสัตว์ มันเส้นอัดเม็ด หรือเป็นวัตถุดิบใน
อุตสาหกรรมต่อเนื่องอื่นๆ จำเป็นต้องมีการจัดการเพิ่มเติม อาทิ ทำการตัดแยก และทำความสะอาดอีกครั้ง ซึ่งเป็น
การเพิ่มขึ้นตอนและต้นทุนในการผลิต นอกจากนี้มันเส้นคุณภาพไม่ดียังส่งผลให้การส่งออกมีแนวโน้มลดลง แม้
ความต้องการนำเข้าจากจีนมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นก็ตาม อีกทั้งพบว่าไทยมีแนวโน้มได้รับผลกระทบจากการส่งออกมาก
ขึ้น เนื่องจากประเทศเพื่อนบ้านมีการเพิ่มพื้นที่เพาะปลูกมากขึ้น สามารถผลิตมันเส้นสับมือที่มีลักษณะสวยงาม
และสะอาดกว่าของไทยมาก เนื่องจากไม่มีข้อจำกัดเรื่องแรงงาน ผู้ส่งออก รวมถึงผู้ส่งออกไทยจะเข้าไปซื้อแล้ว
ส่งออก หรือลักลอบนำเข้าแล้วส่งออกมันเส้นเหล่านี้ก่อน และจะส่งออกมันเส้นของไทยภายหลัง ประกอบกับ
สามารถส่งออกได้ในราคาที่ต่ำกว่าเนื่องจากต้นทุนการผลิตต่ำกว่า ทำให้ไทยขาดศักยภาพในการแข่งขันด้านราคา
ส่งผลต่อเสถียรภาพ และระดับบาราคาร์บซื้อหัวมันสำปะหลังสดจากเกษตรกรในประเทศระดับหนึ่ง

การที่ไทยจะทำมันเส้นสับมือ หรือทำรูปลักษณะในทำนองเดียวกันกับประเทศเพื่อนบ้าน เพื่อให้มีศักยภาพ
ในการแข่งขันทางการตลาดนั้นคงเป็นไปได้ เนื่องจากไทยมีการผลิตและแปรรูปในปริมาณมาก ประสบปัญหา
การขาดแคลนแรงงาน มีค่าจ้างแรงงานสูง ทำให้ต้นทุนการแปรรูปสูง ดังนั้นเพื่อเป็นการรักษาตลาดมันเส้น
สำหรับกลุ่มผลิตอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมต่อเนื่องในประเทศ และตลาดส่งออกที่เป็นคู่ค้าเดิม ซึ่งยังมีความต้องการ
มันเส้นอยู่มากนั้น มีความจำเป็นต้องพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์มันเส้น หรือให้เป็นมันเส้นสะอาดอย่างแท้จริง หรือ
อย่างน้อยได้ตามเกณฑ์มาตรฐานมันเส้นเพื่อการส่งออกของกรมการค้าต่างประเทศก็นับว่าเป็นการเพียงพอ และ
จากข้อจำกัดในกระบวนการทำมันเส้น ตั้งแต่ขั้นตอนการทำความสะอาดหัวมันสำปะหลังสดได้มันเส้นนั้น ยังคง
ขาดเทคโนโลยีที่เหมาะสมและเครื่องจักรที่มีประสิทธิภาพในกระบวนการ เช่นเครื่องทำความสะอาดหัวมัน
สำปะหลังสด เครื่องสับหัวมันสำปะหลังที่เหมาะสมในการที่จะทำให้ได้ขนาดของมันเส้นสม่ำเสมอ ซึ่งอยู่ระหว่าง

การวิจัยและพัฒนาของสถาบันวิจัยเกษตรวิศวกรรม และหน่วยวิจัยอื่นที่เกี่ยวข้อง อย่างไรก็ตามการพัฒนาหมันเส้น สะอาดจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาอย่างเร่งด่วน ดังนั้นในเบื้องต้นมีความจำเป็นต้องดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนาการ ทำความสะอาดหมันเส้นที่ได้จากระบบปฏิบัติเดิมอีกครั้ง เพื่อให้เป็นหมันเส้นสะอาดตามต้องการก่อนจำหน่ายจะช่วย เพิ่มมูลค่าการจำหน่าย รวมถึงเป็นการเพิ่มศักยภาพการแข่งขัน ในการส่งออกหมันเส้นอีกทางหนึ่งด้วย

จากการตรวจเอกสารไม่พบว่ามีกรณีวิจัยเกี่ยวข้องในการพัฒนาหมันเส้นที่ได้จากระบบการแปรรูปเดิมให้ เป็นหมันเส้นสะอาด แต่จากการสำรวจพบว่าผู้ประกอบการผลิตหมันเส้นรายใหญ่ 1 ราย และเป็นผู้มีบทบาทสำคัญ ของการตลาดค้ำมันสำปะหลังของประเทศ ได้มีการพัฒนาระบบทำความสะอาดหมันเส้น จากระบบปฏิบัติเดิมให้ เป็นหมันเส้นสะอาด แล้วทำให้ไม่มีปัญหาเรื่องตลาดจำหน่ายถึงไม่พอจำหน่าย และมีรายได้จากมูลค่าผลิตภัณฑ์ที่ เพิ่มขึ้นมากกว่าร้อยละ 15 อีกทั้งผู้ประกอบการรายดังกล่าวได้แจ้งว่ามีการเผยแพร่เทคโนโลยีนี้เป็นสาธารณะ อย่างเปิดเผยแต่ไม่ได้รับความสนใจจากผู้ประกอบการรายอื่นเท่าที่ควร จึงเสมือนว่าเป็นรายเดียวของประเทศไทย ที่ดำเนินการในขั้นตอนนี้ โดยให้เหตุผลว่าผู้ประกอบการรายอื่นต่างประสบปัญหาคุณภาพหมันเส้นเช่นกัน เพียงแต่ ยังไม่ต้องการลงทุนเพิ่ม และผู้ประกอบการรายเดิมยังได้กล่าวว่าในระยะเวลาอันใกล้จะเริ่มประสบปัญหาการ จำหน่ายทั้งในประเทศและการส่งออกอย่างมากขึ้น อันเนื่องจากการปริมาณการผลิตที่เพิ่มมากขึ้น และการไม่มี ข้อจำกัดในเรื่องแรงงานของประเทศเพื่อนบ้าน รวมถึงกรณีการที่ประเทศไทยจะเข้าสู่ AEC ผู้ประกอบการไทยจะ มีศักยภาพในการแข่งขันต่ำ และเมื่อมีศักยภาพการแข่งขันทั้งภายในประเทศและเพื่อการส่งออกต่ำ จะส่งผลกระทบต่อ ปริมาณการส่งออก และการบริโภคภายในประเทศ ทำให้ราคารับซื้อหัวมันสำปะหลังสดต่ำลง กระทบต่อรายได้ ของเกษตรกร เป็นปัญหาของประเทศและต่อการผลิตมันสำปะหลังของประเทศ ดังนั้นคณะผู้วิจัย ผู้ประกอบการ ผลิตหมันเส้นบางส่วน และผู้ประกอบการที่ใช้วัตถุดิบในการผลิตจากหมันเส้นสะอาด มีความเห็นร่วมกันว่าในเบื้องต้น ผู้ประกอบการไทยต้องมีการพัฒนาคุณภาพผลิตภัณฑ์ และยกระดับมาตรฐานผลิตภัณฑ์หมันเส้นของไทยให้สูงขึ้นทั้ง ระบบ เพื่อเป็นการเพิ่มศักยภาพในการแข่งขัน เป็นการปกป้องและยกระดับคุณภาพชีวิตของเกษตรกรผู้ปลูกมัน สำปะหลังของประเทศ ดังนั้นการวิจัยและพัฒนาเครื่องจักรเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการแปรรูป และพัฒนาผลิตภัณฑ์ จากหัวมันสำปะหลังภายใต้ข้อจำกัดการขาดแคลนเครื่องจักรในขั้นตอนแปรรูปที่มีอยู่ และอยู่ระหว่างดำเนินการ วิจัยนั้นจำเป็นต้องได้รับการวิจัย โดยเฉพาะการต่อยอดการวิจัยการทำทำความสะอาดหมันเส้นจากระบบปฏิบัติเดิมให้ เป็นหมันเส้นสะอาด และเครื่องจักรอื่นๆในการผลิตหมันเส้นทั้งระบบจำเป็นต้องได้รับการศึกษาและพัฒนาต่อไป

7. วิธีดำเนินการ :

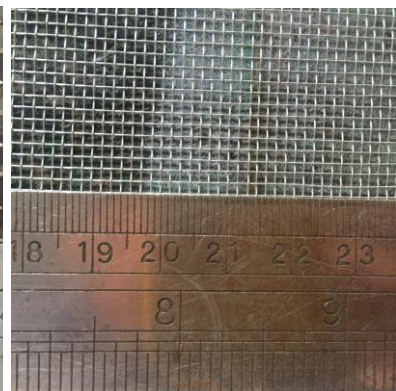
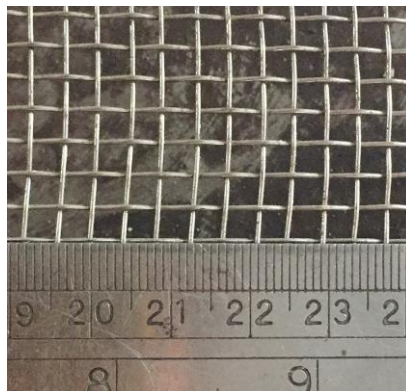
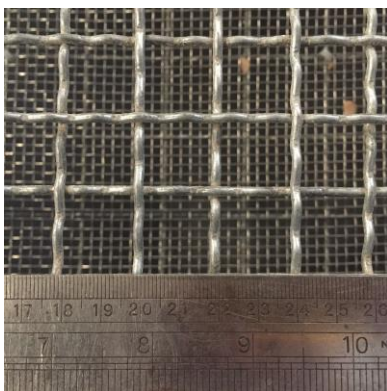
7.1 อุปกรณ์

- 1) เครื่องจักรในโรงปฏิบัติการวิศวกรรมเกษตรพื้นฐาน ได้แก่ เลื่อย เครื่องตัด เครื่องเชื่อมไฟฟ้า
- 2) เครื่องวัดลม

8.1.1 การตัดแยกโดยใช้ขนาดเป็นเกณฑ์ ซึ่งระหว่างทำการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของไขมันเส้นที่ทำการรวบรวมมาจากโรงงานทำมันเส้น และลานตากต่างๆ มาศึกษา นั้นได้มีการสร้างเป็นเครื่องตัดแยกในลักษณะชุดทดสอบเพื่อทำการตัดแยกดูการกระจายตัวของขนาดขึ้นมันเส้น ซึ่งได้มีการออกแบบสร้างเป็นชุดทดสอบเป็นแบบตะแกรงโยกจำนวน 3 ชั้น ที่โยกด้วยความเร็วรอบหมุนลูกเบี้ยวตะแกรง 1,440 รอบ/นาที ระยะชัก 15 ซม. (รูปที่ 1) แต่ข้อของการตัดแยกใช้น้ำหนักตัวอย่างมันเส้น 10 กิโลกรัม ตะแกรงโยกดังกล่าวมีขนาดรูตะแกรงแตกต่างกัน 3 ขนาด (รูปที่ 2) เพื่อแยกมันเส้นออกเป็นขนาดต่างๆ จำนวน 4 กลุ่ม คือ 1) ขนาดมากกว่า 20 × 20 มม. ทั้งนี้พิจารณาว่าขนาดที่โตกว่านี้เป็นขนาดขึ้นมันเส้นที่โตกว่านี้จัดเป็นขนาดขึ้นมันเส้นที่เหมาะสมทั่วไป 2) ขนาดมากกว่า 4 × 4 มม. 3) ขนาดมากกว่า 2 × 2 มม. 4) ขนาดเล็กกว่า 2 × 2 มม. หรือเป็นฝุ่นแป้ง และจากการทดสอบเพื่อศึกษาดังกล่าวพบว่าการฟุ้งกระจายของฝุ่นแป้งคละคลุ้งมาก



รูปที่ 1 ตะแกรงโยก 3 ชั้น ที่สามารถตัดแยกขนาดได้เป็น 4 ขนาด



(ก) ขนาดรูตะแกรง 20 × 20 มม.²

(ข) ขนาดรูตะแกรง 4 × 4 มม.²

(ค) ขนาดรูตะแกรง 2 × 2 มม.²

รูปที่ 2 ขนาดรูตะแกรงของตะแกรงโยก

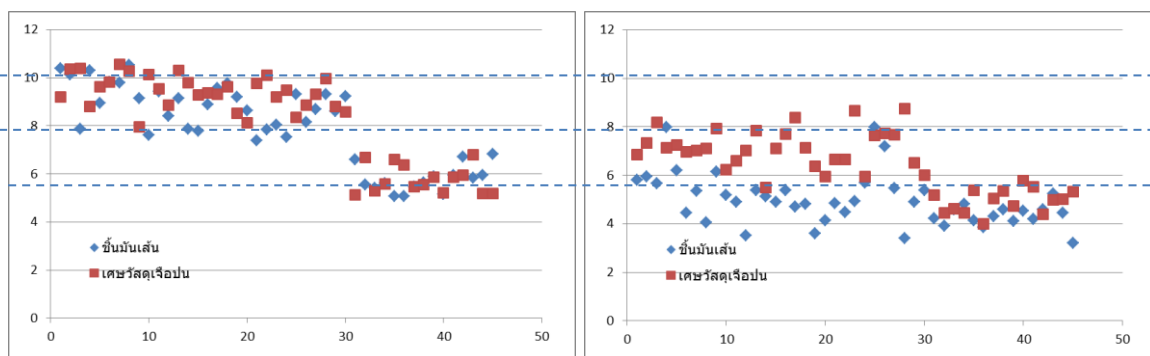
ผลการทำงานพบว่านอกเหนือจากการใช้เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของขึ้นมันเส้นแล้ว พิจารณาเห็นว่าไม่เหมาะสมที่จะใช้หลักการนี้มาใช้ในการออกแบบเครื่องต้นแบบ ทั้งนี้เนื่องจากการฟุ้งกระจายของฝุ่นแป้งคละคลุ้งมาก ต้องการพื้นที่ตะแรงแรงขนาดใหญ่เพื่อให้เหมาะสมกับขนาดของกิจการ จำเป็นต้องมีกลไกซับซ้อนเพื่อให้เป็นเครื่องร่อนที่สามารถทำงานได้ ซึ่งส่งผลต่อต้นทุนและการไม่ยอมรับนำไปใช้งานจึงไม่นำเอาหลักการนี้มาใช้เพื่อการออกแบบเป็นเครื่องต้นแบบ

8.1.2 การตัดแยกโดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการตัดแยก

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของขึ้นมันเส้นด้านน้ำหนัก พบว่าการตัดแยกโดยใช้น้ำหนักเป็นเกณฑ์ในการตัดแยกมีความเป็นไปได้สูงมาก เนื่องจากสามารถออกแบบการใช้แรงลมดูดให้เหมาะสมกับขนาดที่ต้องการได้ ซึ่งเป็นเรื่องที่ไม่ยากและมีผลการศึกษาเรื่องความต้องการแรงลมที่ขนาดขึ้นมันเส้นแตกต่างกันอยู่แล้ว เครื่องต้นแบบจะไม่มีกลไกซับซ้อน และไม่มีการฟุ้งกระจายของฝุ่นแป้งคละคลุ้งมาก เพราะสามารถนำหลักการของไซโคลนดักฝุ่นมาประยุกต์ใช้งานได้

แต่จากผลการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของขึ้นมันเส้นดังกล่าวยังพบว่า นอกเหนือจากความแตกต่างด้านขนาดแล้วยังมีเศษสิ่งเจือปนขนาดใหญ่เช่นเศษดิน และเศษเหง้ามันสำปะหลัง ปนอยู่ด้วย และส่งผลต่อราคาขายที่จะได้รับ โดยเฉพาะในการจำหน่ายเพื่อนำไปเป็นอาหารสัตว์ จึงมีความจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพยายามทำการตัดแยกเอาสิ่งเจือปนเหล่านี้ออกให้ได้มากที่สุด นอกเหนือจากการตัดแยกเอาฝุ่นแป้ง และสิ่งเจือปนขนาดเล็กออกไป

จากการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพด้านน้ำหนักมันเส้นจากการวัดแรงลอยตัวด้วยแรงลม ของมันเส้น และส่วนของเศษสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ที่มีขนาดโตกว่า 10×10 มม.² พบว่าเศษวัสดุเจือปนมีแนวโน้มมีน้ำหนักมากกว่า มีค่าความเร็วลมวิกฤตสูงกว่าแต่ไม่แตกต่างกันมากนัก และพบว่ามีแนวโน้มที่จะแยกเป็นกลุ่มของขนาดและน้ำหนักได้เป็น 3 กลุ่ม คือ ที่ความเร็วลม 6, 8 และ 10 เมตร/วินาที (รูปที่ 3)

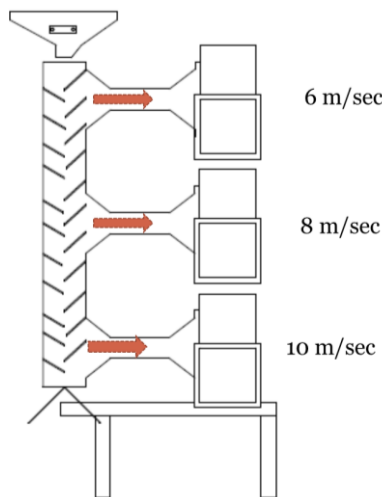


1) ขนาดมากกว่า 20×20 มม.²

2) ขนาดมากกว่า 4×4 มม.²

รูปที่ 3 ความเร็วลมวิกฤตที่ทำให้มันเส้น และส่วนของเศษสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ลอยตัว

จากผลการศึกษาดังกล่าวจึงมีแนวคิดจะสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถตัดแยกเศษสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ออกจากชิ้นมันเส้นได้ด้วย นอกเหนือจากการทำให้เป็นมันเส้นสะอาดธรรมดา โดยการทำให้เป็นชุดตัดแยกเป็น 3 ชุดที่มีระดับความเร็วลมดูดต่างกัน 3 ระดับ คือ 6, 8 และ 10 เมตร/วินาที ตามลำดับ ด้วยแนวคิดที่ว่า ขนาดชิ้นมันเส้นที่เล็กจะถูกตัดแยกก่อน และส่วนของเศษสิ่งเจือปนซึ่งส่วนใหญ่มีน้ำหนักเบาว่าจะถูกดูดให้ไปไกลกว่า ส่วนที่มีขนาดโตกว่าจะหล่นลงมาโดยน้ำหนักและถูกชุดตัดแยกแต่ละชุดทำการตัดแยกทำนองเดียวกับชั้นบนสุดเพียงแต่มีความเร็วลมดูดสูงกว่า เนื่องจากขนาดชิ้นมันเส้นใหญ่กว่า ดังรูปที่ 4 แต่เพื่อไม่ให้สิ้นเปลืองเวลาและค่าใช้จ่าย จึงได้มีการสร้างชุดทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นได้ก่อน (รูปที่ 5) และได้ผลดังรูปที่ 6 จากนั้นทำการทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ อย่างไรก็ตามเนื่องจากการทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไป จึงยังไม่มีกรรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลข



รูปที่ 4 แนวคิดการสร้างเครื่องต้นแบบที่สามารถทำการตัดแยกเศษสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ได้



รูปที่ 5 ชุดทดสอบเพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตัดแยกเศษวัสดุเจือปนออกจากมันเส้น



รูปที่ 6 ชั้นมันเส้นสะอาดจากผลการทดสอบศึกษาความเป็นไปได้ตามสมมุติฐาน

จากเงื่อนไขของหน่วยงานที่มุ่งเน้นให้เป็นเครื่องต้นแบบ และมีเงื่อนไขของเวลา จึงไม่ได้ใช้ชุดทดสอบเพื่อศึกษาโดยละเอียดถึงปัจจัยการทำงานที่เกี่ยวข้อง และแนวทางการพัฒนาและแก้ปัญหาให้สามารถทำการคัดแยกเศษหัง้า และเศษต้นออกให้ได้มากที่สุดก่อนมากนัก ประกอบกับการคัดแยกสิ่งเจือปนเหล่านี้ ออกอยู่นอกเหนือขอบเขตการศึกษา จึงเร่งดำเนินการทำให้เป็นเครื่องต้นแบบ (รูปที่ 7)



รูปที่ 7 ต้นแบบเครื่องทำความสะอาดมันเส้น ที่สามารถคัดแยกเศษสิ่งเจือปนขนาดใหญ่ได้

โดยเครื่องต้นแบบมีระบบการคัดแยกเป็น 3 ระดับตามแนวคิด (รูปที่ 4) และทดสอบการทำงาน พบว่าเครื่องต้นแบบสามารถทำงานได้ค่อนข้างดี และจะให้ดียิ่งขึ้นหากสามารถลดสัดส่วนการปนของเศษสิ่งเจือปนในชั้น

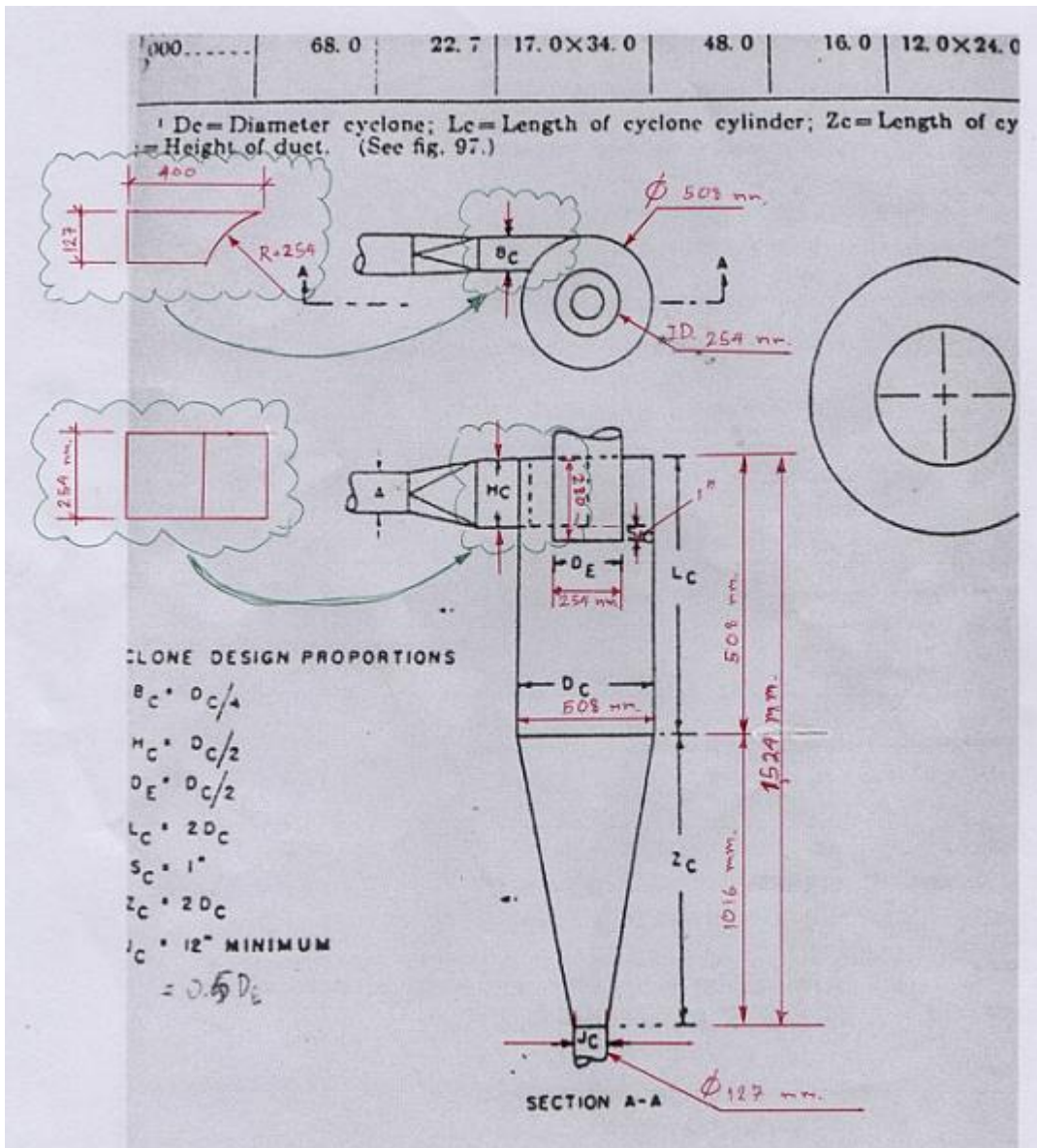
ที่ 1 ลงได้อีก อย่างไรก็ตามเครื่องต้นแบบสามารถลดการปนของเหง้าลงได้ประมาณ 2.27% และ 1.56% (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบการทำงานเครื่องต้นแบบ

ลานมันที่	ซ้ำที่	พดลมตัวที่ 1 (ตัวบน)		พดลมตัวที่ 2 (ตัวกลาง)		พดลมตัวที่ 3 (ตัวล่าง)		ช่องล่างสุด		หลังแยก	
		ความเร็วลม = 6 m/s		ความเร็วลม = 8 m/s		ความเร็วลม = 10 m/s					
		หลังแยก		หลังแยก		หลังแยก		หลังแยก			
		% น้ำหนักมันเส้น	% น้ำหนักเหง้า	% น้ำหนักมันเส้น	% น้ำหนักเหง้า	% น้ำหนักมันเส้น	% น้ำหนักเหง้า	% น้ำหนักมันเส้น	% น้ำหนักเหง้า	% น้ำหนักทั้งหมด	% น้ำหนักเหง้า
1	1	9.88	0.23	18.67	0.46	12.33	0.64	8.40	0.16	50.76	1.49
	2	44.70	1.90	8.13	0.15	2.36	0.00	1.66	0.18	59.07	2.23
	3	51.76	2.96	6.38	0.13	0.99	0.00	1.01	0.00	63.22	3.09
เฉลี่ย		35.44	1.70	11.06	0.24	5.22	0.21	3.69	0.11	57.68	2.27
2	1	46.30	1.62	15.25	0.43	1.91	0.00	1.24	0.00	66.74	2.05
	2	57.14	1.47	11.59	0.16	1.71	0.00	1.52	0.00	73.59	1.63
	3	58.12	0.88	8.92	0.13	1.32	0.00	1.00	0.00	70.37	1.01
เฉลี่ย		53.85	1.32	11.92	0.24	1.65	0.00	1.25	0.00	70.23	1.56

8.2 ศึกษาและออกแบบพดลมดูด และไซโคลนดักฝุ่น

ผลการศึกษาและออกแบบพดลมดูดเพื่อให้มีลมดูดตามต้องการข้างต้น ได้เลือกใช้พดลมแบบใบพัดตรง ตามตารางการออกแบบพดลมซึ่งเป็นตารางให้เลือกตามขนาดท่อลม และความเร็วลมที่ต้องการ ในทำนองเดียวกันได้มีการออกแบบไซโคลน ตามขนาดของวัสดุที่ต้องการรวบรวมและความเร็วลม ที่ใช้ในการดูด ดังรูปที่ 8



รูปที่ 8 ขนาดไซโคลนที่ออกแบบ สร้างและใช้กับเครื่องต้นแบบ

8.3 ทดสอบประเมินผลการทำงานต้นแบบระบบทำความสะอาดมันเส้น

ภายหลังการออกแบบ ได้มีการจัดสร้างเป็นเครื่องต้นแบบที่มีส่วนประกอบที่สำคัญ ซึ่งประกอบด้วย กระบะรับมันเส้น ส่วนการคัดแยก พัดลมดูด และไซโคลนดักฝุ่น (รูปที่ 9) จากนั้นทำการทดสอบประเมินผล และได้ผลดังตารางที่ 2



รูปที่ 9 ขณะทดสอบระบบการทำความสะอาดมันเส้นที่มีการติดตั้งไซโคลนแล้ว

ตารางที่ 2 ผลการทดสอบการทำงานเครื่องต้นแบบภายหลังจากการปรับปรุงส่วนการคัดแยก และเพิ่มไซโคลน

ลานมันที่	ซ้ำที่	พดลมตัวที่ 1 (ตัวบน)		พดลมตัวที่ 2 (ตัวกลาง)		พดลมตัวที่ 3 (ตัวล่าง)		ช่องล่างสุด		รวม	
		ความเร็วลม = 6 m/s		ความเร็วลม = 8 m/s		ความเร็วลม = 10 m/s					
		หลังแยก		หลังแยก		หลังแยก		หลังแยก		หลังแยก	
		%น้ำหนักมันเส้น	%น้ำหนักเหง้า	%น้ำหนักมันเส้น	%น้ำหนักเหง้า	%น้ำหนักมันเส้น	%น้ำหนักเหง้า	%น้ำหนักมันเส้น	%น้ำหนักเหง้า	%น้ำหนักมันเส้น	%น้ำหนักเหง้า
1	1	25.26	0.42	17.26	0.08	0.87	0.02	1.53	0.00	44.93	0.52
	2	45.26	0.97	21.26	0.23	4.13	0.00	2.16	0.00	72.83	1.19
	3	41.58	1.14	14.08	0.25	1.47	0.00	1.04	0.02	58.18	1.41
เฉลี่ย		37.37	0.84	17.54	0.19	2.16	0.01	1.58	0.01	58.64	1.04
2	1	51.66	0.58	25.35	0.11	1.58	0.00	2.29	0.00	80.89	0.69
	2	49.08	0.36	19.08	0.12	3.52	-0.03	1.56	0.02	73.24	0.47
	3	46.53	0.07	18.53	0.54	3.30	0.00	1.69	0.00	70.05	0.61
เฉลี่ย		49.09	0.34	20.99	0.26	2.80	-0.01	1.85	0.01	74.72	0.59
3	1	47.26	0.67	17.26	0.25	2.38	0.05	3.56	0.08	70.47	1.05
	2	37.26	0.65	21.26	0.44	7.20	0.00	5.65	0.18	71.38	1.26
	3	41.26	1.24	19.26	0.52	3.34	0.06	5.39	0.13	69.26	1.95
เฉลี่ย		41.93	0.85	19.26	0.40	4.31	0.04	4.87	0.13	70.37	1.42
4	1	43.26	1.51	21.26	0.46	2.41	0.02	4.53	0.03	71.47	2.02
	2	47.26	1.35	23.26	0.57	2.50	0.04	5.36	0.05	78.39	2.00
	3	35.26	0.57	33.26	1.07	3.81	0.04	7.39	0.15	79.73	1.84
เฉลี่ย		41.93	1.14	25.93	0.70	2.91	0.04	5.76	0.07	76.53	1.95

จากผลการทดสอบการทำความสะอาดมันเส้น โดยรวมพบว่าสัดส่วนของมันเส้นสะอาดอยู่ในช่วงโดยเฉลี่ย 58.6-76.53% และมีสัดส่วนของเศษสิ่งเจือปนจากส่วนของเหง้า และเศษต้นมันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.5-1.95 โดยน้ำหนัก ต่อน้ำมันเส้นก่อนนำมาทำความสะอาด ซึ่งมีความแปรปรวนค่อนข้างสูง ทั้งนี้เนื่องจากเป็นผลจากคุณภาพของมันเส้นแต่ละโรงงานหรือลานตาก นั่นคือมีสัดส่วนของมันเส้นสูงและมีสัดส่วนสิ่งเจือปนต่ำจะบอก

ถึงคุณภาพมันเส้นของโรงงาน หรือลานตากมันเส้นนั้นๆ รวมถึงการมีศักยภาพที่จะนำมาทำความสะอาดเป็นมันเส้นสะอาดเพื่อเพิ่มมูลค่าของผลิตภัณฑ์

อย่างไรก็ตามจากการทดสอบพบว่าการคัดแยกส่วนใหญ่จะอยู่ที่พัดลมตัวที่ 1 ที่มีความเร็วลมต่ำกว่าชุดคัดแยกตัวอื่นๆ คือเพียง 6 เมตร/วินาที และยังมีส่วนของสิ่งเจือปนที่เป็นเศษเหง้ามัน และเศษต้นปลอมปนอยู่สูงกว่าการใช้ชุดคัดแยกอื่นๆ เช่นกัน นั่นหมายถึงมันเส้นที่รวบรวมมาทำให้เป็นมันเส้นสะอาดโดยส่วนใหญ่มีขนาดเล็กซึ่งอาจเป็นผลมาจากตั้งแต่กระบวนการสับให้เป็นชิ้นหิวมันๆ เพื่อการทำมันเส้น และกระบวนการตากให้เป็นมันเส้น ซึ่งหากต้องการให้ได้มันเส้นสะอาดและมีขนาดโตหรือมีคุณภาพดีต้องย้อนกลับไปแก้ปัญหาตั้งแต่กระบวนการสับหิวมันๆ ให้เป็นชิ้นหิวมัน แล้ววิเคราะห์ต่อถึงกระบวนการตากแห้งเพื่อให้เป็นมันเส้นสะอาด

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การออกแบบและพัฒนาเครื่องจักรและอุปกรณ์ในระบบทำความสะอาดมันเส้น ดำเนินการต่อเนื่องจากกิจกรรมการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพมันเส้นที่รวบรวมมาจากโรงงานและลานตากมันเส้นต่างๆ ซึ่งศึกษาจากหลักการคัดแยกโดยขนาดด้วยการร่อนด้วยตะแกรงขนาดต่างๆ และหลักการคัดแยกโดยน้ำหนัก ด้วยการหาความเร็ววิกฤตที่จะทำให้แต่ละส่วนประกอบหลักของมันเส้นที่รวบรวมมาลอยตัว และเลือกหลักการคัดแยกโดยน้ำหนักมาทำการออกแบบเครื่องทำความสะอาดมันเส้น รวมถึงการพยายามคัดแยกการเจือปนของเศษเหง้าและเศษลำต้นออกด้วยเพื่อให้ได้มันเส้นสะอาดคุณภาพดีมากที่สุด เครื่องต้นแบบประกอบด้วย 4 ส่วนประกอบหลักคือ 1) กระบะรองรับมันเส้นที่จะทำความสะอาด 2) ส่วนการคัดแยกที่ใช้หลักการลดจุด ซึ่งมี 3 ส่วนคัดแยกย่อยที่ใช้ความเร็วลมแตกต่างกัน และเรียงลำดับจากบนลงล่าง คือ 6, 8 และ 10 เมตร/วินาทีตามลำดับ 3) พัดลมดูดแบบใบตรง 4) ไชโคลนดักฝุ่น การทดสอบประเมินผลพบว่าสามารถใช้ทำความสะอาดมันเส้นให้เป็นมันเส้นสะอาดได้ ซึ่งการคัดแยกเกิดขึ้นในแต่ละส่วนของการคัดแยกแต่ละชุดจะแตกต่างกันไป ขึ้นอยู่กับขนาดของชิ้นมันเส้น เฉลี่ยโดยรวมจะมีสัดส่วนชิ้นมันเส้น 58.6-76.53% และมีสัดส่วนของเศษสิ่งเจือปนจากส่วนของเหง้า และเศษต้นมันสำปะหลังเฉลี่ยอยู่ในช่วงประมาณ 0.5-1.95 โดยน้ำหนัก ต่อน้ำมันเส้นก่อนนำมาทำความสะอาด แปรปรวนตามคุณภาพของมันเส้นแต่ละโรงงาน การคัดแยกส่วนใหญ่จะอยู่ที่ส่วนการคัดแยกชุดที่ 1 รองลงมาคือชุดที่ 2 และ 3 ตามลำดับ อย่างไรก็ตามควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของส่วนการคัดแยกให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น และจะส่งผลต่อคุณภาพมันเส้นสะอาดและราคาจำหน่ายที่ได้รับสูงขึ้น

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

เนื่องจากโครงการวิจัยเพิ่งสิ้นสุด เครื่องต้นแบบระบบการทำความสะอาดมันเส้น จึงยังไม่มีให้นำไปเผยแพร่ ทั้งพิจารณาเห็นว่าหากได้รับการปรับปรุงประสิทธิภาพเพิ่มเติม โดยเฉพาะการคัดแยกเอาส่วนของ

เศษแห้ง และส่วนของเศษลำต้นออกให้ได้นานกว่านี้ จะได้รับการยอมรับนำไปใช้งานมากขึ้นโดยเฉพาะกลุ่ม
วิสาหกิจชุมชนผู้เลี้ยงสัตว์ หรือทำอาหารสัตว์

11. คำขอบคุณ

ขอขอบคุณคุณนิทัศน์ ตั้งพินิจกุล ที่อนุเคราะห์เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทดสอบ ตลอดจนการให้
คำปรึกษาแนะนำที่เป็นประโยชน์ ขอขอบคุณผู้ประกอบการผลิตมันเส้น ที่ให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ รวมถึงการ
อนุเคราะห์ตัวอย่างมันเส้นในรูปแบบใดก็ตาม จนมีตัวอย่างมันเส้นมาทำการศึกษาค้นสมบัติทางกายภาพ และ
ขอขอบคุณนายกอบชัย ไกรเทพ นายช่างเครื่องกลปฏิบัติการ ลูกจ้างประจำและนายช่างเครื่องกล พนักงาน
ราชการ ที่ช่วยดำเนินการเกือบทุกกิจกรรมสนับสนุนในการดำเนินการวิจัย จนบรรลุวัตถุประสงค์ของกิจกรรมวิจัย

12. เอกสารอ้างอิง

กรมการค้าต่างประเทศ. 2547. สถานการณ์มันสำปะหลัง ประจำปีเดือนกันยายน 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) (สืบค้นเมื่อ ตุลาคม 2547)

กรมเจรจาการค้าระหว่างประเทศ กระทรวงพาณิชย์. 2548.มันสำปะหลัง. แหล่งที่มา :

http://www.thaifta.com/ascn_potato1.doc (สืบค้นเมื่อ มีนาคม 2548).

กรมวิชาการเกษตร. 2551. การปลูกมันสำปะหลัง. สำนักวิจัยและพัฒนาการเกษตรเขตที่ 6. 40น.

กรมวิชาการเกษตร.2528.มันสำปะหลัง.เอกสารวิชาการ เล่มที่ 7. กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและ
สหกรณ์, กรุงเทพฯ.หน้า 132-133

กล้าณรงค์ ศรีรอด. 2549. สถานภาพวัตถุดิบในการผลิตเอทานอลของประเทศไทย. <http://www.cassava.org>
(สืบค้นเมื่อ มีนาคม 2550).

เจริญศักดิ์ โรจนฤทธิ์พิเชษฐ์. 2544. ข่าววิจัยพัฒนา. เดลินิวส์ จันทรที่ 29 ตุลาคม 2544 หน้า 27

दनัย ศุภอาหาร. 2537.พฤกษศาสตร์และพันธุศาสตร์ของมันสำปะหลัง. เอกสารวิชาการมันสำปะหลัง.กรมวิชาการ
เกษตร,กรุงเทพฯ. หน้า 14-30

ธวัชชัย ทิวาวรรณวงศ์ และ วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2548. การศึกษาเครื่องสับมันสำปะหลังแบบใบมีดโยกสำหรับ
ผลิตขึ้นมันเส้น. การประชุมวิชาการครั้งที่ 6 ประจำปี 2548 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย.

ธีรภัทร ศรีนครุต. 2545. วิจัยผลิตเอทานอลเกรดสูงจากมันสำปะหลัง ลดการนำเข้าเคมีภัณฑ์. โครงการวิจัยเอ
ทานอลจากมันสำปะหลัง สถาบันพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.

http://www.itdoa.com/news_itda/science/doc_19.htm, 7 สิงหาคม 2545วงศ์สุภัทร คงสวัสดิ์.

2549. บันทึกประเทศไทยปลาย 2547: สถานการณ์พลังงานไทยปี 2548 – 2551. หนังสือพิมพ์โพสต์ทูเดย์. <http://www.posttoday.com/thailand2547/plang.html>

ภาควิชาวิศวกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี, 2551. รายงานฉบับสมบูรณ์ การพัฒนากระบวนการผลิตวัตถุดิบจากมันสำปะหลังสำหรับอุตสาหกรรมเอทานอล. ศูนย์นวัตกรรมหลังการเก็บเกี่ยว

เรืองเกียรติ สุภาดารัตนาวงศ์. 2547. เครื่องย่อยวัสดุเกษตร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน. 2549. การศึกษาการตัดหัวมันสำปะหลังด้วยใบมีดหมุน. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิบูลย์ เทเพนทร์, ไผตรี แนวพนิช, ชูศักดิ์ ชวประดิษฐ์ และเวียง อากรซี. 2540. วิจัยและพัฒนาเครื่องอบแห้งและวิธีการลดความชื้นข้าวโพดที่เหมาะสมในทางปฏิบัติ. รายงานการค้นคว้าวิจัย กองเกษตรวิศวกรรม กรมวิชาการเกษตร ทะเบียนวิจัยเลขที่ 40 08 002 001

วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง, วีระกุล มีกลางแสง และ พลเทพ เวงสูงเนิน. 2557. พัฒนาและถ่ายทอดเทคโนโลยีเครื่องล้างพร้อมหั่นมันเส้นสะอาดสำหรับชุมชน. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 15 ระหว่างวันที่ 4-5 เมษายน 2557 ณ โรงแรมกรุงศรีริเวอร์ จ.พระนครศรีอยุธยา: หน้า 406-411

วิรัตน์ หวังเขื่อนกลาง. 2555. เครื่องหั่นมันเส้น. เอกสารประกอบการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 13 ระหว่างวันที่ 4-5 เมษายน 2555: หน้า 148-155

ศูนย์สารสนเทศการเกษตร สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร 2551. ข้อมูลพื้นฐานเศรษฐกิจการเกษตร. <http://www2.oae.go.th/pdf/ commodity.pdf> (สืบค้นเมื่อ พฤศจิกายน 2550)

สมาคมโรงงานผู้ผลิตมันสำปะหลัง ภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. 2554. รายงานประจำปี 2554. นครราชสีมา ส่วนพัฒนาพลังงาน 2 สำนักพัฒนาพลังงาน. 2546. ประวัติและการแพร่กระจายมันสำปะหลัง. กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน กระทรวงพลังงาน. หน้า 4-30

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม ผลิตภัณฑ์มันสำปะหลัง มอก.52-2516.

สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. 2523. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมมันสำปะหลังอัดเม็ดแข็ง. มอก.330-2523.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2549. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2548/49. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2554. สถิติการเกษตรของประเทศไทยปีเพาะปลูก 2553/54. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ. 2554. ยุทธศาสตร์วิจัยและพัฒนาอุตสาหกรรมมันสำปะหลังประเทศไทย (พ.ศ. 2555-2559) และโปรแกรมวิจัยและพัฒนามันสำปะหลัง ภายใต้กลยุทธ์การวิจัยและพัฒนา สวทช.ระยะที่ 2 พ.ศ. 2554-2559. สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ-ปทุมธานี: 62 หน้า

Meiying 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.

T.N.F. Engineering Industry. 1997. Dust Collector System. http://www.tnf-engineering.com/tnf-engineering/index.php?option=com_content&view=article&id=53&Itemid=68. 25 June 2007

ภาคผนวก

จะเป็นภาพถ่ายแสดงขนาด และคุณภาพของชิ้นมันเส้นและสิ่งเจือปนจากแต่ละแหล่งที่มาของมันเส้นจำนวนหนึ่ง แต่ไม่สามารถ download ได้ จะการบล็อกสัญญาณอินเทอร์เน็ตของจีน