การศึกษาปัจจัยสำหรับออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิในระดับกลุ่มเกษตรกร

Design Criteria for Hommali Paddy Cleaner for the Use by Farmer's Group

วินิต ชินสุวรรณ (Winit Chinsuwan)*
ณรงค์ ปัญญา (Narong Panya)**
ศรีสมร ทวีโชคชาญชัย (Srisamorn Taweechokchanchai)***

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยสำหรับออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิในระดับกลุ่มเกษตรกร ผลการศึกษาพบว่า เกณฑ์ที่เหมาะสมในการออกแบบมีดังต่อไปนี้ ชนิดและขนาดของตะแกรง เป็นตะแกรงสองชั้น โดยชั้นบนเป็นตะแกรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และชั้นล่างเป็นตะแกรงสี่เหลี่ยมผืนผ้าขนาด 4 × 16 มิลลิเมตร ความลาดเอียงของตะแกรง 3-5 องศาจากแนวระดับ ความเร็วของตะแกรง 62-70 เมตรต่อนาที ความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาด 450-500 เมตรต่อนาที อัตราการป้อนไม่เกิน 5 ตันต่อชั่วโมงต่อหน้ากว้างของตะแกรง 1 เมตร การใช้เกณฑ์ในการออกแบบดังกล่าวสามารถใช้ได้ดีในการทำความสะอาดข้าวเปลือกแห้ง ส่วนข้าวเปลือกชื้นก็สามารถใช้งานได้ดีเช่นกันหากลดอัตราการป้อนลงเหลือหนึ่งในสาม

Abstract

The objective of this study is to determine design criteria for Hommali paddy cleaner for the use by farmers group. Results of the study indicate that the design criteria should be as follows: Type and Size of Sieve : Double layer with 10 mm diameter holes for upper sieve and 4 x 16 mm rectangular holes for lower sieve, Sieve Inclination : 3-5 degrees with horizontal, Sieve Speed : 62-70 m/min Wind Velocity : 450-500 m/min, Maximum Design Feed Rate : 5 tons/h/m (width of sieve). The use of the above design criteria results in satisfactory performance for cleaning dry paddy, and also for wet paddy if the feed rate is reduced to one-third.

คำสำคัญ : ข้าวเปลือกหอมมะลิ เกษตรกร เครื่องทำความสะอาด
Keywords : Hommali Rice ; Farmers ; Paddy Cleaner

* *รองศาสตราจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น*
** *นายช่างเครื่องกล ศูนย์ส่งเสริมจักรกลการเกษตร จังหวัดร้อยเอ็ด กรมส่งเสริมการเกษตร*
*** *นักศึกษาบัณฑิตศึกษา สาขาวิศวกรรมเครื่องจักรกลเกษตร มหาวิทยาลัยขอนแก่น*

บทนำ

การใช้เครื่องเกี่ยวนวดสำหรับข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้มีส่วนช่วยลดต้นทุนการผลิต ลดการสูญเสีย และเพิ่มคุณภาพของข้าวเปลือก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในด้านการเพิ่มเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว อย่างไรก็ตามปัญหาที่สำคัญในด้านคุณภาพของข้าวเปลือกที่พบอีกประการหนึ่งได้แก่ การมีสิ่งเจือปนอยู่กับข้าวเปลือก ภายหลังการนวดหรือเกี่ยวนวดเป็นจำนวนมาก ทั้งนี้เป็นเพราะข้าวหอมมะลิในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ปลูกโดยอาศัยน้ำฝนจึงไม่สามารถควบคุมปริมาณน้ำได้ นอกจากนี้แล้วเกษตรกรส่วนใหญ่ก็หันมานิยมการปลูกแบบหว่านมากขึ้น (วินิต และคณะ, 2539) จึงเป็นเหตุให้มีปริมาณวัชพืชมากในช่วงฤดูเก็บเกี่ยว โดยเฉพาะอย่างยิ่งในฤดูกาลเพาะปลูกที่มีฝนไม่สม่ำเสมอหรือมีฝนทิ้งช่วงเป็นระยะเวลานาน

วัชพืชหลักในเขตเพาะปลูกดังกล่าวได้แก่ หญ้าหวาย หญ้าหัวหงอก และหญ้าขี้กลาก หรือกระถินทุ่ง ฯลฯ โดยเฉพาะหญ้าหวายเป็นหญ้าที่ปราบยากที่สุด (ทวีศักดิ์, 2540) ซึ่งเมื่อทำการเก็บเกี่ยวโดยใช้เครื่องเกี่ยวนวด หญ้าและดอกของหญ้าดังกล่าวจะปะปนออกไปกับข้าวเปลือกเป็นจำนวนมาก โดยระบบทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวนวดไม่สามารถกำจัดวัสดุดังกล่าวออกได้หมด การเกี่ยวโดยคนก็มีปัญหาดังกล่าวเช่นกัน ทั้งนี้เพราะในขณะที่ทำการเกี่ยวเป็นการยากมากในทางปฏิบัติที่จะเลือกเกี่ยวเฉพาะต้นข้าวโดยไม่ให้ต้นหญ้าปะปนไปด้วย

ข้าวเปลือกหอมมะลิที่ได้หลังจากการเก็บเกี่ยวโดยเครื่องเกี่ยวนวดและโดยแรงงานคน มีสิ่งเจือปนในปริมาณ 2 ถึง 3% โดยน้ำหนัก หรือ 7.7 ถึง 9.2% โดยปริมาตร ซึ่งทำให้คุณภาพของข้าวเปลือกลดลงอย่างมาก นอกจากนี้แล้วดอกหญ้าซึ่งมีสีดำยังทำให้ข้าวเปลือกมีสีคล้ำเมื่อมองด้วยตาเปล่า ซึ่งเป็นเหตุให้ได้รับการตีราคาต่ำลงมาก หรือในกรณีที่มีสิ่งเจือปนอยู่เป็นจำนวนมาก อาจถูกปฏิเสธการรับซื้อ (วินิต และคณะ, 2540)

เนื่องจากข้าวหอมมะลิยังไม่สามารถผลิตได้เพียงพอต่อความต้องการ และมีแนวโน้มของราคาที่เพิ่มสูงขึ้น รัฐบาลจึงให้ความสำคัญอย่างจริงจังต่อการเพิ่มปริมาณการผลิตและการปรับปรุงคุณภาพ การแก้ปัญหาดังกล่าวข้างต้นจะมีส่วนช่วยในการปรับปรุงคุณภาพของข้าวเปลือกให้ดียิ่งขึ้น แต่การแก้ไขปัญหาดังกล่าวจำเป็นต้องดำเนินการให้สอดคล้องกับวิธีปฏิบัติของเกษตรกรซึ่งดำเนินการเก็บเกี่ยวโดยใช้ทั้งแรงงานคนและเครื่องเกี่ยวนวดซึ่งจะมีการใช้กันเพิ่มมากขึ้นในระยะอันใกล้ นอกจากนี้แล้วการจำหน่าย ก็มีทั้งการจำหน่ายโดยทันทีหลังการเกี่ยวนวด และการจำหน่ายภายหลังการตากแห้งแล้วเก็บรักษาไว้เพื่อรอราคา (วินิต และคณะ, 2539) ดังนั้นการแก้ไขปัญหาดังกล่าวจึงต้องดำเนินการทั้งการปรับปรุงระบบทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้กันอยู่ในปัจจุบัน และการพัฒนาเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกให้เหมาะกับระบบปฏิบัติของเกษตรกร

การปรับปรุงระบบทำความสะอาดของเครื่องเกี่ยวนวด จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของข้าวเปลือกที่จำหน่ายโดยทันทีภายหลังการเกี่ยวนวดซึ่งเครื่องเกี่ยวนวดที่ใช้กันโดยทั่วไปส่วนใหญ่อยู่ในเขตภาคกลางและภาคเหนือตอนล่าง ซึ่งสภาพของข้าวในขณะเก็บเกี่ยวอาจไม่มีวัชพืชมากเท่าสภาพในเขตทุ่งกุลาร้องไห้จึงทำให้ระบบทำความสะอาดมิได้คำนึงถึงปัญหาดังกล่าวมากนัก ส่วนการทำความสะอาดข้าวเปลือกภายหลังการตาก จะช่วยปรับปรุงคุณภาพของข้าวเปลือกก่อนการเก็บรักษา ซึ่งควรดำเนินการโดยใช้เครื่องทำความสะอาดที่เหมาะต่อการดำเนินงานของกลุ่มเกษตรกร และ

สามารถเคลื่อนย้ายไปสู่ลานตากของเกษตรกรได้อย่างคล่องตัว พร้อมทั้งมีความสามารถในการทำงานสูงเพื่อให้บริการได้อย่างรวดเร็ว ดังนั้นการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปัจจัยที่เหมาะสมสำหรับออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกในระดับกลุ่มเกษตรกร

อุปกรณ์และวิธีการศึกษา

เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกในระดับกลุ่มเกษตรกร ควรมีความสามารถในการทำงานสูงเพื่อให้บริการได้อย่างรวดเร็ว เคลื่อนย้ายได้อย่างคล่องตัว มีประสิทธิภาพการทำความสะอาดอยู่ในเกณฑ์ที่ดี และมีความสูญเสียต่ำ จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น จึงควรติดตั้งเครื่องดังกล่าวเข้ากับรถเกษตรกร (รถอีแต๋น) โดยให้เครื่องมีหน้ากว้างในการทำงานให้มากที่สุดตามทิศทางความยาวของรถ ส่วนระบบทำความสะอาดควรใช้ระบบตะแกรงโยกและพัดลมซึ่งเป็นระบบที่ง่ายและสะดวกต่อการดูแลบำรุงรักษา แต่ตะแกรงโยกที่ใช้ควรมีสองชั้นเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการคัดแยกสิ่งเจือปนซึ่งมีหลายประเภทและมีรูปร่างและขนาดที่ต่างกัน นอกจากนี้แล้วยังควรมีรางลำเลียงเพื่อนำวัสดุที่ผ่านตะแกรงชั้นบนไปสู่ช่วงต้นของตะแกรงชั้นล่าง ซึ่งจะเป็นการเพิ่มพื้นที่และเวลาในการคัดแยก

จากแนวคิดดังกล่าวข้างต้น ปัจจัยที่สำคัญเพื่อการออกแบบจึงประกอบด้วย ชนิดและขนาดของตะแกรงโยก ความลาดเอียงของตะแกรงโยก ความเร็วของตะแกรงโยก อัตราการป้อนสูงสุดในการออกแบบ และความเร็วของลมที่ใช้ในการทำความสะอาด เพื่อความสะดวกในการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ ดังกล่าว จึงสร้างชุดทดสอบขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษา ชุดทดสอบนี้ประกอบไปด้วยอุปกรณ์ที่สำคัญ 2 ส่วน คือ ตะแกรงโยกซึ่งมีสองชั้นและพัดลมทำความสะอาด (รูปที่ 1) ตะแกรงโยกมีความยาว 1.15 เมตร ซึ่งเป็นความยาวที่ใกล้เคียงกับความยาวของเครื่องทำความสะอาดที่จะสร้างขึ้นจริงซึ่งอยู่ในแนวขวางกับความยาวของรถเกษตรกร และมีหน้ากว้าง 0.6 เมตร ซึ่งในการสร้างเครื่องจริงสามารถขยายหน้ากว้างได้ตามสัดส่วน ใต้ตะแกรงชั้นบนมีรางลำเลียงวัสดุเพื่อให้ไหลย้อนกลับไปยังช่วงต้นของตะแกรงชั้นล่าง

พัดลมทำความสะอาดที่ใช้เป็นแบบปกติทั่วไปที่ใช้ในเครื่องนวดข้าว โดยมีหน้ากว้างของช่องทางออกของลม 0.7 เมตร การควบคุมอัตราการป้อนกระทำโดยใช้สายพานลำเลียงซึ่งมีหน้ากว้าง 0.45 เมตร เพื่อให้การป้อนเป็นไปอย่างสม่ำเสมอและต่อเนื่อง ทั้งตะแกรงโยก พัดลม และสายพานลำเลียงถูกขับด้วยมอเตอร์ที่ปรับความเร็วรอบได้ ทั้งนี้เพื่อให้ง่ายสำหรับการแปรค่าในการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ และทำให้การแปรค่าปัจจัยต่าง ๆ เป็นไปอย่างแม่นยำ

ข้าวเปลือกที่ใช้ทดสอบเป็นข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งมีความชื้นเฉลี่ย 11.89% wb และมีสิ่งเจือปนประมาณ 5% โดยน้ำหนัก หรือ 18% โดยปริมาตร สิ่งเจือปนดังกล่าวประกอบด้วย ฟางหญ้าชนิดต่าง ๆ ก้อนดิน หิน ฝุ่นดิน ฯลฯ ดังแสดงในตารางที่ 1 แต่เพื่อให้เครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกที่จะออกแบบสามารถคัดแยกข้าวเปลือกที่มีปริมาณสิ่งเจือปนมากกว่าปกติ จึงได้ผสมข้าวเปลือกให้มีสิ่งเจือปนเป็น 2 เท่า เพื่อใช้ในการศึกษา

ค่าชี้ผลในการทดสอบได้แก่ ความสูญเสียจากการคัดแยกและประสิทธิภาพการทำความสะอาดหรือความสะอาดของข้าวเปลือก สำหรับความสูญเสียจากการคัดแยก ประกอบไปด้วย ความ

สูญเสียเนื่องจากตะแกรงบน ตะแกรงล่าง และพัดลม โดยคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเปลือกสะอาด

ผลการศึกษา

ปัจจัยสำคัญในการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกที่ศึกษาได้แก่ ชนิดและขนาดของตะแกรงโยก ความลาดเอียงของตะแกรงโยก ความเร็วของตะแกรงโยก อัตราการป้อนสูงสุด และความเร็วของลมที่ใช้ในการทำความสะอาด การศึกษาเป็นการศึกษาทีละปัจจัยและใช้ผลการศึกษาที่ได้สำหรับศึกษาปัจจัยต่อ ๆ ไป โดยมีรายละเอียดของผลการศึกษาดังต่อไปนี้

การศึกษาชนิดและขนาดของตะแกรงโยก

ตะแกรงที่ใช้ศึกษาเป็นตะแกรงกลมและตะแกรงรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้าซึ่งมีจำหน่ายในท้องตลาด ตะแกรงกลมมีเส้นผ่านศูนย์กลาง 6, 8 และ 10 มม. ส่วนตะแกรงสี่เหลี่ยมมีขนาด 4 × 16 มม. โดยทดสอบกับอัตราการป้อน 3.33 และ 4 ตันต่อชั่วโมงต่อเมตร (หน้ากว้างของตะแกรง) ในขณะทดสอบใช้ความเร็วเฉลี่ยของตะแกรง 60 เมตรต่อนาที ความลาดเอียงของตะแกรง 3.5 องศาจากแนวระดับ และความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาด 480 เมตรต่อนาที ซึ่งเป็นค่าที่ได้จากการทดลองให้ชุดทดสอบทำงานซ้ำหลาย ๆ ครั้ง และปรับจนได้ผลการทำงานอยู่ในเกณฑ์ที่ดี

ผลการทดสอบแสดงในตารางที่ 2 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ชุดตะแกรงที่ให้การสูญเสียที่ตะแกรงบนและล่างต่ำสุดคือ ชุดตะแกรงซึ่งประกอบไปด้วยตะแกรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. สำหรับตะแกรงบน และตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาด 4 × 16 มม. สำหรับตะแกรงล่าง โดยเฉพาะที่ระดับอัตราการป้อน 4 ตัน/ชม/ม. หากอัตราการป้อนสูงกว่านี้ก็คาดได้ว่าความสูญเสียดังกล่าวยิ่งจะแตกต่างอย่างชัดเจนกับชุดตะแกรงอื่น ทั้งนี้เนื่องจากตะแกรงกลมสามารถคัดแยกวัสดุที่มีขนาดใหญ่และมีลักษณะเป็นท่อน เช่น ฟางและเศษวัชพืชได้ดี ส่วนตะแกรงสี่เหลี่ยมสามารถคัดแยกวัสดุที่เป็นทรงกลมเช่นดอกหญ้าต่าง ๆ ได้ดี ในขณะที่ความสูญเสียที่เกิดจากพัดลมและความสะอาดของข้าวเปลือกมีค่าใกล้เคียงกัน ดังนั้นจึงเลือกใช้ตะแกรงชุดดังกล่าวสำหรับศึกษาปัจจัยอื่น ๆ ต่อไป

การศึกษาความลาดเอียงของตะแกรงโยก

ความลาดเอียงของตะแกรงโยกทั้งชั้นบนและล่างถูกปรับให้เท่ากัน ความลาดเอียงที่ศึกษามี 8 ระดับ คือ 0, 2, 3, 4, 5, 6, 8 และ 10 องศาจากแนวระดับ โดยทดสอบกับอัตราการป้อน 4 ตัน/ชม/ม. ความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาด 480 เมตรต่อนาที ส่วนชุดตะแกรงโยกที่ใช้ประกอบไปด้วยตะแกรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. สำหรับตะแกรงบน และตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาด 4 × 16 มม. สำหรับตะแกรงล่าง โดยที่ตะแกรงทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ย 60 เมตรต่อนาที

รูปที่ 2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวมกับความลาดเอียงของตะแกรง ซึ่งจากสมการของความสัมพันธ์ดังกล่าวสามารถหาความลาดเอียงของตะแกรงที่ทำให้มีความสูญเสียรวมต่ำสุดได้เท่ากับ 2.37 องศาจากแนวระดับ อย่างไรก็ตาม การใช้ความลาดเอียงของตะแกรงในช่วง 0 ถึง 5 องศาจากแนวระดับ เกิดความสูญเสียรวมไม่ต่างกันมากนัก และมีค่าไม่เกิน 0.4% ในขณะที่ความลาดเอียงที่มากกว่า 5 องศา ทำให้ความสูญเสียรวมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว โดยที่ความสะอาดของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นเพียง 0.09% เมื่อความลาดเอียงของตะแกรงเพิ่มขึ้นแต่ละองศาเท่านั้น (รูปที่ 3)

แม้ว่าการใช้ความลาดเอียงของตะแกรงในช่วง 0 ถึง 5 องศาจากแนวระดับ ทำให้เกิดการสูญเสียรวมไม่ต่างกันมากนัก แต่หากพิจารณาถึงความต้องการอัตราการป้อนที่สูงเพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างรวดเร็ว จึงควรใช้ความลาดเอียงของตะแกรงในช่วง 3 ถึง 5 องศาจากแนวระดับ ซึ่งในการศึกษาต่อ ๆ ไปจะใช้ความลาดเอียง 4 องศา ซึ่งเป็นค่ากลางของช่วงที่เหมาะสมดังกล่าว

การศึกษาความเร็วของตะแกรงโยก

ตะแกรงโยกที่ทดสอบเป็นตะแกรงสองชั้น ชั้นบนเป็นตะแกรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. ส่วนชั้นล่างเป็นตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาด 4 ง 16 มม. ตะแกรงทั้งสองมีความลาดเอียง 4 องศาจากแนวระดับ ความเร็วของตะแกรงโยกที่ศึกษามี 9 ระดับซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง 55 ถึง 75 เมตรต่อนาที โดยทดสอบที่อัตราการป้อน 4 ตัน/ชม/ม. และใช้ความเร็วของลมในการทำความสะอาด 480 เมตรต่อนาที

รูปที่ 4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวมกับความเร็วของตะแกรงโยก รูปนี้แสดงให้เห็นว่า การใช้ความเร็วของตะแกรงโยกสูงหรือต่ำเกินไป จะทำให้ความสูญเสียรวมเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการใช้ความเร็วที่ต่ำเกินไปทำให้เมล็ดไม่ถูกยกตัวและกระจายตัวได้ดีเท่าที่ควร เมล็ดข้าวบางส่วนจึงถูกฟางและสิ่งเจือปนขนาดใหญ่พาเคลื่อนตัวออกไปจากตะแกรง โดยไม่ร่วงผ่านรูตะแกรง ส่วนการใช้ความเร็วที่สูงเกินไป แม้ว่าทำให้เมล็ดข้าวถูกยกตัวและกระจายตัวได้ดี แต่ก็มีช่วงเวลาที่อยู่บนตะแกรงได้ไม่นาน จึงทำให้เมล็ดบางส่วนถูกขับทิ้งออกไปจากตะแกรง สำหรับความสะอาดของข้าวเปลือกนั้น จะลดลงเมื่อความเร็วของตะแกรงโยกเพิ่มขึ้น ทั้งนี้เป็นเพราะการเพิ่มความเร็วของตะแกรงโยกทำให้สิ่งเจือปนร่วงผ่านรูตะแกรงมากขึ้น ซึ่งทำให้พัดลมไม่สามารถเป่าสิ่งเจือปนออกได้ดีเท่ากับในกรณีที่มีสิ่งเจือปนไม่มาก อย่างไรก็ตามอัตราการลดลงของความสะอาดก็นับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่ไม่สูงมากนัก (รูปที่ 5)

จากสมการความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวมและความเร็วของตะแกรงโยกดังแสดงในรูปที่ 4 สามารถหาความเร็วตะแกรงโยกที่ทำให้ความสูญเสียรวมมีค่าต่ำสุดได้เท่ากับ 66.23 เมตรต่อนาที ซึ่งจะใช้ความเร็วนี้เพื่อศึกษาปัจจัยอื่นต่อไป แต่เพื่อให้เกิดความสะดวกในทางปฏิบัติสำหรับออกแบบและสร้างเครื่องทำความสะอาด จึงกำหนดความเร็วของตะแกรงโยกในช่วง 62 ถึง 70 เมตรต่อนาที เป็นค่าในการออกแบบ ซึ่งความเร็วของตะแกรงโยกในช่วงดังกล่าว จะทำให้ความสูญเสียรวมมีค่าสูงกว่าค่าต่ำสุดเพียงเล็กน้อย

การศึกษาอัตราการป้อน

อัตราการป้อนที่ศึกษามี 7 ระดับ แต่ละระดับต่างกัน 0.5 ตัน/ชม/ม. โดยเริ่มจาก 3.5 ถึง 6.5 ตัน/ชม/ม. ชุดตะแกรงโยกที่ใช้ประกอบไปด้วย ตะแกรงกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มม. สำหรับตะแกรงบน และตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาด 4 × 16 มม. สำหรับตะแกรงล่าง ตะแกรงทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ย 66.23 เมตรต่อนาที และมีความลาดเอียง 4 องศาจากแนวระดับ ส่วนความเร็วของลมที่ใช้ในการทำความสะอาดมีค่า 480 เมตรต่อนาที

รูปที่ 6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวม และความสูญเสียที่ตะแกรงบนและล่างกับอัตราการป้อน รูปนี้แสดงให้เห็นว่า ความสูญเสียที่ตะแกรงมีค่าไม่เกิน 0.25% หากอัตราการป้อนมีค่าไม่เกิน 5 ตัน/ชม/ม. แต่หากอัตราการป้อนเพิ่มขึ้นต่อไปอีก ความสูญเสียที่ตะแกรงจะเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว ทั้งนี้เพราะการใช้อัตราการป้อนที่สูงเกินไป ทำให้ตะแกรงไม่สามารถคัดแยก

เมล็ดข้าวเปลือกออกจากสิ่งเจือปนได้ทัน จึงทำให้ข้าวเปลือกบางส่วนไหลออกจากตะแกรงปนไปกับสิ่งเจือปนโดยไม่ร่วงผ่านรูของตะแกรง ส่วนความสูญเสียรวมก็มีแนวโน้มในทิศทางเดียวกันกับที่กล่าวมาแล้วข้างต้น ซึ่งข้อมูลจากการศึกษาชี้ให้เห็นว่าความสูญเสียจากพัดลมมีค่าอยู่ในช่วง 0.34% ถึง 0.52% สำหรับทุกอัตราการป้อนความสูญเสียนี้สามารถ ลดลงได้หากปรับปริมาณและความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาด

สำหรับความสะอาดของข้าวเปลือก พบว่ามีค่าเพิ่มขึ้นเล็กน้อยเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้น (รูปที่ 7) ทั้งนี้เพราะการใช้อัตราการป้อนที่สูงขึ้นทำให้ความสูญเสียเพิ่มมากขึ้น จึงทำให้มีปริมาณข้าวเปลือกที่ต้องทำความสะอาดลดลงซึ่งเป็นผลทำให้ความสะอาดของข้าวเปลือกเพิ่มขึ้นมากขึ้น ดังนั้นอัตราการป้อนสูงสุดในการออกแบบจึงไม่ควรเกิน 5 ตัน/ชม/ม. ซึ่งจะทำให้ความสูญเสียที่ตะแกรงมีค่าไม่เกิน 0.25%

การศึกษาความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาด

ความเร็วของลมที่ศึกษาอยู่ในช่วง 378 ถึง 630 เมตรต่อนาที โดยทดสอบรวมทั้งสิ้น 11 ระดับ สำหรับอัตราการป้อน 5 ตัน/ชม/ม. โดยใช้ชุดตะแกรงโยกซึ่งประกอบไปด้วย ตะแกรงกลมขนาดเส้น ผ่าศูนย์กลาง 10 มม. สำหรับตะแกรงบนและตะแกรงสี่เหลี่ยมขนาด 4 × 16 มม. สำหรับตะแกรงล่าง ตะแกรงทั้งสองมีความเร็วเฉลี่ย 66.23 เมตรต่อนาที และมีความลาดเอียง 4 องศาจากแนวระดับ

ความสูญเสียจากพัดลมเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเมื่อความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาดเพิ่มขึ้น (รูปที่ 8) ในขณะที่ความสะอาดเพิ่มขึ้นอย่างเป็นเส้นตรงเมื่อความเร็วของลมเพิ่มมากขึ้น (รูปที่ 9) หากกำหนดให้ความสูญเสียจากพัดลมมีค่าไม่เกิน 1% ควรออกแบบให้ความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาดควรมีค่าไม่เกิน 500 เมตรต่อนาที แต่ในทางปฏิบัติควรกำหนดให้ความเร็วของลมอยู่ในช่วง 450 ถึง 500 เมตรต่อนาที ซึ่งจะเป็นการสะดวกในการสร้างเครื่องทำความสะอาด โดยที่การกำหนดค่าต่ำสุดเป็นการป้องกันมิให้ความสะอาดของข้าวเปลือกที่ได้มีค่าต่ำเกินไป ในขณะที่การกำหนดค่าสูงสุดมิได้หมายถึงความสูญเสียเนื่องจากพัดลมจะต้องมีค่าเท่ากับ 1% เพราะในทางปฏิบัติสามารถปรับปริมาณและความเร็วของลมเพื่อลดความสูญเสียที่เกิดขึ้นได้ตามความเหมาะสม

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปัจจัยต่าง ๆ เพื่อการออกแบบเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิในระดับกลุ่มเกษตรกร สามารถสรุปเกณฑ์ที่สำคัญในการออกแบบได้ดังนี้

ชนิดและขนาดของตะแกรง	สองชั้น โดยชั้นบนเป็นตะแกรงกลมขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร และชั้นล่างเป็นตะแกรงสี่เหลี่ยม ผืนผ้าขนาด 4 × 16 มิลลิเมตร
ความลาดเอียงของตะแกรง	3–5 องศาจากแนวระดับ
ความเร็วของตะแกรง	62–70 เมตรต่อนาที
ความเร็วของลมที่ใช้ทำความสะอาด	450–500 เมตรต่อนาที
อัตราการป้อน	ไม่เกิน 5 ตันต่อชั่วโมงต่อหน้ากว้างของตะแกรง 1 เมตร

เกณฑ์ดังกล่าวข้างต้นเมื่อใช้ทดสอบทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิซึ่งมีความชื้นประมาณ 12% wb และมีปริมาณสิ่งเจือปนประมาณ 5% โดยน้ำหนัก หรือ 18% โดยปริมาตร ซึ่งนับว่าอยู่ในเกณฑ์ที่สูง พบว่า ข้าวเปลือกที่ได้มีความสะอาด 98.01% โดยมีความสูญเสียรวม 0.60% ส่วนการทำความสะอาดข้าวเปลือกที่มีความชื้น 24.93% wb พบว่า ได้ข้าวเปลือกที่มีความสะอาด 97.99% โดยมีความสูญเสียรวม 0.15% แต่ต้องลดอัตราการป้อนลงเหลือ 1.67 ตันต่อชั่วโมงต่อหน้ากว้างของตะแกรง 1 เมตร

ดังนั้นจึงสามารถสรุปได้ว่า เกณฑ์ในการออกแบบดังกล่าวสามารถใช้ได้ดีในการทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิภายหลังการตากแห้งและมีสิ่งเจือปนเป็นปริมาณที่มาก นอกจากนี้แล้วยังสามารถใช้ได้ดีกับข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงหากลดอัตราการป้อนลงเหลือหนึ่งในสาม เกณฑ์ดังกล่าวนี้จึงควรได้รับการนำไปใช้ในการสร้างเครื่องทำความสะอาดข้าวเปลือกหอมมะลิในระดับกลุ่มเกษตรกรเพื่อใช้สำหรับปรับปรุงคุณภาพในด้านความสะอาดของข้าวหอมมะลิที่ผลิตในเขตทุ่งกุลาร้องไห้ต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้เป็นส่วนหนึ่งของโครงการ การพัฒนาคุณภาพและลดต้นทุนการผลิตข้าวหอมมะลิ ซึ่งได้รับการสนับสนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.) ผู้เขียนใคร่ขอขอบคุณ สกว. ในการสนับสนุนการศึกษานี้

เอกสารอ้างอิง

ทวีศักดิ์ ชัยเรืองยศ. 2540. ชาวนาอีสานยอมรับการปลูกข้าวลดการไถพรวน. **เคลินิวส์** (3 ธันวาคม) : 11.

วินิต ชินสุวรรณ และคณะ. 2539. **การศึกษาข้อมูลพื้นฐานเพื่อเป็นแนวทางที่จะส่งเสริมการผลิตข้าวหอมมะลิในพื้นที่ทุ่งกุลาร้องไห้ : รายงานผลการศึกษาเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)** ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

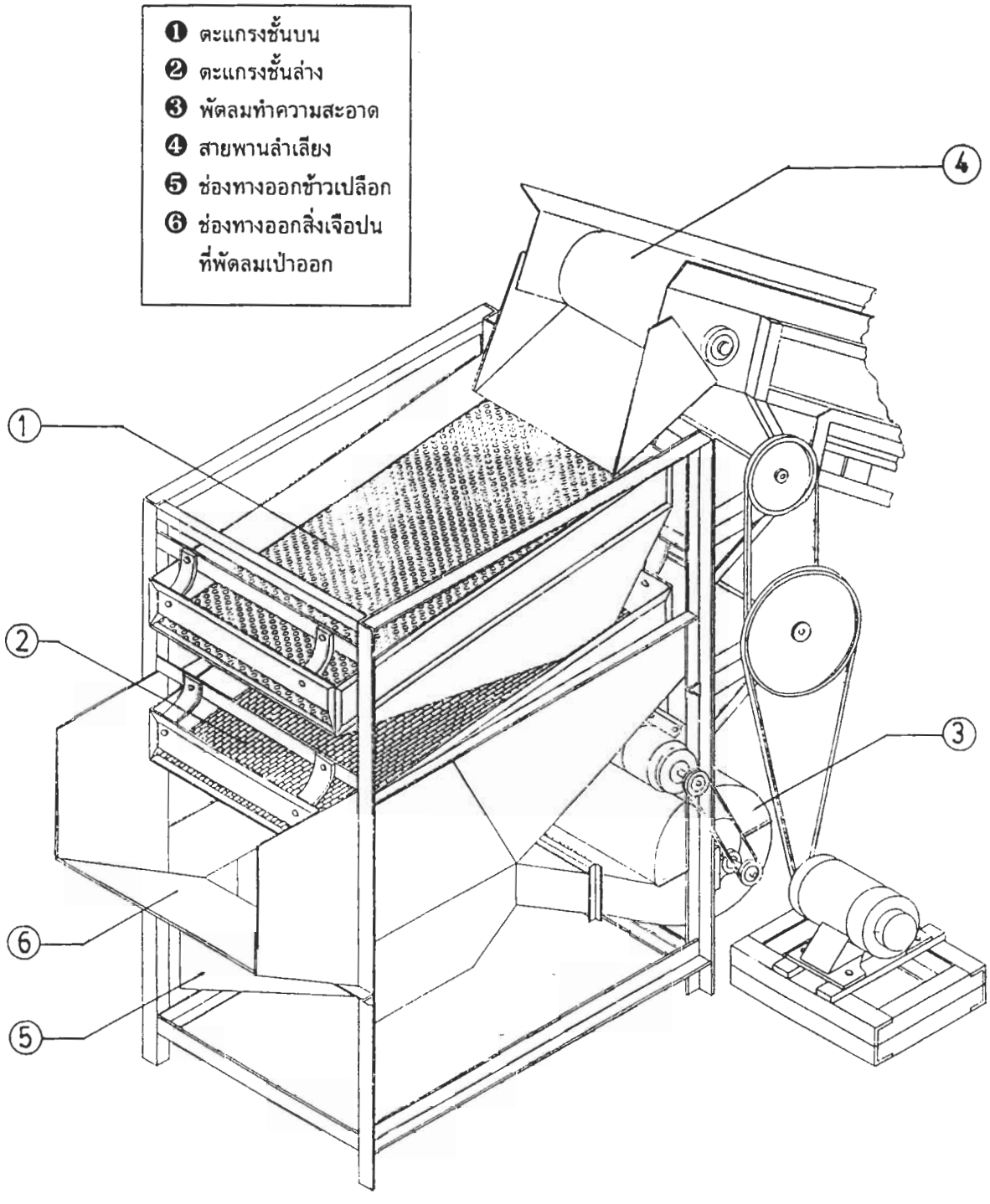
วินิต ชินสุวรรณ และคณะ. 2540. **การสาธิตและประเมินผลการใช้เครื่องเกี่ยวนวด : รายงานผลการศึกษาเสนอต่อสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)** ขอนแก่น : มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ตารางที่ 1 องค์ประกอบของข้าวที่ใช้ทดสอบ

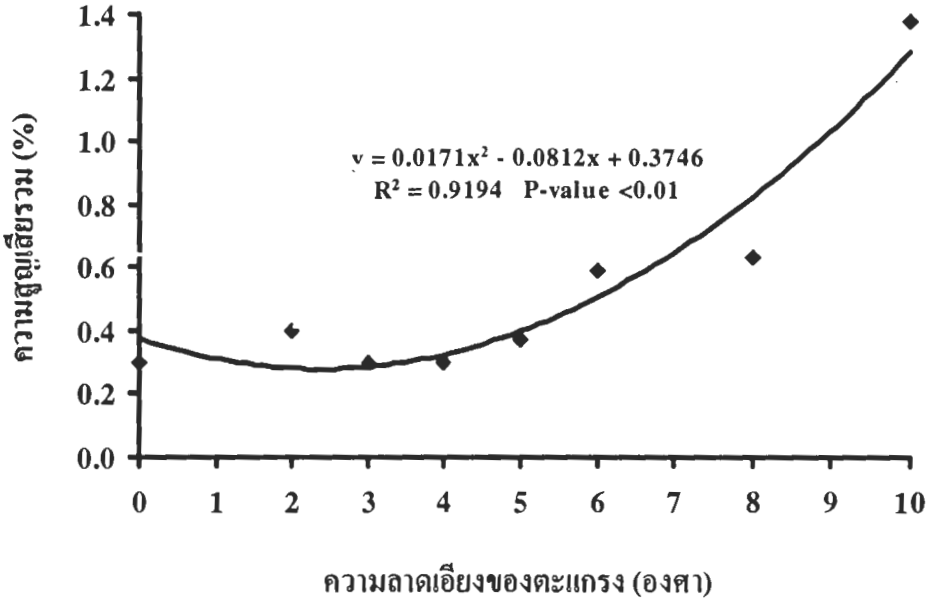
รายการ	% โดยน้ำหนัก	% โดยปริมาตร
ข้าวเปลือกสะอาด	94.77	82.34
ข้าวลีบ	2.25	6.15
ฟาง	0.21	3.15
หญ้าขี้กลาก	0.04	0.22
หญ้าหัวหงอก	0.04	0.29
หญ้าหวาย	0.76	2.59
เศษวัชพืชเล็ก ๆ	0.69	3.80
ก้อนดิน หิน	0.04	0.02
ฝุ่นดิน	1.21	1.44

ตารางที่ 2 ผลโดยเฉลี่ยจากการศึกษาชนิดและขนาดของตะแกรงโยก

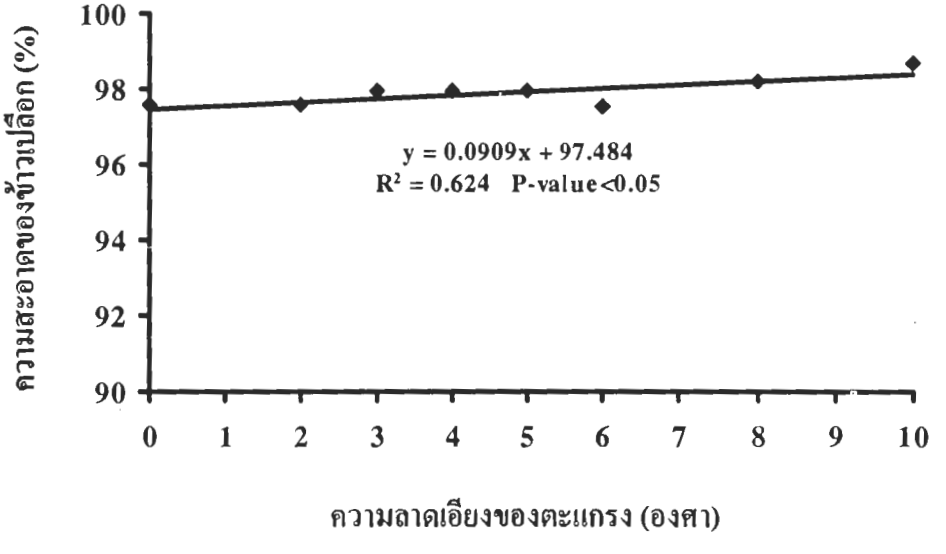
ชนิดและขนาดของตะแกรง		% ความสูญเสีย			% ความ
บน	ล่าง	ตะแกรงบน	ตะแกรงล่าง	พัดลม	สะอาด
อัตราการป้อน 3.33 ตัน/ชม./ม.					
สี่เหลี่ยม 4x16 มม.	สี่เหลี่ยม 4x16 มม.	0.01	0.00	0.15	98.47
กลม ∅ 10 มม.	สี่เหลี่ยม 4x16 มม.	0.00	0.00	0.18	98.43
กลม ∅ 10 มม.	กลม ∅ 6 มม.	0.01	43.96	0.37	99.57
กลม ∅ 10 มม.	กลม ∅ 8 มม.	0.52	0.13	0.32	98.40
อัตราการป้อน 4.00 ตัน/ชม./ม.					
สี่เหลี่ยม 4x16 มม.	สี่เหลี่ยม 4x16 มม.	1.55	0.00	0.15	98.18
กลม ∅ 10 มม.	สี่เหลี่ยม 4x16 มม.	0.00	0.00	0.21	98.10



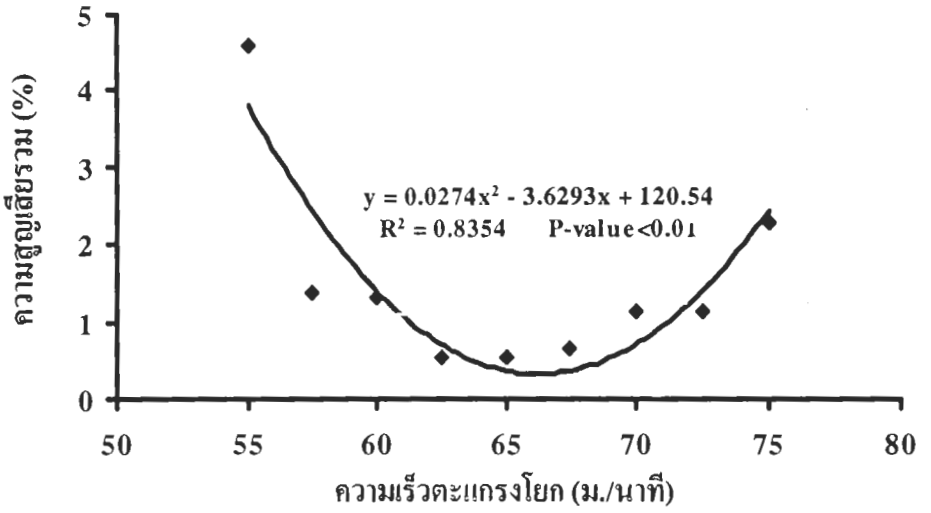
รูปที่ 1 ชุดทดสอบซึ่งประกอบด้วยตะแกรงโยกสองชั้นและพัดลม



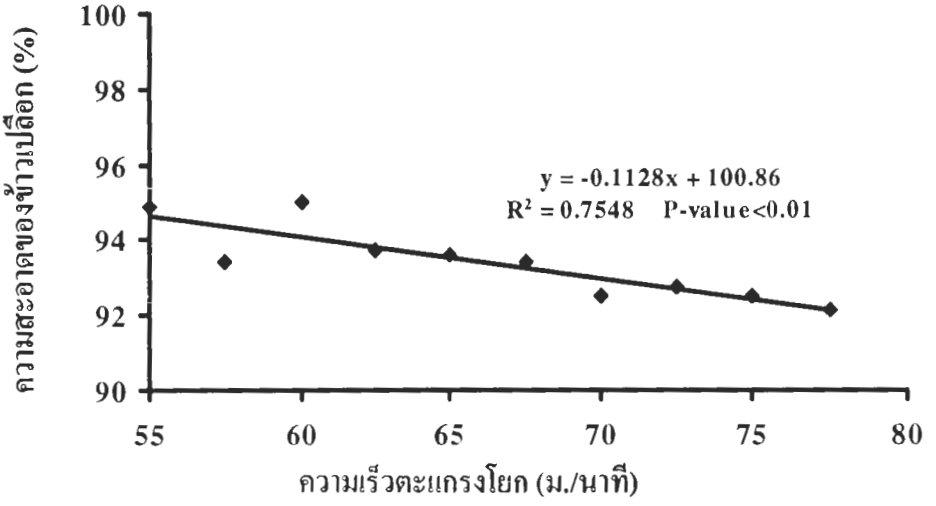
รูปที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวมกับความลาดเอียงของตะแกรง



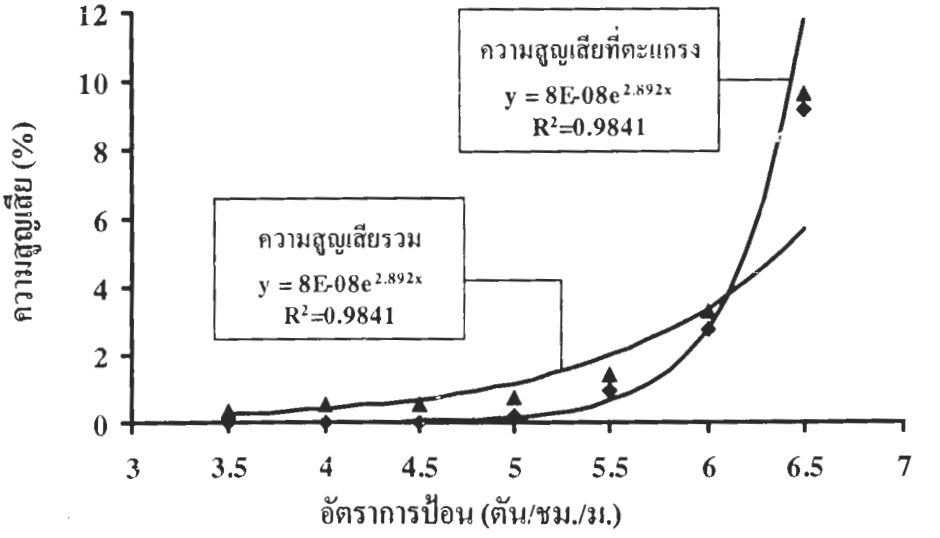
รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่างความสะอาดของข้าวเปลือกกับความลาดเอียง ของตะแกรง



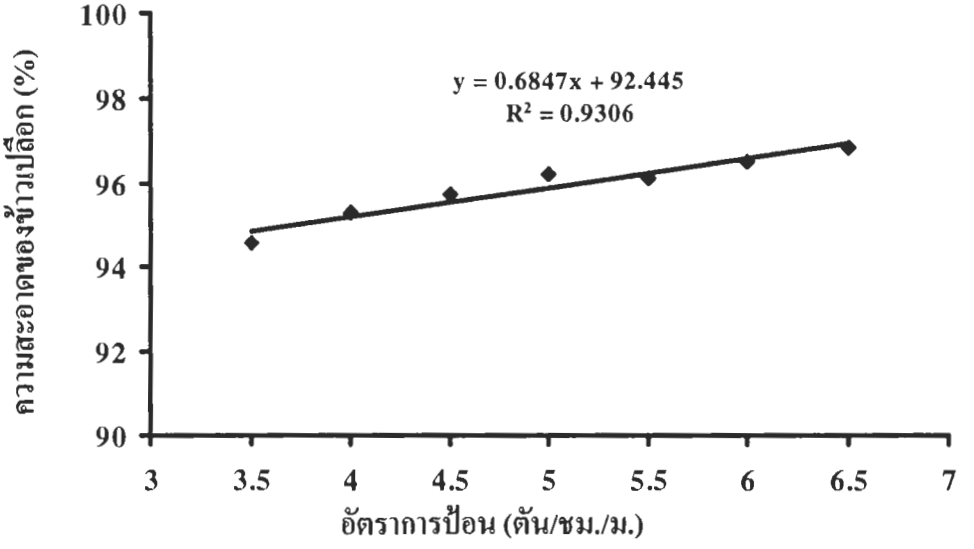
รูปที่ 4 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวมกับความเร็วของตะแกรงโยก



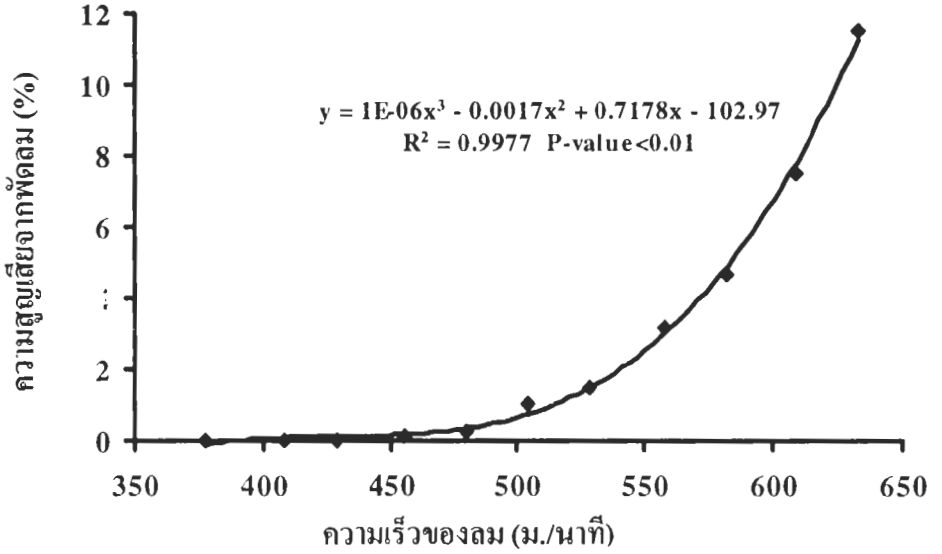
รูปที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างความสะอาดของข้าวเปลือกกับความเร็วของ ตะแกรงโยก



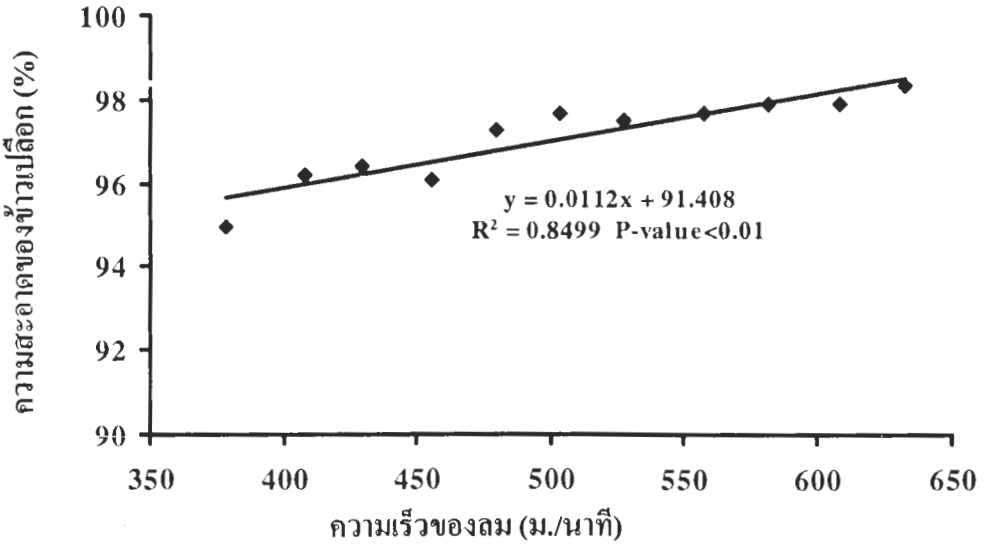
รูปที่ 6 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียรวมและ ความสูญเสียที่ตะแกรงกับอัตราการป้อน



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ระหว่างความสะอาดของข้าวเปลือกกับอัตราการป้อน



รูปที่ 8 ความสัมพันธ์ระหว่างความสูญเสียจากพัดลมกับความเร็วของลม ที่ใช้ทำความสะอาด



รูปที่ 9 ความสัมพันธ์ระหว่างความสะอาดของข้าวเปลือกกับความเร็ว ของลมที่ใช้ทำความสะอาด