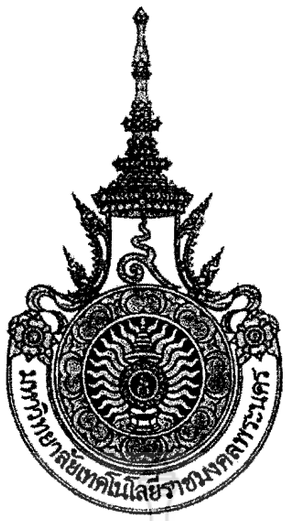


รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การสร้างนวัตกรรมสำหรับวัดความแกร่งของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการอัดความดันจากภายใน

The innovation construction for the toughness measurement of rice kernel with the inner pressure method

คณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

ดร.ไพศาล การถาง

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ผู้ร่วมวิจัย

ดร. ดวงฤทัย นิคมรัฐ

ผศ. วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีงบประมาณ 2553

กันยายน 2554

หัวข้อวิจัย การสร้างนวัตกรรมสำหรับวัดความแกร่งของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการอัดความดันจากภายใน

ชื่อผู้วิจัย ดร.ไพศาล การถาง ดร. ดวงฤทัย นิคมรัฐ และ ผศ. วิโรจน์ ฤทธิ์ทอง

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีงบประมาณ 2553

บทคัดย่อ

ในระหว่างกระบวนการเกี่ยวกับข้าว มีสถานการณ์ที่เป็นไปได้มากมายที่จะทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวและความเสียหายสามารถเกิดขึ้นได้เป็นปกติ สิ่งเหล่านี้ส่งผลกระทบทำให้ราคาการตลาดของข้าวต่ำ ด้วยปัญหาดังกล่าวนี้ การศึกษาเชิงเวลาจริง ร่วมกับฐานความรู้ทางคุณสมบัติเชิงกลจะก่อให้เกิดประโยชน์ ในการตรวจสอบข้อบกพร่องเหล่านี้ที่สังเกตได้ วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้ เพื่อก่อให้เกิดการศึกษาคุณสมบัติความเค้น-ความเครียดเชิงกลของเมล็ดข้าวผ่านระบบนิวแมติกที่คณะผู้วิจัยได้ทำการออกแบบและสร้างขึ้น จากการทดสอบคณะผู้วิจัยพบว่าความเค้น-ความเครียดของ กข6 กข15 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 มีค่ามากกว่า กวก1 ด้วย ระดับความชื้น 20% w.b. ผลดังกล่าวนี้ บ่งบอกเชิงแนวโน้มว่าความเค้น-ความเครียดเชิงกลขึ้นกับความต่างของรูปร่างของข้าว นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังสามารถบอกลักษณะเฉพาะของความต่างเชิงรูปร่าง โดยใช้กฎเชิงสเกลของความเครียดกับเวลา นอกจากนี้คณะผู้วิจัยยังยังพบว่าแรงของการแตกหักสามารถบอกความต่างของพันธ์ข้าวได้เช่นกัน โดยปริมาณดังกล่าวนี้ มีศักยภาพสูง ที่จะสามารถใช้ในพัฒนาเพื่อการจำแนกเชิงปริมาณของพันธุ์ข้าว

คำสำคัญ: แรง ความเค้น ความเครียด เมล็ดข้าว ฟิสิกส์เชิงเกษตรกรรม คุณสมบัติเชิงกลศาสตร์

Title The innovation construction for the toughness measurement of rice kernel with the inner pressure method

Researcher Dr. Paisan Kanthang, Dr. Duongruitai Nicomrat and Asst.Prof. Wirote Ritthong

Year 2553

Abstract

During the rice processing, the possible situations of rice kernel cracking and breakage are commonly occurred and these consequences cause a low marketing price. According to this issue, the real-time observation and together with the knowledge base of mechanical properties should be essentially helpful in detection of these defect observations. The objective of this work was established to study the mechanical stress-strain properties of rice kernels via our in-house pneumatic system design. We found that stress-strain of RD6, RD15, Phitsanulok 2 and Khao Dawk Mali 105 were greater than Khao'Yipun DOA1 with moisture content of 20% w.b. These results tentatively indicated the mechanical stress-strains occurred were from the difference of rice shapes. Moreover, we could recognize that the characteristics of these various shapes significantly followed the scaling law of the relation between strain and time. We also found that the breaking force was different value for rice varieties. This parameter obtained can be such a high potential approach that can be used for further developing in the quantitative classification of rice varieties.

Keywords: Force, Stress, Strain, Rice Kernel, Agrophysics, Mechanical Properties

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยต้องขอบคุณ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินวิจัย ทำให้งานวิจัยสามารถเกิดขึ้นและดำเนินจนเสร็จสมบรูณ์

ขอขอบคุณ คณะครุศาสตร์อุสาหกรรม มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่เอื้อเฟื้อ สถานที่ในการทำงานวิจัย

คณะผู้วิจัย

#

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	17
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	22
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	30
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	33

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 2.1 สถิติลำดับประเทศที่ผลิตข้าวของ FAO 7

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว 9

ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวสาร 9

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ 11

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสตาร์ชข้าวเจ้าเปรียบเทียบกับสตาร์ชข้าวเหนียว 14

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแอมิโลส และแอมิโลเพกทิน 15

ตารางที่ 3.1 หนักของเมล็ดข้าว ที่ระดับความชื้นที่ 20% wb. 21

ตารางที่ 3.2 ขนาดของเมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษา 21

ตารางที่ 4.1 แสดงความชันของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาที่สเกลเวลาแรก
กับสเกลเวลาลัง 25

ตารางที่ 4.2 แสดงความชันของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเค้น 27

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว 6

ภาพที่ 2.2 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว 8

ภาพที่ 2.3 (ก.) เครื่องวัดข้าวท้องไข่ (ข.) รูปลักษณะข้าวท้องไข่
(ค.) ลักษณะการให้คะแนนข้าวท้องไข่ 10

ภาพที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณภาพการสีเมล็ดข้าว 12

ภาพที่ 2.5 Modulus of Toughness ของวัสดุเปราะ (ก) และ วัสดุเหนียว (ข) 16

ภาพที่ 3.1 แสดงวงจรการควบคุมความเร็วลูกสูบด้วยวาวล์ควบคุมอัตราการไหลทางเดียว 17

ภาพที่ 3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความดันที่ทำการป้อนเข้าสู่ระบบของชุดวัดความแกร่งเทียบกับเวลา โดยเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูลความดัน เป็นเส้นแนวโน้ม เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของความดันเทียบกับเวลา ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 0.99 18

ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงภาพที่ได้จากเครื่องวัดความแกร่งต้นแบบ **A)** แสดงรูปแบบการเปาะของเมล็ดข้าวขณะเกิดการเสียรูป
B) แสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในหนึ่งมิติ 19

ภาพที่ 3.4 แสดงพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย 20

ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาที่สเกลปกติ **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาที่ loglog สเกล โดยเส้นสีแดงและเส้นสีเขียวเป็นเส้นแนวโน้มที่สเกลเวลาแรก กับสเกลเวลาลังตามลำดับ ที่ความเชื่อมั่น 0.98 24

ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาที่สเกลปกติ **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาที่ loglog สเกล 26

ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 โดยเส้นตรงเป็นเส้นแนวโน้ม ที่ความเชื่อมั่น 0.98 27

สารบัญภาพ(ต่อ)

หน้า

ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลาของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลาที่สเกลปกติ **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลาที่ loglog สเกล 28

ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงของการแตกหักกับพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงการกระจายตัวของแรงของการแตกหักสำหรับพันธ์ข้าวที่ศึกษา **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรงของการแตกหักสำหรับพันธ์ข้าวที่ศึกษา 29

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ประเทศไทยมีความเข้มแข็งด้านการเกษตร โดยเฉพาะข้าว ทั้งนี้เนื่องจาก ความพร้อมในเชิงองค์ประกอบทางชีวภาพ และกายภาพ ที่เกื้อหนุนส่งผลให้เกิดความได้เปรียบสูงด้านผลิตผลจากข้าวทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ จึงสามารถส่งออกจนเป็นรายได้หลักของประเทศและเป็นอันดับต้นๆของโลก อย่างไรก็ตาม ในกระบวนการผลิตหลังการเก็บเกี่ยว จนกระทั่งกลายเป็นเมล็ดข้าวเพื่อการค้า มีเมล็ดข้าวจำนวนมาก เกิดความเสียหาย และ/หรือ เกิดเมล็ดที่ไม่สมบูรณ์ ตามมาตรฐานเชิงพาณิชย์ จนเป็นเหตุหนึ่งที่ ลดขีดความสามารถในการแข่งขันในเชิงพาณิชย์ลง เป็นที่น่าเสียดายอย่างยิ่งที่การศึกษาวิจัยถึงปัจจัยที่ส่งผลต่อความเสียหายของเมล็ดข้าวดังกล่าวมีน้อยมาก โดยเฉพาะ ปัจจัยอันเกี่ยวเนื่องกับความแกร่งของเมล็ดข้าวซึ่งสามารถบอกได้ด้วยปริมาณเชิงกลศาสตร์ในทางฟิสิกส์ ตัวอย่างเช่น แรง ความเค้น และ ความเครียด ที่มีต่อเมล็ดข้าว ทั้งที่ปริมาณเหล่านี้ ไม่เพียงแต่เป็นปริมาณที่สามารถนำเข้าสู่การบอกคุณสมบัติและ คุณภาพของเมล็ดข้าวได้เท่านั้น แต่การศึกษาวิจัยปริมาณเหล่านี้ ยังสามารถช่วยการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในเชิงวิศวกรรมการเกษตรได้อีกด้วย

โครงงานวิจัยนี้ คณะผู้วิจัย ได้มุ่งสร้างนวัตกรรมในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาวิจัยองค์ความรู้พื้นฐานด้านความแกร่งของเมล็ดข้าวโดยผ่านปริมาณในเชิงกลศาสตร์ อันได้แก่ แรง ความเค้น และ ความเครียดที่มีต่อเมล็ดข้าว รวมถึงรูปแบบและโครงสร้างภายในของเมล็ดข้าวที่ตอบสนองต่อปริมาณในเชิงกลศาสตร์ดังกล่าว ทั้งนี้เครื่องมือตรวจวัดปริมาณในเชิงกลศาสตร์ ในปัจจุบันมีหลากหลาย แต่ไม่สามารถตอบสนองต่อการตรวจสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวที่ให้ผลที่ชัดเจนทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพได้ ดังนั้นจึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องมีการสร้างนวัตกรรมประดิษฐ์ สำหรับการศึกษาการวิจัยความแกร่งของเมล็ดข้าวที่ให้ผลชัดเจนทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพขึ้น ทั้งนี้ เพื่อการพัฒนาองค์ความรู้ด้านความแกร่งของเมล็ดข้าว ตลอดจนการพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมในเชิงวิศวกรรมการเกษตรต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. สร้างเครื่องตรวจวัดวัดความแกร่งของเมล็ดข้าวด้วยวิธีการอัดความดันจากภายใน

2. ศึกษาความแกร่งของเมล็ดข้าวในรูปของเมล็ดข้าวขัดสี ข้าวกล้อง และข้าวเปลือก ผ่านปริมาณในเชิงกลศาสตร์ อันได้แก่ แรง ความเค้น และความเครียดที่มีต่อข้าว รูปแบบของการแตกหักของเมล็ดข้าว ตลอดจนรูปแบบและโครงสร้างภายในของเมล็ดข้าวที่ตอบสนองต่อปริมาณในเชิงกลศาสตร์ดังกล่าว ภายใต้ระดับความชื้นในเชิงพาณิชย์ ที่ 13-15 เปอร์เซ็นต์

3. ศึกษาความแกร่งของเมล็ดข้าวสายพันธุ์เศรษฐกิจและ สร้างเครือข่ายนักวิจัยตลอดจนกลุ่มวิจัย ด้านฟิสิกส์เชิงเกษตรกรรม ให้เกิดขึ้นในประเทศ

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

1. สร้างเครื่องมือวัดความแกร่งของเมล็ดข้าว ด้วยวิธีการอัดความดันจากภายใน

2. ศึกษาวิจัยปริมาณเชิงกลศาสตร์ของเมล็ดข้าวสารสายพันธุ์เชิงเศรษฐกิจได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105

3. เมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษาวิจัยมีท้องไข่ที่มีระดับคะแนน 0-1 ในกรณีศึกษาในเชิงสายพันธุ์

นอกจากนี้เมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษาจะเป็นเมล็ดข้าวสมบูรณ์ไม่มีรอยแตกร้าว มีความยาว 5 – 7.5 มิลลิเมตร ความกว้าง 1.9-2.9 มิลลิเมตร น้ำหนัก 15-22 มิลลิกรัมต่อเมล็ด

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ทีมวิจัยสามารถสร้างนวัตกรรมประดิษฐ์ในระดับห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการตรวจสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวที่เป็นต้นแบบภัณฑ์จำนวน 1 ชิ้นงาน สำหรับเป็นเครื่องมือในการต่อยอดงานวิจัยเพื่อสร้างองค์ความรู้ที่เกี่ยวกับความแกร่งของเมล็ดข้าว ผ่านคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ของงานวิจัยเบื้องต้นจะถูกเผยแพร่เป็นบทความทางวิชาการในระดับนานาชาติเฉพาะที่ตีพิมพ์ในฐานข้อมูลสากล (ISI) อย่างน้อย 1 บทความ และการนำเสนอผลงานผ่าน การประชุมทางวิชาการ จำนวน 2 เรื่องในการประชุมทางวิชาการ ระดับชาติ นอกจากนี้ผลงานวิจัยจะ

นำเข้าสู่การสร้างเครือข่ายวิจัยเพื่อให้เกิดการศึกษาวิจัย ฟิสิกส์เชิงเกษตรกรรม (Agrophysics) ในประเทศให้มากยิ่งขึ้น

บทที่ 2
ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าว เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า ในประเทศไทย ข้าวหอมมะลิมีสายพันธุ์ในประเทศและเป็นที่นิยมไปทั่วโลก

ข้าวสาร ข้าวเปลือกที่สีซ้อมจนเหลือแต่เมล็ดขาวดีแล้ว

พันธุ์ของข้าว

ข้าวที่นิยมบริโภคมีอยู่ 2 สปีชีส์ใหญ่ๆ คือ

1. Oryza glaberrima ปลูกเฉพาะในเขตร้อนของแอฟริกาเท่านั้น
2. Oryza sativa ปลูกทั่วไปทุกประเทศ ข้าวชนิด Oryza sativa ยังแยกออกได้เป็น
   อินดิกา (indica) เป็นข้าวประเภทเมล็ดพันธุ์ยาว มีปลูกมากในเขตร้อน
   จาปอนิกา (japonica) เป็นข้าวประเภทเมล็ดพันธุ์สั้น ปลูกมากในเขตอบอุ่น
   จาวานิกา (Javanica) เป็นข้าวประเภทเมล็ดพันธุ์กลมใหญ่ พบอยู่ในเขตร้อนชื้น

ข้าวที่ปลูกในประเทศไทยเป็นพวก Indica ซึ่งแบ่งออกเป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว นอกจากนี้ ข้าวยังได้ถูกมนุษย์คัดสรรและปรับปรุงพันธุ์มาโดยตลอดตั้งแต่มีประวัติศาสตร์การเพาะปลูก ข้าวในปัจจุบัน จึงมีหลายหลายพันธุ์ทั่วโลกที่ให้รสชาติและประโยชน์ใช้สอยต่างกันไป พันธุ์ข้าวที่มีชื่อเสียงระดับโลกของไทย คือ ข้าวหอมมะลิ

ลักษณะทั่วไป

ลักษณะที่สำคัญของข้าวแบ่งออกได้เป็นลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต และลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์ ดังนี้

ลักษณะที่เกี่ยวกับการเจริญเติบโต

ลักษณะที่มีความสัมพันธุ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ

- **ราก** รากเป็นส่วนที่อยู่ใต้ผิวดิน ใช้ยึดลำต้นกับดินเพื่อไม่ให้ต้นล้ม แต่บางครั้งก็มีรากพิเศษเกิดขึ้นที่ข้อซึ่งอยู่เหนือพื้นดินด้วย ต้นข้าวไม่มีรากแก้ว แต่มีรากฝอยแตกแขนงกระจายแตกแขนงอยู่ใต้ผิวดิน

- **ลำต้น** มีลักษณะเป็นโพรงตรงกลางและแบ่งออกเป็นปล้องๆ โดยมีข้อกั้นระหว่างปล้อง ความยาวของปล้องนั้นแตกต่างกัน จำนวนปล้องจะเท่ากับจำนวนใบของต้นข้าว ปกติมีประมาณ 20-25 ปล้อง
- **ใบ** ต้นข้าวมีใบไว้สำหรับสังเคราะห์แสง เพื่อเปลี่ยนแร่ธาตุ อาหาร น้ำ และคาร์บอนไดออกไซด์ให้เป็นแป้ง เพื่อใช้ในการเจริญเติบโตและ สร้างเมล็ดของต้นข้าว ใบประกอบด้วย กาบใบและแผ่นใบ

ลักษณะที่เกี่ยวกับการขยายพันธุ์

ต้นข้าวขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดซึ่งเกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสร ตัวเมีย ลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับการ ขยายพันธุ์ ได้แก่ รวง ดอกข้าวและเมล็ดข้าว

- **รวงข้าว** (panicle) หมายถึง ช่อดอกของข้าว (inflorescence) ซึ่งเกิดขึ้นที่ข้อของปล้องอันสุดท้ายของต้นข้าว ระยะระหว่างข้ออันบนของปล้องอันสุดท้ายกับข้อต่อของใบธง เรียกว่า คอรวง
- **ดอกข้าว** หมายถึง ส่วนที่เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียสำหรับผสมพันธุ์ ดอกข้าวประกอบด้วยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่นประสานกัน เพื่อห่อ หุ้มส่วนที่อยู่ภายในไว้ เปลือกนอกใหญ่แผ่นนอก เรียกว่า เลมมา (lemma) ส่วนเปลือกนอกใหญ่แผ่นใน เรียกว่า พาเลีย (palea) ทั้งสองเปลือกนี้ ภายนอกของมันอาจมีขนหรือไม่มีขนก็ได้
- **เมล็ดข้าว** หมายถึง ส่วนที่เป็นแป้งที่เรียกว่า เอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) และส่วนที่เป็นคัพภะ ซึ่งห่อหุ้มไว้โดยเปลือกนอกใหญ่สองแผ่น เอ็นโดสเปิร์มเป็นแป้งที่เราบริโภค คัพภะเป็นส่วนที่มีชีวิตและงอกออกมาเป็นต้นข้าวเมื่อเอาไปเพาะ

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ภาพที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว

(ที่มา: http://th.wikipedia.org, 2552)

ประเภทของข้าว

แบ่งออกได้เป็น 2 ประเภท คือ ข้าวเจ้า และ ข้าวเหนียว ซึ่งมีลักษณะเหมือนกันเกือบทุกอย่างแต่ต่างกันตรงที่เนื้อแข็งในเมล็ด

- เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 15-30
- เมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งอมิโลเพคติน (Amylopectin) เป็นส่วนใหญ่ และมีแป้งอมิโลส (Amylose) ประมาณร้อยละ 5-7

การค้าข้าว

โลกมีความต้องการข้าวความต้องการบริโภคของโลกประมาณ 417.7 ล้านตัน ประเทศไทยเป็น ประเทศที่ส่งออกข้าวมากที่สุดในโลก ด้วยสัดส่วนการส่งออก ร้อยละ 36 รองลงมาคือ เวียดนาม ร้อยละ 20 อินเดีย ร้อยละ 18 สหรัฐอเมริกา ร้อยละ14 ปากีสถาน ร้อยละ 12 ตามลำดับ

ตารางที่ 2.1 สถิติลำดับประเทศที่ผลิตข้าวของ FAO

ลำดับ	ประเทศ	จำนวน (in Tsd. t)	ลำดับ	ประเทศ	จำนวน (in Tsd. t)
1	จีน	181.900	11	สหรัฐอเมริกา	10.126
2	อินเดีย	130.513	12	ปากีสถาน	7.351
3	อินโดนีเซีย	53.985	13	เกาหลีใต้	6.435
4	บังกลาเทศ	40.054	14	อียิปต์	6.200
5	เวียดนาม	36.341	15	กัมพูชา	4.200
6	ไทย	27.000	16	เนปาล	4.100
7	พม่า	24.500	17	ไนจีเรีย	3.542
8	ฟิลิปปินส์	14.615	18	อิหร่าน	3.500
9	บราซิล	13.141	19	ศรีลังกา	3.126
10	ญี่ปุ่น	11.342		รวม	618.440

ที่มา: http://www.fao.org (2552)

คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

กำหนดจากคุณลักษณะของเมล็ดข้าวที่มองเห็น สัมผัส และชั่ง ตวง วัดได้ ดังนี้

1. น้ำหนักเมล็ด สามารถกำหนดได้ 2 รูปแบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร เช่น กรัม/ลิตร หรือกิโลกรัม/ถัง และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด เช่น น้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าว

2. สีของเมล็ดข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ในสมัยก่อนมีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ข้าว เช่น ขาวพวง ขาวนางเนย เนื่องจากเปลือกมีสีฟางหรือสีขาว หรือเหลืองข้างรั่ว เหลืองหอม เนื่องจากเปลือกมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เป็นต้น

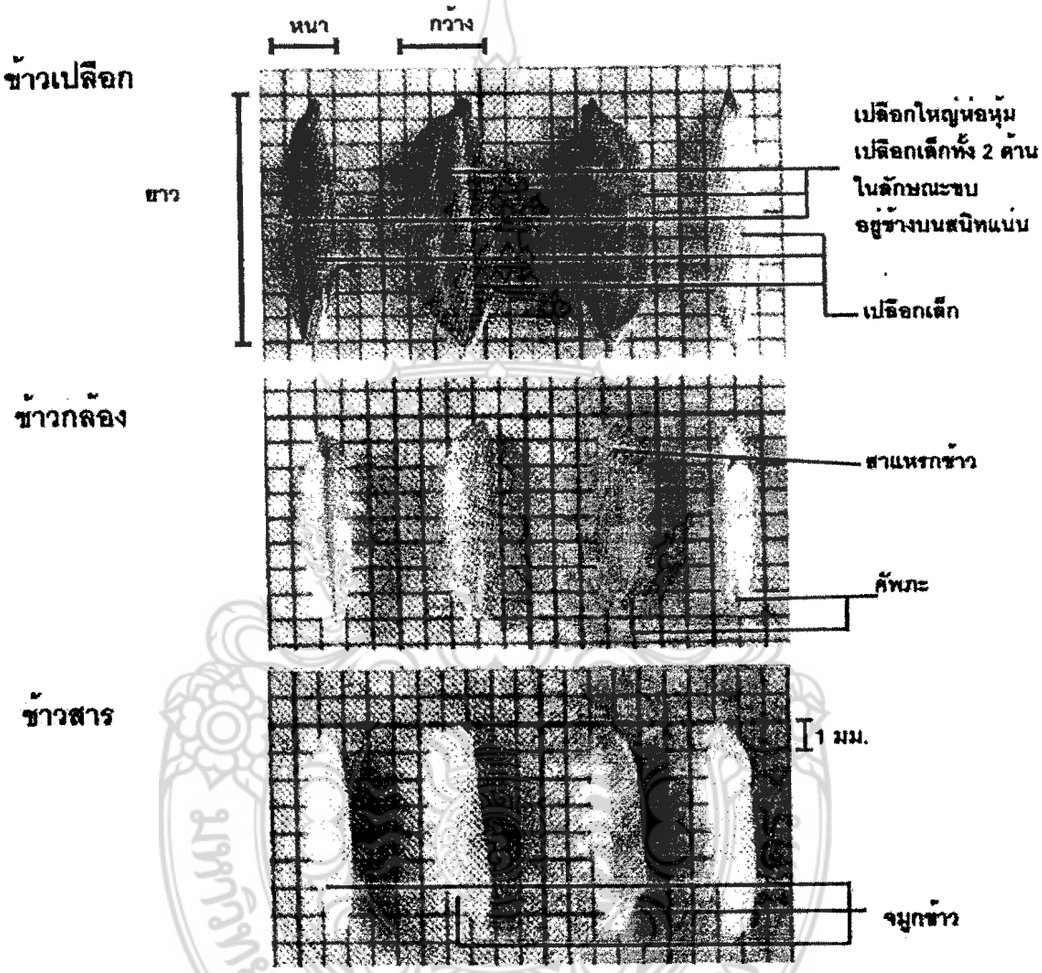
3. สีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือว่าเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้ หากเป็นสีล้วนๆ จะมีราคาสูง แต่ถ้าปนในข้าวสารจะทำให้คุณภาพหรือราคาด้อยลง

4. ขนาดรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดจากความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด (แสดงดังภาพที่ 2.2) ได้ดังนี้

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะทางจากปลายยอดสุดเมล็ดถึงโคนเมล็ด

ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่างเปลือกใหญ่ (lemma) ถึงเปลือกเล็ก (palea)

ความหนาของเมล็ด หมายถึง ระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง



ภาพที่ 2.2 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว

(ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวเปลือก รูปร่างของเมล็ดข้าวสามารถแบ่งออกเป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลาง ป้อม ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงคุณภาพประสิทธิภาพของการขัดสีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้อง และข้าวสารแต่ละชนิด

ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว

รูปร่าง	ข้าวเปลือก	ข้าวกล้อง	ข้าวสาร
เรียว	3.4 หรือ >	3.1 หรือ >	3.0 หรือ >
ปานกลาง	2.3 - 3.3	2.1 - 3.0	2.0 - 2.9
ป้อม	2.2 หรือ <	2.0 หรือ <	1.9 หรือ <

Source : USDA (1982)

มาตรฐานข้าวไทยไม่มีการกำหนดรูปร่างเมล็ด เนื่องจากข้าวส่วนใหญ่มีเมล็ดยาวเรียว และยึดถือข้าวที่มีความยาวเกิน 7.0 มิลลิเมตร เป็นข้าวคุณภาพดี และข้าวไทยเป็นข้าวประเภทอินดิก้าจึงทำให้เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าข้าวชนิดอินดิก้ามีเมล็ดยาวเรียว แต่โดยความเป็นจริงมีข้าวไทยพันธุ์พื้นเมืองบางพันธุ์มีเมล็ดป้อมเช่นกัน

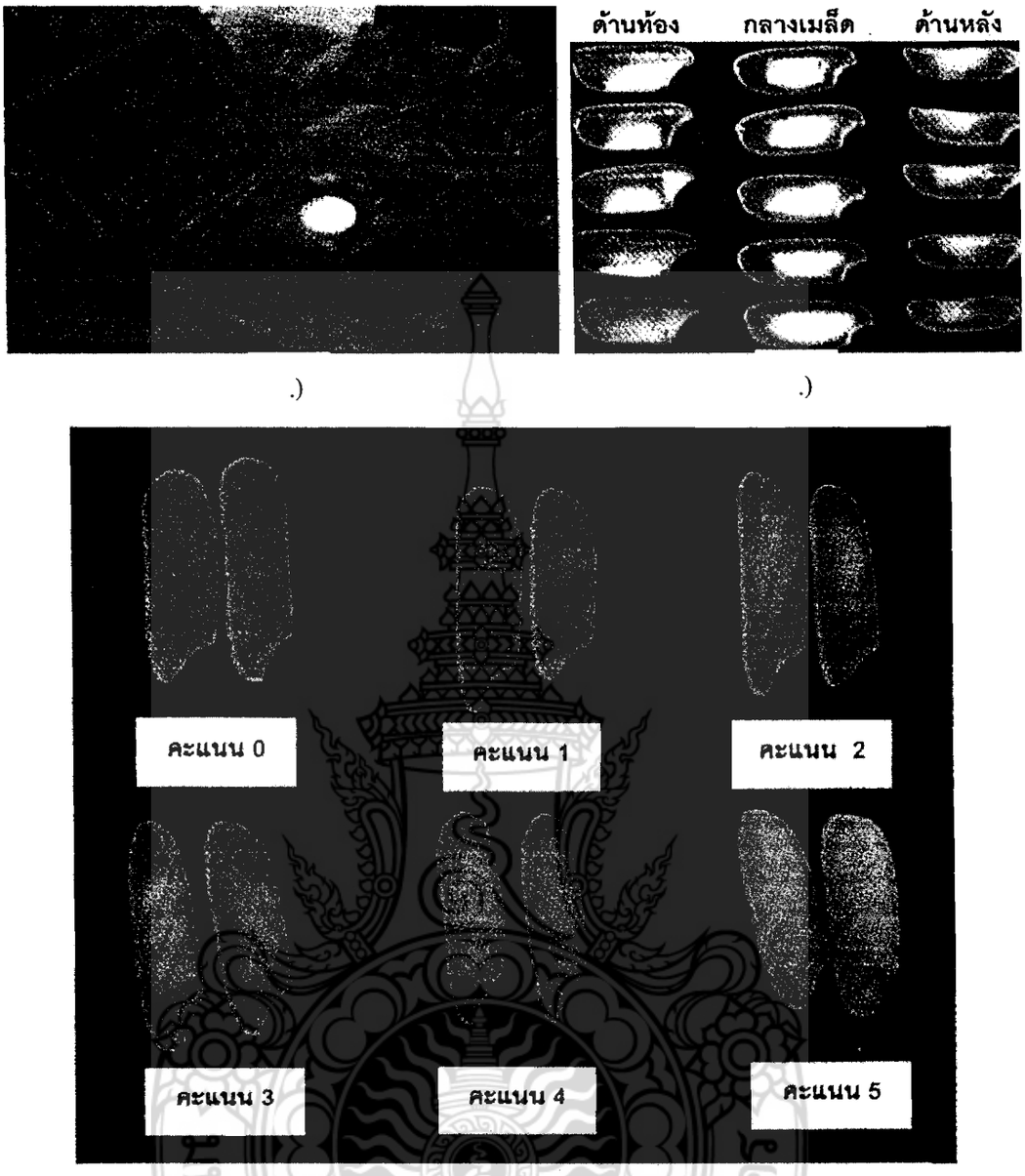
ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวสาร

ขนาดเมล็ด	ความยาว (มม.)	ความกว้าง (มม.)	ความหนา (มม.)	น้ำหนักเมล็ด (มก./เมล็ด)
ยาว	6.5-7.5	1.9-2.2	1.5-1.8	15-21
ปานกลาง	5.4-6.0	2.3-2.7	1.7-1.9	17-21
สั้น	5.0-5.2	2.5-2.9	1.8-2.0	18-22

ที่มา: Webb (1991)

5. ข้าวท้องไข่ (Chalky grain) เป็นจุดขาวทึบแสงภายในเมล็ดข้าวเจ้า ซึ่งเกิดจากการจับตัวอย่างหลวมๆ ระหว่างผลึกแป้ง (starch granule) กลุ่มแป้ง (starch compound) และโปรตีน (protein body) ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆ ภายในเมล็ด จึงเห็นเป็นลักษณะทึบแสง จุดขุ่นขาวนั้นอาจมีขนาดแตกต่างกัน ดังนั้น สถาบันวิจัยข้าวนานาชาติ (IRRI) จึงจัดระดับความเป็นท้องไข่ของเมล็ดเป็น 0-5 (แสดงดังภาพที่ 2.3) โดยให้ระดับ 0 เป็นเมล็ดใสทั้งเมล็ด และระดับ 5 เป็นเมล็ดที่มีส่วนขาวขุ่นร้อยละ 80 ของทั้งเมล็ด ตำแหน่งของท้องไข่อาจเกิดขึ้นตรงกลางเมล็ด (white center) จากด้านท้องที่อยู่ข้างเดียวกับคัพภะ (white belly) หรือจากด้านหลัง (white back)

นอกจากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแล้ว สภาพแวดล้อมยังมีผลกระทบกระเทือน เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาล และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น



ภาพที่ 2.3 (ก.) เครื่องวัดข้าวท้องไข่

(ข.) รูปลักษณะข้าวท้องไข่

(ค.) ลักษณะการให้คะแนนข้าวท้องไข่

(ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

6. ความเลื่อมมันของเมล็ด เป็นปัจจัยที่พ่อค้าใช้ประเมินคุณภาพ-และราคาข้าว ข้าวกล้องที่มีความเลื่อมมันดี เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

7. ความขาวของข้าวสาร ข้าวที่ผ่านการสีจนเป็นข้าวสารแล้วจะมีสีขาวเสมอ เพราะส่วนที่เหลือเป็นแป้ง แต่ข้าวสารอาจมีความขาวแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี ข้าวที่เก็บไว้นาน

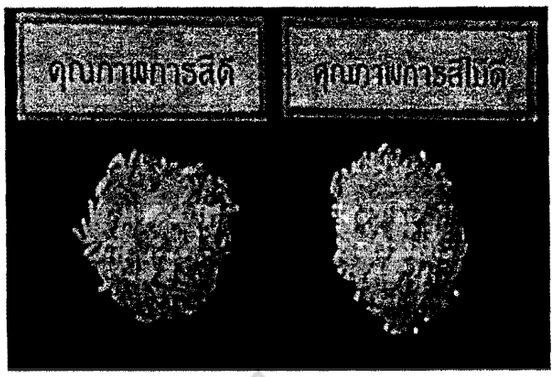
8. ความใสของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง ความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด จะสังเกตเห็นความแตกต่างในเมล็ดข้าวเจ้า ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขาวขุ่นอย่างเดียว ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคนละลักษณะของข้าวท้องไข่

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ

ลำดับที่	ชื่อพันธุ์	สีเปลือก	ความยาว (มม.)	รูปร่าง	ค่าท้องไข่	น.น. 100 เมล็ด (กรัม)	น.น.เมล็ด/ปริมาตร (กก./ถัง)
1	กข 1	ฟาง	7.1	เรียว	น้อย	2.66	11.21
2	กข 2	ฟาง	7.4	ค่อนข้างป้อม	ข้าวเหนียว	3.59	10.32
3	กข 3	น้ำตาล	7.5	เรียว	น้อย	2.72	11.51
4	กข 4	น้ำตาลเข้ม	7.3	เรียว	ข้าวเหนียว	2.99	10.25
5	กข 5	ฟางก้นจุด	7.2	เรียว	น้อย	2.34	10.74
6	กข 6	น้ำตาล	7.2	เรียว	ข้าวเหนียว	2.70	10.48
7	กข 7	ฟาง	7.2	เรียว	น้อย	2.82	11.04
8	กข 8	น้ำตาล	7.1	ค่อนข้างป้อม	ข้าวเหนียว	3.36	10.54
9	กข 9	ฟาง	7.2	เรียว	น้อย	2.68	11.08
10	กข 10	ฟาง	7.6	เรียว	ข้าวเหนียว	3.07	10.12
11	กข 11	ฟาง	7.6	เรียว	ปานกลาง	3.34	11.08
12	กข 13	น้ำตาล	6.9	เรียว	ปานกลาง	2.25	11.08
13	กข 15	ฟาง	7.5	เรียว	น้อย	2.68	10.62
14	กข 17	ฟาง	7.0	เรียว	ปานกลาง	2.23	11.76
15	กข 19	ฟาง	7.5	ค่อนข้างป้อม	มาก	3.32	11.13
16	กข 21	ฟางกระน้ำตาล	7.3	เรียว	น้อย	2.74	11.18
17	กข 23	ฟาง	7.3	เรียว	น้อย	2.71	11.33
18	กข 25	ฟาง	7.4	เรียว	ปานกลาง	2.76	11.67
19	กข 27	ฟางกระน้ำตาล	7.5	เรียว	น้อย	3.01	12.03
20	เหมยนอง 62	ฟางกระน้ำตาล	6.7	ค่อนข้างป้อม	ข้าวเหนียว	3.17	10.54
21	ขาวดอกมะลิ 105	ฟาง	7.4	เรียว	น้อย	2.77	10.64
22	เหลืองใหญ่ 148	น้ำตาล	7.3	เรียว	น้อย	3.17	11.27
23	เหนียวสันป่าตอง	น้ำตาล	7.2	เรียว	ข้าวเหนียว	2.96	10.16

ที่มา: เครือวัลย์ (2531)

คุณภาพการสี



ภาพที่ 2.4 เปรียบเทียบคุณภาพการสีเมล็ดข้าว
(ที่มา: http://th.wikipedia.org, 2552)

คุณภาพการสีของข้าวประเมินจากปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้ว จะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหักน้อย ดังนั้น การประเมินคุณภาพการสีของข้าวจึงเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพข้าว หรือการสีข้าว สิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่

1). แกลบ ประมาณ 20-24% ของข้าวเปลือก เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด กลีบเลี้ยง ฟางและขั้วเมล็ด

2). รำ ประมาณ 8-10% ของข้าวเปลือก เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด เยื่อหุ้มเนื้อเมล็ด คัพภะและผิวนอกๆของข้าวสาร

3). ข้าวสาร ประมาณ 68-70% ของข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้จากการขัดขาวจะถูกนำไปคัดแยก เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว และข้าวหัก ในปริมาณมาก น้อยเพียงใด ขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวเปลือกก่อนสี หากข้าวเปลือกมีคุณภาพดี จะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง ข้าวหักน้อย

คุณภาพในการซื้อขาย

การประเมินคุณภาพข้าวในการซื้อขายนั้น สิ่งที่กำหนดราคาข้าว ได้แก่

1). ความชื้น มีบทบาทสำคัญในการกำหนดราคาข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสม และลดความชื้นอย่างเหมาะสม เหลือ 13-15% จะมีราคาสูงกว่าข้าวที่มีความชื้นสูง เนื่องจากข้าวแห้งที่มีความชื้นเหมาะสม สามารถทำการสีได้ โดยไม่ต้องนำมาลดความชื้นอีก แต่หากรับซื้อข้าวที่มีความชื้นสูง ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น และสูญเสียน้ำหนักข้าวหลังการลดความชื้น ดังนั้น ข้าวที่มีความชื้นเกินกำหนดจึงถูกตัดราคา

2). ลักษณะทางกายภาพของข้าว โดยการกะเทาะ และขัดสีเพื่อประเมินสีข้าวกล้อง ท้องไข่ความใสขุ่นของเมล็ด และสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ข้าวแดง ข้าวเหลือง ข้าวเสีย หรือข้าวชนิดอื่นปน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเหล่านี้ในปริมาณต่างๆกัน จะเป็นตัวกำหนดราคาข้าว

3). คุณภาพการสี เพื่อประเมินผลของการแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ปริมาณข้าวรวม ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักขนาดต่างๆ และปลายข้าว ซึ่งผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อจะเป็นค่าที่โรงสีใช้ประเมินผลได้จากการแปรสภาพในโรงสีจริง โดยทั่วไปโรงสีจะตั้งเกณฑ์ขั้นต่ำของผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อ หากข้าวที่เกษตรกรนำมาจำหน่ายมีผลได้จากการขัดสีต่ำกว่าเกณฑ์ จะถูกตัดราคา

4). ประเภทของข้าว ข้าวคุณภาพดี ตามความต้องการของตลาดและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคเช่นข้าวหอมมะลิ มักมีราคาดีกว่าข้าวสาร

คุณภาพเมล็ดข้าวทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำ หรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีสตาร์ชเป็นหลัก และสตาร์ชนี้ประกอบด้วยแอมิโลส และแอมิโลเพกทินในสัดส่วนต่างๆกัน ขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว ทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้ม และคุณภาพในการรับประทานที่ต่างกันไป

สตาร์ช เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซกคาไรด์ ที่พบมากที่สุดในเนื้อเมล็ดข้าว (ประมาณ 90 เปอร์เซนต์) จึงมีผลต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุดด้วยเช่นกัน โดยโมเลกุลของสตาร์ชรวมกันเป็นเม็ดสตาร์ช มีขนาด 3-5 ไมครอน เมื่อสกัดสตาร์ชออกจากเมล็ดข้าว โดยใช้วิธีการบดแบบเปียกด้วยน้ำ หรือสารละลายเบสเพื่อสกัดแยกส่วนโปรตีนออกไป และสารละลายยังช่วยไม่ให้เม็ดสตาร์ชเสียหายในขณะบด ซึ่งสตาร์ชข้าวเจ้า และข้าวเหนียวจะมีคุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์แตกต่างกันไปบ้างดังแสดง ในตารางที่ 2.5

ตารางที่ 2.5 คุณสมบัติทางเคมีเชิงฟิสิกส์ของสตาร์ชข้าวเจ้าเปรียบเทียบกับสตาร์ชข้าวเหนียว

คุณสมบัติ	สตาร์ช	
	ข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว
อุณหภูมิสุดท้ายของการเกิดเจล , °ซ	58 - 79	58 - 78.5
ขนาดเม็ดสตาร์ช , ไมโครเมตร	1.6 - 8.7	1.9 - 8.1
ความหนาแน่น (แทนที่โดยไซลีน) , กรัม/มิลลิลิตร	1.49 - 1.51	1.48 - 1.50
ความสามารถในการจับไอโอดีน , %	2.36 - 6.96	0.15 - 0.86
ความหนืดข้นของเจล , เซนติพลอยด์ (6% ใน KOH เข้มข้น 0.2 N)	140 - 1,200	64 - 1,890
ความหนืดข้นในตัว , มิลลิลิตร / กรัม	160 - 194	46 - 164
โปรตีน (ไนโตรเจน) ที่เหลืออยู่ , %น้ำหนักแห้ง	0.02 - 0.12	0.01 - 0.02
ฟอสฟอรัสที่เหลืออยู่ , มิลลิกรัม / กรัม	0.12 - 0.45	0.02 - 0.03
โคลีน , ไมโครโมล / กรัม	3.9 - 9.2	0 - 0.02
กลูโคส - 6 - ฟอสเฟต , ไมโครโมล / กรัม	0.2 - 0.7	0.3 - 0.6
ไขมันที่เกาะเกี่ยว , % น้ำหนักแห้ง		
- สกัดด้วยน้ำ - บิวทานอลอิ่มตัวที่เย็น	0.2 - 0.4	0.03 - 0.04
- สกัดด้วยน้ำ - บิวทานอลอิ่มตัวที่ร้อน	0.5 - 0.9	0.1 - 0.2

ที่มา: Juliano (1985)

แอมิโลส ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์เชิงเส้น ด้วยพันธะแอลฟา -1,4 มีโซ่กิ่ง อยู่ประมาณ 3-4 กิ่ง ด้วยพันธะแอลฟา -1,6 เมื่อย่อยด้วยเอนไซม์ บีตา-แอมิโลเลส ได้ส่วนที่เหลือจากการย่อยประมาณ 73-81% มีระดับชั้นของพอลิเมอไรเซชั่นเฉลี่ย 1,000-1,100 มีความยาวของสายเฉลี่ย 250-320 จำนวนสายเฉลี่ย 3.4-4.0 และมีโมเลกุลที่เป็นกิ่งก้าน 31-49%

แอมิโลเพกทิน ประกอบด้วยน้ำตาลกลูโคสจัดเรียงตัวเป็นพอลิเมอร์ที่มีโซ่กิ่งเป็นแขนงมาก ประมาณ 96% ต่อกันด้วยพันธะแอลฟา-1,4 และอีก 4 % ต่อด้วยพันธะแอลฟา -1,6 มีระดับชั้นของพอลิเมอไรเซชั่นเฉลี่ย 4,700-18,500 ความยาวของสายเฉลี่ย 220-1,000 โดยความยาวของสายภายนอกเฉลี่ย 12-14 และความยาวของสายภายในเฉลี่ย 5-6 ตารางที่ แสดงคุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแอมิโลส และ แอมิโลเพกทิน

ตารางที่ 2.6 คุณสมบัติทางเคมีฟิสิกส์ของแอมิโลส และแอมิโลเพกทิน

คุณสมบัติ	แอมิโลส	แอมิโลเพกทิน	
		ข้าวเจ้า	ข้าวเหนียว
ความสามารถในการจับไอโอดีน , %	17.4 - 20.0	0.37 – 2.74	0.07 – 0.09
บีตา - แอมิโลไลซิส ลิมิต , %	72 – 84	49 - 58	49 - 59
ค่าคงที่ของการตกตะกอน , $S_{20,w}$ Svedbergs	4 – 14	20 - 510	60 - 520
ค่าเฉลี่ยของดีกรีการเกิดพอลิเมอร์ , กลูโคสยูนิต	530 - 790	260 - 880	330 – 1,050
ความหนืดข้นในตัว , มิลลิลิตร / กรัม (0.15 – 0.10 M KOH)	55 - 242	85 - 221	46 - 186
ค่าเฉลี่ยความยาวของเส้น , กลูโคสยูนิตต่อพันธะกิ่ง	100 - 160	18 - 28	18 - 27
ความหนืดข้นของเจล , เซนติพลอยด์ (6% ใน KOH เข้มข้น 0.2 N)	13 - 160	290 - 740	19 - 330

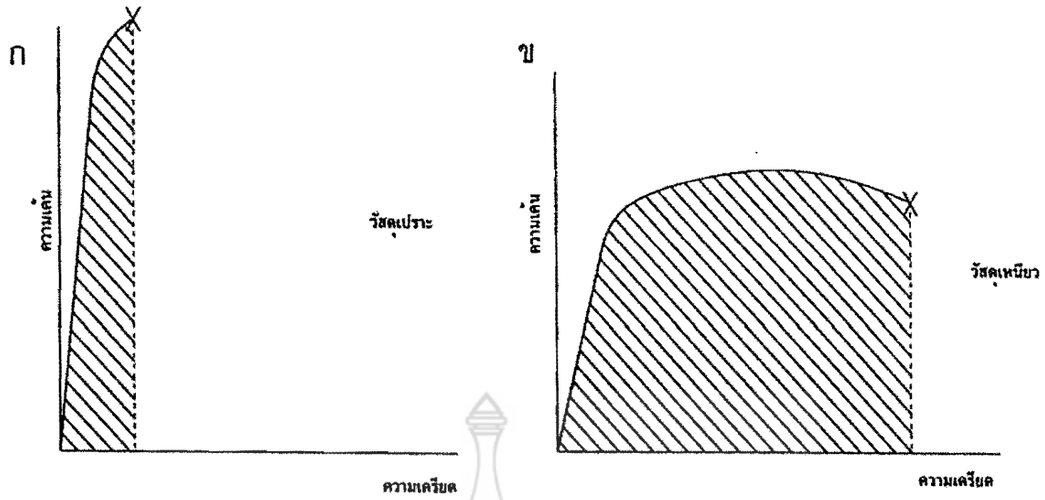
ที่มา: Juliano (1985)

โครงการวิจัยนี้ คณะวิจัยมุ่งเน้นในการสร้างนวัตกรรมในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบความแกร่งของเมล็ดข้าว โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ ได้แก่ แรงความเค้น และความเครียด ซึ่งในทางฟิสิกส์นั้น ถ้ากล่าวถึงปริมาณดังกล่าวสามารถอธิบายได้พอสังเขปดังนี้

ความเค้น (Stress) หมายถึง แรงต้านทานภายในเนื้อวัสดุที่มีต่อแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ แต่เนื่องจากความไม่เหมาะสมทางปฏิบัติ และความยากในการวัดหาค่านี้ เราจึงมักจะพูดถึงความเค้นในรูปของแรงภายนอกที่มากระทำต่อหนึ่งหน่วยพื้นที่ ด้วยเหตุผลที่ว่า แรงกระทำภายนอกมีความสมดุลกับแรงต้านทานภายใน

ความเครียด (Strain) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงรูปร่างของวัสดุ (Deformation) เมื่อมีแรงภายนอกมากระทำ (เกิดความเค้น) การเปลี่ยนรูปของวัสดุนี้เป็นผลมาจากการเคลื่อนที่ภายในเนื้อวัสดุ วัสดุทุกชนิดจะมีพฤติกรรมการเปลี่ยนรูปทั้งสองชนิดนี้ขึ้นอยู่กับแรงที่มากระทำหรือความเค้น ว่ามีมากน้อยเพียงใด หากไม่เกินพิกัดการคืนรูป (Elastic Limit) แล้ว วัสดุนั้นก็จะมีพฤติกรรมคืนรูปแบบอิลาสติก (Elastic Behavior) แต่ถ้าความเค้นเกินกว่าพิกัดการคืนรูปแล้ววัสดุก็จะเกิดการเปลี่ยนรูปแบบถาวรหรือแบบพลาสติก (Plastic Deformation)

ความแกร่ง (Toughness) หมายถึง ความสามารถของวัสดุที่จะดูดซึมพลังงานไว้ได้โดยไม่เกิดการแตกหัก เรียกว่า ความแกร่ง (Toughness) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับคุณสมบัติด้านความแข็งแรงและความเหนียวของมัน โดยกำหนดว่า Modulus of Toughness เท่ากับพื้นที่ภายใต้เส้นโค้งความเค้น-ความเครียดที่ได้จากการทดสอบแรงดึงดังภาพที่ 8.5 ค่า Modulus of Toughness นี้จะแสดงถึงงานต่อหน่วยปริมาตรของวัสดุที่ต้องใช้จนทำให้เกิดการแตกหักด้วย ข้อกำหนดนี้จะแสดงให้เห็นถึงข้อแตกต่างระหว่างวัสดุเหนียวที่มีความแกร่งสูงและวัสดุเปราะที่มีความแกร่งต่ำด้วย ภาพที่ 2.5ก และ 2.5ข



ภาพที่ 2.5 Modulus of Toughness ของวัสดุเปราะ (ก) และ วัสดุเหนียว (ข)

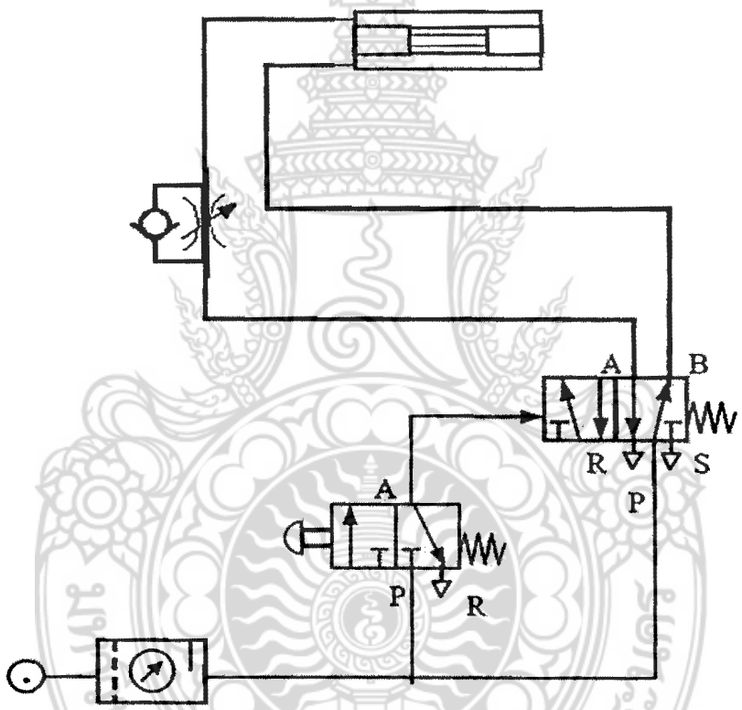
จากทฤษฎีข้างต้น รูปแบบการวัดความเค้นและความเครียดของวัตถุ จำเป็นต้องออกแรงกระทำให้ครอบคลุมทุกพื้นที่ผิวของวัตถุ แต่ลักษณะสัณฐานของเมล็ดข้าว โดยธรรมชาตินั้นมีลักษณะที่ไม่เป็นรูปทรงเรขาคณิต การวัดความเค้นโดยออกแรงกระทำเพียงด้านใดด้านหนึ่งของเมล็ดข้าว จะไม่ใช่ค่าความเค้นที่แท้จริง ประเด็นปัญหานี้สามารถแก้ไขได้ด้วยการสร้างแรงกระทำจากความดันอากาศ โดยเทคนิคการเจาะช่องอากาศภายในเมล็ดข้าว แล้วอัดความดันอากาศที่มีค่าเท่ากันทุกทิศทาง จึงได้ค่าความเค้นและรูปแบบการแตกหักของเมล็ดข้าวที่แท้จริงตามหลักทฤษฎี นำเข้าสู่การพัฒนานวัตกรรมในระดับห้องปฏิบัติการ นอกจากนี้การศึกษาวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเปอร์เซ็นต์ดัชนีของอมิโลส เป็นดัชนีชี้วัดความแข็งของเมล็ดข้าวปริมาณหนึ่ง ซึ่งทางคณะผู้วิจัยจะทำการศึกษาความสัมพันธ์ของปริมาณในเชิงกลศาสตร์ว่ามีความสัมพันธ์กับเปอร์เซ็นต์มิโลสอย่างไร ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลวิจัยเบื้องต้น ที่จะสนับสนุนการศึกษาโครงสร้างของเมล็ดข้าวในเชิงลึกต่อไป

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยเพื่อสร้าง เครื่องทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวต้นแบบ คณะผู้วิจัยได้เลือกที่จะใช้ระบบแรงลม เป็นแรงของระบบ ทั้งนี้เนื่องจากง่ายต่อการปรับแต่งและพัฒนา โดยได้ทำการออกแบบ และทดสอบแบบจำลอง ด้วย โปรแกรม FluidSim 3.6 ก่อนทำการสร้างชุดการทดสอบความแกร่งต้นแบบ สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เลือกใช้ในการทดสอบความแกร่งได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย คณะผู้วิจัยได้มุ่งประเด็นการศึกษาไปที่ แรง ความเค้น ความเครียด และโมดูลัสเพื่อการจำแนกสายพันธุ์

3.1 ระบบแรงกดจากระบบลม

คณะผู้วิจัยได้ทำการพัฒนาตัวเครื่องวัดความแกร่งต้นแบบเบื้องต้น โดยอาศัยหลักการแรงกดจากระบบลม (Pneumatic system) แสดงดัง**ภาพที่ 3.1** โดยมีหลักการทำงานดังนี้

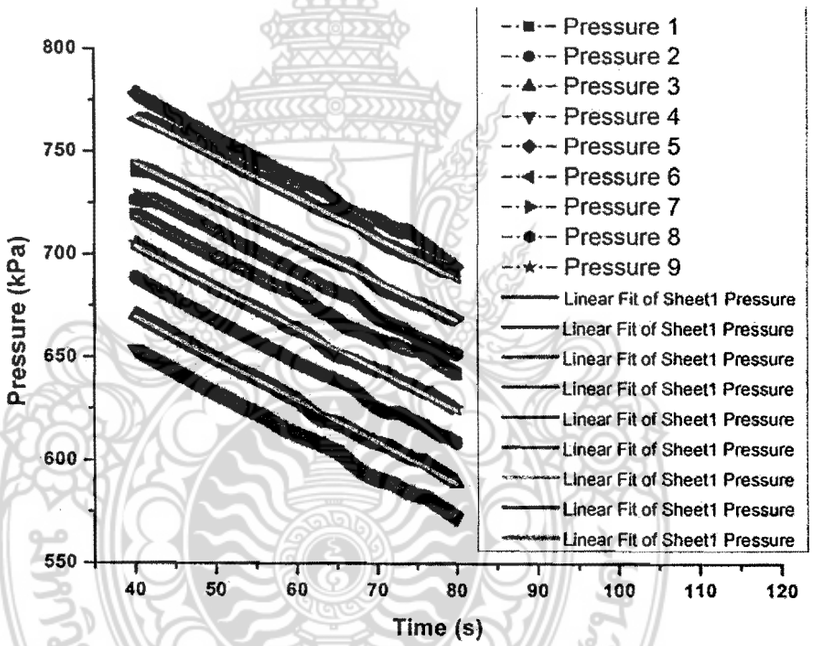


ภาพที่ 3.1 แสดงวงจรการควบคุมความเร็วลูกสูบด้วยวาวล์ควบคุมอัตราการไหลทางเดียว

เมื่อทำการกดวาล์ว 3/2 ลมจะไหลจาก **P** ไป **A** เข้าไปดันให้วาล์ว **5/2** เปลี่ยนตำแหน่งให้เลื่อนไปทางขวา โดยลมจาก **P** จะไหลออกทาง **A** ลมจะผ่านวาล์วควบคุมอัตราการไหลลมจะไปดันให้ลูกสูบเคลื่อนที่เข้าช้าหรือเร็วได้โดยการปรับที่วาล์วแบบคอคอดซึ่งสามารถปรับปริมาณลมได้ เมื่อปล่อยเมื่อกดวาล์ว **3/2** ลมที่ป้อนให้วาล์ว **5/2** ถูกตัด สปริงจะดันให้วาล์วกลับตำแหน่งปกติลูกสูบก็จะเคลื่อนที่เข้าการเคลื่อนที่เข้า-ออกของลูกสูบจะถูกควบคุมด้วยวาล์วควบคุมอัตราไหลวาล์วชนิดนี้สามารถควบคุมอัตราการไหลของความดันลม ได้เพียงทิศทางเดียว ดังนั้นจึงเป็นวาล์วที่ควบคุมความเร็ว ช้าของกระบอกสูบตอนเคลื่อนที่ เข้า ออก ได้อย่างอิสระ จากหลักการดังกล่าวคณะผู้วิจัยได้ทำการสร้างตัวเครื่องต้นแบบเพื่อทำการวัดความแกร่ง โดยทำการเก็บค่าแรงความดัน และระยะการเสียรูปผ่าน เซ็นเซอร์วัด แรง เซ็นเซอร์วัดความดัน และ เซ็นเซอร์วัดการหมุน

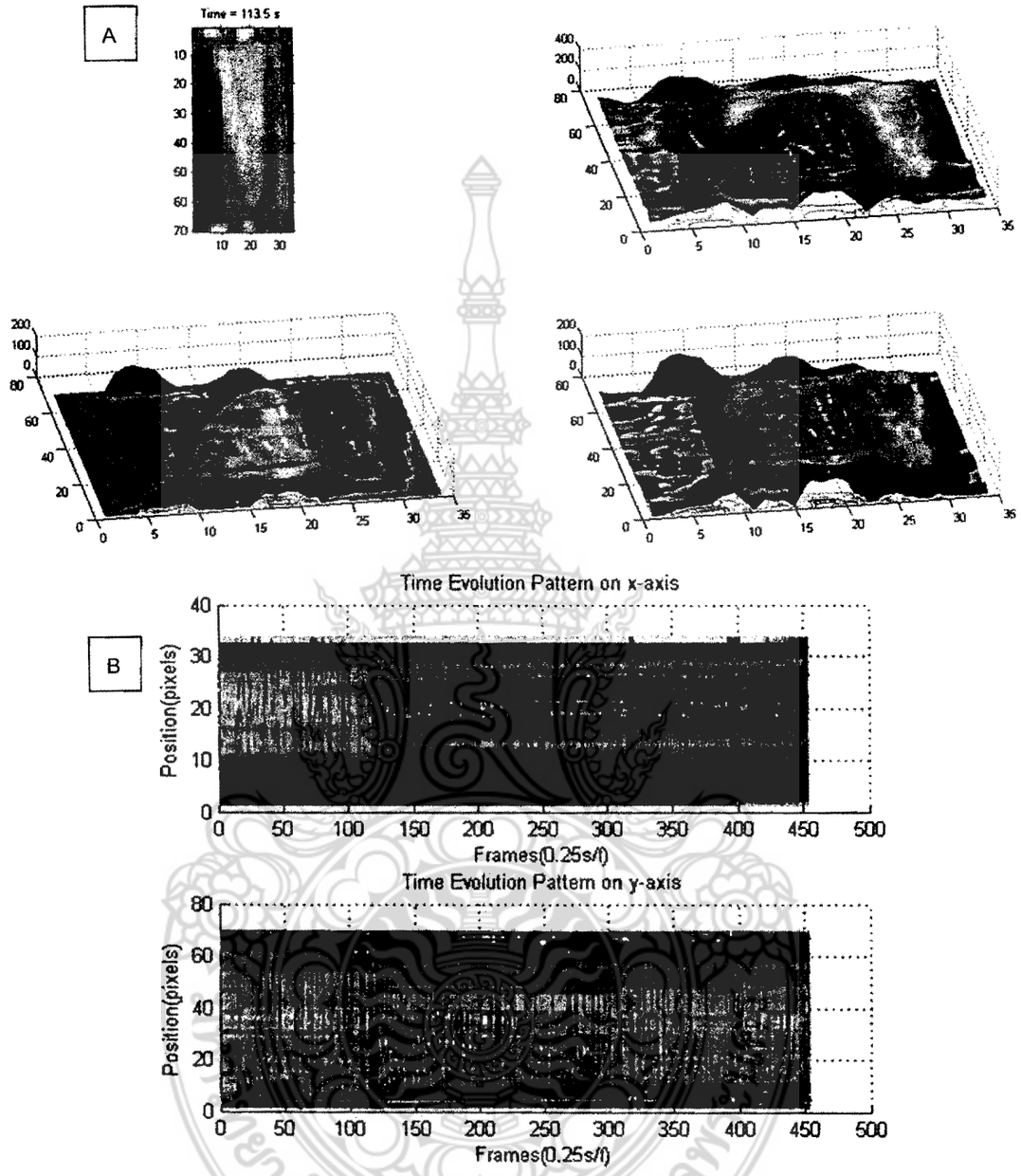
3.2 การทดสอบระบบลม

ในการทดสอบระบบลมของชุดวัดความแกร่งเพื่อกำหนดเป็นเกณฑ์ก่อนการตรวจวัดค่าแรง และระยะการเสียรูป คณะผู้วิจัยได้ทำการตั้งอัตราการเปลี่ยนแปลงของแรงลมที่ป้อนเข้าสู่ระบบ โดยการตรวจวัดผ่าน เซ็นเซอร์วัดความดัน ดังแสดงตามภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 แสดงการเปลี่ยนแปลงความดันที่ทำการป้อนเข้าสู่ระบบของชุดวัดความแกร่งเทียบกับเวลา โดยเส้นตรงที่ลากผ่านข้อมูลความดัน เป็นเส้นแนวโน้ม เพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของความดันเทียบกับเวลา ด้วยค่าความเชื่อมั่นที่ 0.99

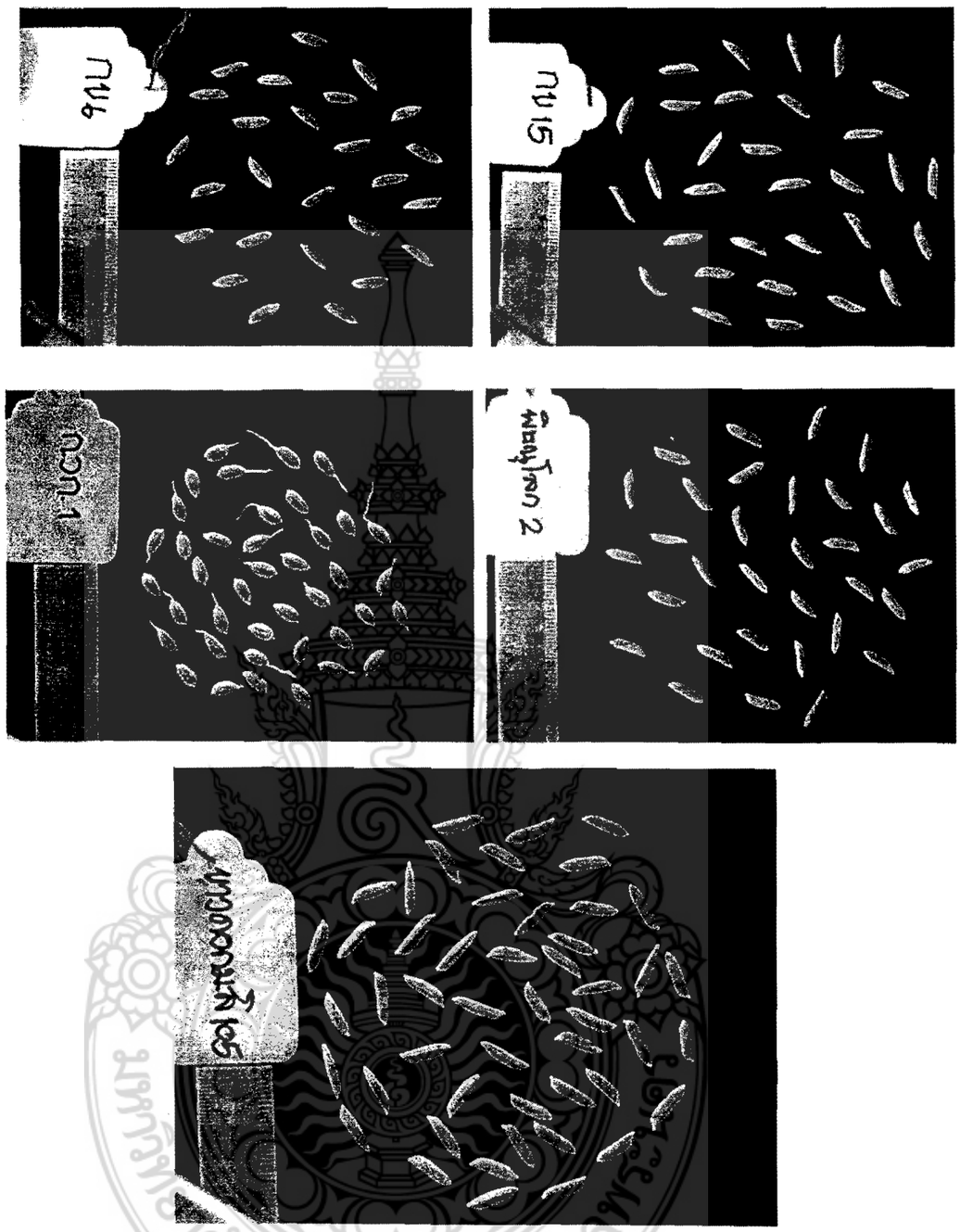
จากการศึกษาพบว่า อัตราการเปลี่ยนแปลงความดันเทียบกับเวลา มีค่าประมาณ 1.99±0.04 kPa/s ทำให้สามารถคำนวณหาแรงที่ป้อนเข้าสู่ระบบได้ประมาณ 5.269 ± 0.112 N/s สำหรับการวิเคราะห์เพิ่มเติมที่จะอธิบายพฤติกรรมการแตกหักของข้าว คณะผู้วิจัยได้ใช้กระบวนการวิเคราะห์เชิงภาพ (Image Processing) มาช่วยทำความเข้าใจ รูปแบบการแตกหัก โดยตัวอย่างผลการศึกษาเบื้องต้นแสดงตาม**ภาพที่ 3.3**



ภาพที่ 3.3 แสดงตัวอย่างการวิเคราะห์เชิงภาพที่ได้จากเครื่องวัดความแกร่งต้นแบบ **A)** แสดงรูปแบบการเปาะของเมล็ดข้าวขณะเกิดการเสียรูป **B)** แสดงรูปแบบการเปลี่ยนแปลงในหนึ่งมิติ

3.3 พันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษา

สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เลือกใช้ในการทดสอบความแกร่งได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงรายดังแสดงตามภาพที่ 3.4



ภาพที่ 3.4 แสดงพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย

โดยก่อนทำการทดสอบความแกร่ง ผู้วิจัยได้ทำการวัดน้ำหนักของเมล็ดข้าว ที่ระดับความชื้นที่ 20% wb. และขนาดของเมล็ดข้าว ตาม**ตารางที่ 3.1** และ **3.2** ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 หนักของเมล็ดข้าว ที่ระดับความชื้นที่ 20% wb.

สายพันธุ์	มวลรวม 100 เมล็ด (g)	มวล 1 เมล็ด (g)
กวก1	2.996	0.02996
ขาวดอกมะลิ105	2.556	0.02556
กข6	2.872	0.02872
กข15	2.861	0.02861
พิษณุโลก2	3.261	0.03261

ตารางที่ 3.2 ขนาดของเมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษา

พันธุ์ข้าว	ความกว้าง (mm)	ความหนา (mm)	ความยาว (mm)
กข6	2.8025	2.001	10.218
กข15	2.465	1.95	10.875
กวก1	3.389	2.42	7.398
พิษณุโลก2	2.446	2.012	10.338
ขาวดอกมะลิ105	2.498	1.979	10.601

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

บทที่ 4
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาวิจัยเพื่อสร้าง เครื่องทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าวต้นแบบ คณะผู้วิจัยได้มุ่งประเด็นการศึกษาไปที่ แรง ความเค้น ความเครียด และโมดูลัสเพื่อการจำแนกสายพันธุ์ โดยใช้เครื่องทดสอบความแกร่งต้นแบบที่สร้างขึ้น

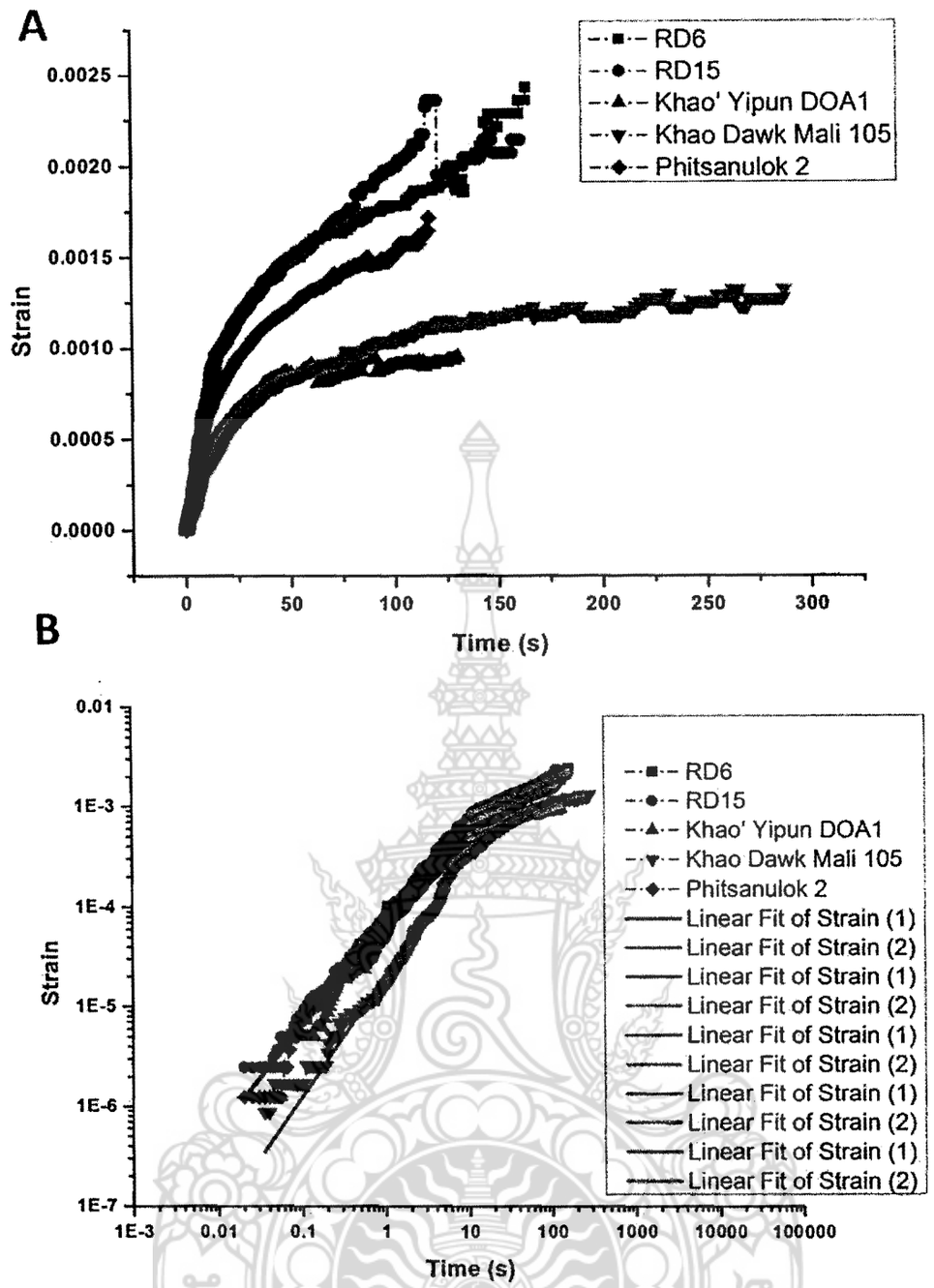
4.1 ความเค้นและความเครียด สำหรับพันธุ์ข้าว

เมื่อทำการทดสอบหาค่าความเค้นและความเครียด สำหรับพันธุ์ข้าว ได้แก่ กข6 กข15 กวก 1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 พบว่า ความสัมพันธ์ระหว่าง ความเค้น ความเครียด และเวลา ที่แสดงตาม**ภาพที่ 4.1** ถึง **4.3** แสดงให้เห็นอย่างชัดเจนทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพว่า ข้าวที่มีชนิดความต่างกัน จะแสดงออกซึ่งความต่างในเชิงปริมาณทางกลด้วย ทั้งนี้ ผลดังกล่าวมีนัยว่า ข้าวที่นำมาใช้ในการศึกษามีโครงสร้างภายในที่ต่างกันด้วย สำหรับในการศึกษานี้ ผู้วิจัยพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด กับเวลา แสดง ความสัมพันธ์ ในแบบ กฎแห่งกำลัง (power law) ซึ่ง พบว่าทุกพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษาแสดง รูปแบบการเปลี่ยนผ่าน(transition) ที่ประมาณสัญกรที่สอง(two decades) โดยที่ค่าสเกลการเปลี่ยนแปลงจะต่างกัน โดยพิจารณาจากความชันของกราฟ ดังแสดงตาม**ตารางที่ 4.1** ผลการวิเคราะห์นี้ อาจกล่าวในระดับหนึ่งได้ว่า ขนาดของเมล็ด มีผลต่อความเครียดในตัวเนื้อข้าว ในขณะที่อาจใช้จำแนกกลุ่มของ พันธุ์ข้าว ได้สามกลุ่มคือ ข้าวญี่ปุ่น (กวก 1) ข้าวพิษณุโลก2 และกลุ่มข้าวที่มีที่มาจากข้าวขาวดอกมะลิ105(กข6 กข15 และ ขาวดอกมะลิ105) โดยเฉพาะกลุ่มข้าวขาวดอกมะลิ105 ที่มีการปรับปรุงพันธ์โดยใช้รังสีแกรมมา ซึ่งในการศึกษาพบว่ามีกฎแห่งกำลัง ในจำพวกเดียวกัน แสดงให้เห็นว่ารูปแบบการจัดเรียงตัวของเนื้อข้าวมีความต่างกันไม่มาก อย่างไรก็ตามหากพิจารณา ผ่านความชันระหว่างความเค้นกับความเครียด จะพบว่า อาจไม่สอดคล้องกับ ผลข้างต้น แต่ก็สามารถสะท้อนให้เห็นถึงความต่างระหว่างพันธุ์ข้าวได้ ซึ่งความชันในกรณีนี้ มีนัยว่าเป็นโมดูลัสโดยเฉลี่ยของแต่ละพันธุ์ข้าว

4.2 โมดูลัสและแรงของการแตกหัก สำหรับพันธุ์ข้าว

สำหรับการวิเคราะห์หาโมดูลัสของพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการศึกษาพบว่า ความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลา แสดงให้เห็นความแตกต่างด้านการเปลี่ยนแปลงของพลังงานที่สะสมอยู่ในตัวเมล็ดข้าวที่แตกต่างกัน โดยที่ พันธุ์ข้าว ได้แก่ กข6 กข15 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 มีอัตราการเปลี่ยนแปลงที่มีช่วงที่กว้างกว่า กวก1 แสดงตาม**ภาพที่ 4.4** ผลดังกล่าวมีความสอดคล้องกับผลของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด กับเวลา นอกจากนี้เมื่อพิจารณาแรงของการแตกหัก แสดงตาม

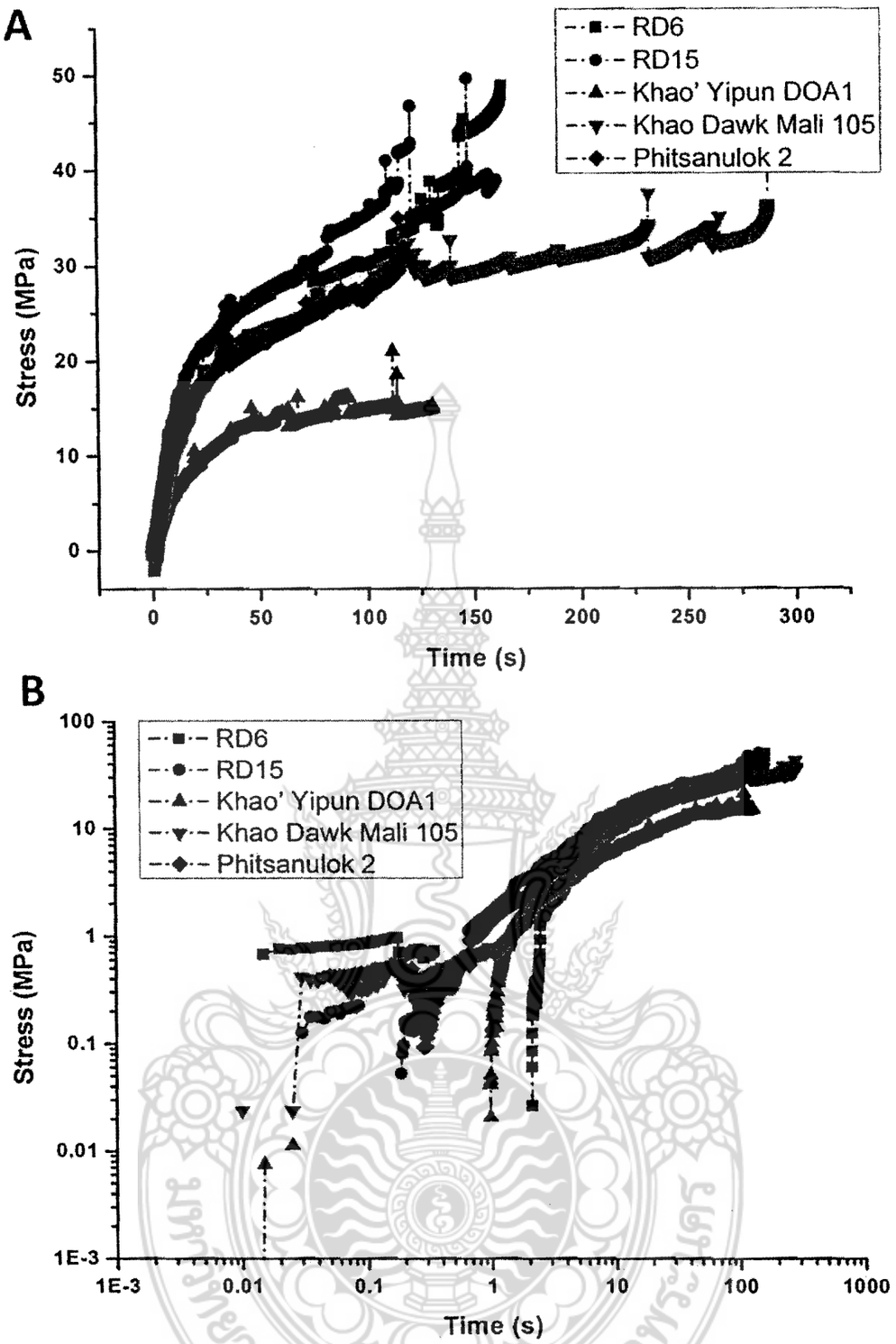
ภาพที่ 4.5 จะพบว่าเราสามารถที่จะทำการจำแนก พันธุ์ข้าว ได้ อย่างชัดเจน ในขณะเดียวกัน ผลการวิเคราะห์นี้ สอดคล้องและสนับสนุนผลของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียด กับเวลา ที่ขนาดของเมล็ด มีผลต่อความเครียดในตัวเนื้อข้าว และ ผลดังกล่าวสามารถจัดกลุ่มได้ในทำนองเดียวกัน



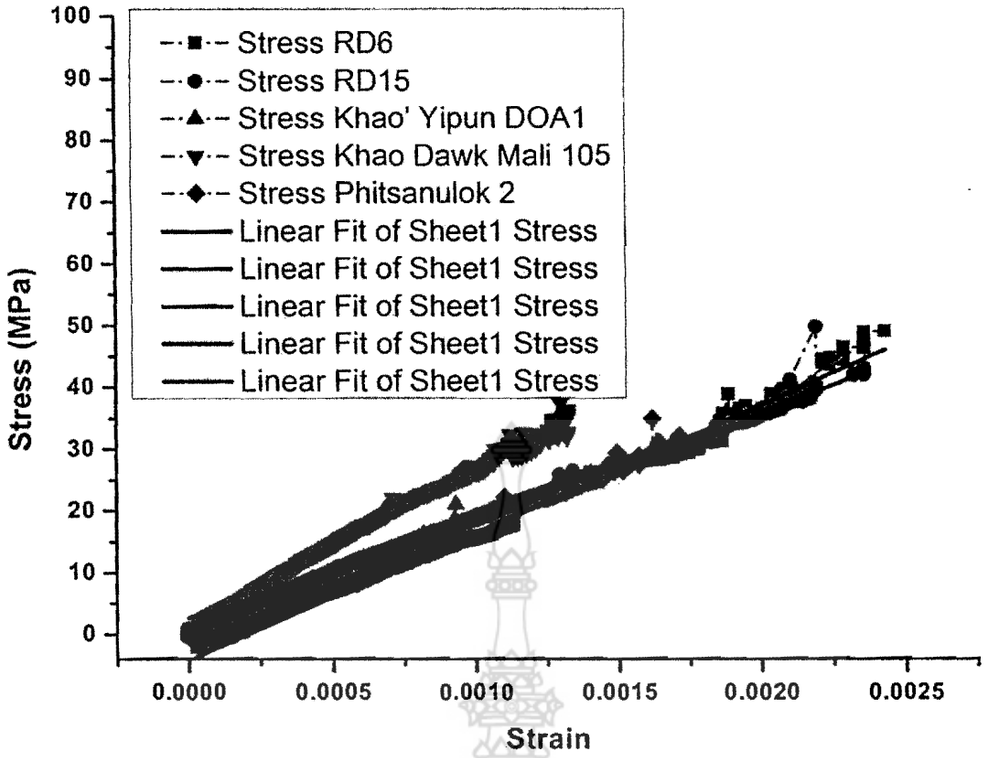
ภาพที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาที่สเกลปกติ **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาที่ loglog สเกล โดยเส้นสีแดงและเส้นสีเขียวเป็นเส้นแนวโน้มที่สเกลเวลาแรก กับสเกลเวลาลังตามลำดับ ที่ความเชื่อมั่น 0.98

ตารางที่ 4.1 แสดงความชันของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับเวลาที่สเกลเวลาแรกกับสเกลเวลาลัง

สายพันธุ์	ความชันช่วงแรก	SD	ความชันช่วงหลัง	SD
กข6 (RD6)	0.98419	0.00173	0.34544	3.04E-04
กข15 (RD15)	1.03124	0.00127	0.3643	4.19E-04
ข้าวญี่ปุ่น กวก.1 (Khao' Yipun DOA1)	0.93131	0.00372	0.24286	6.47E-04
พิษณุโลก 2 (Phitsanulok 2)	1.21163	0.00343	0.32702	3.84E-04
ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105)	1.00635	0.00206	0.3634	2.16E-04



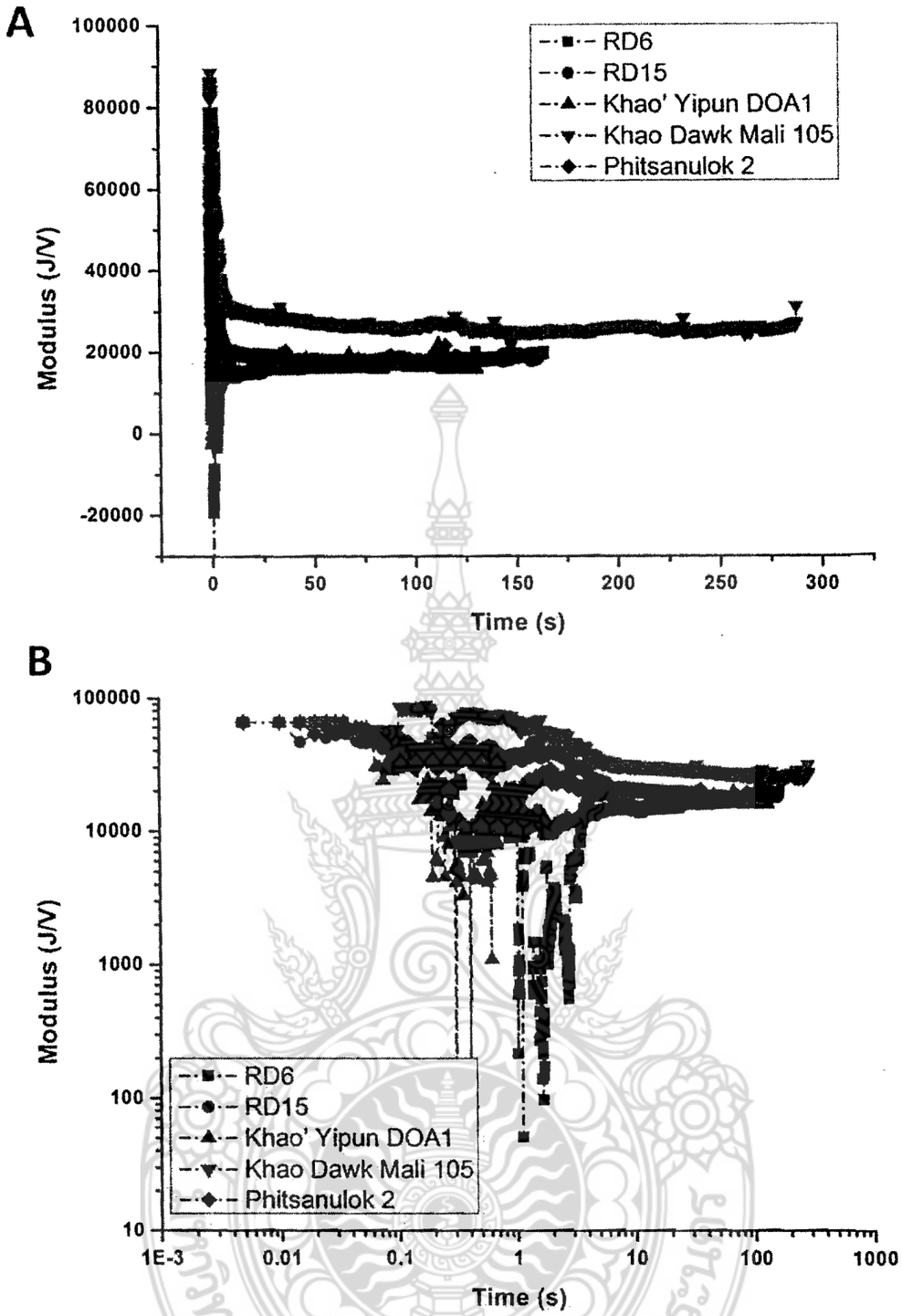
ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาที่สเกลปกติ **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับเวลาที่ loglog สเกล



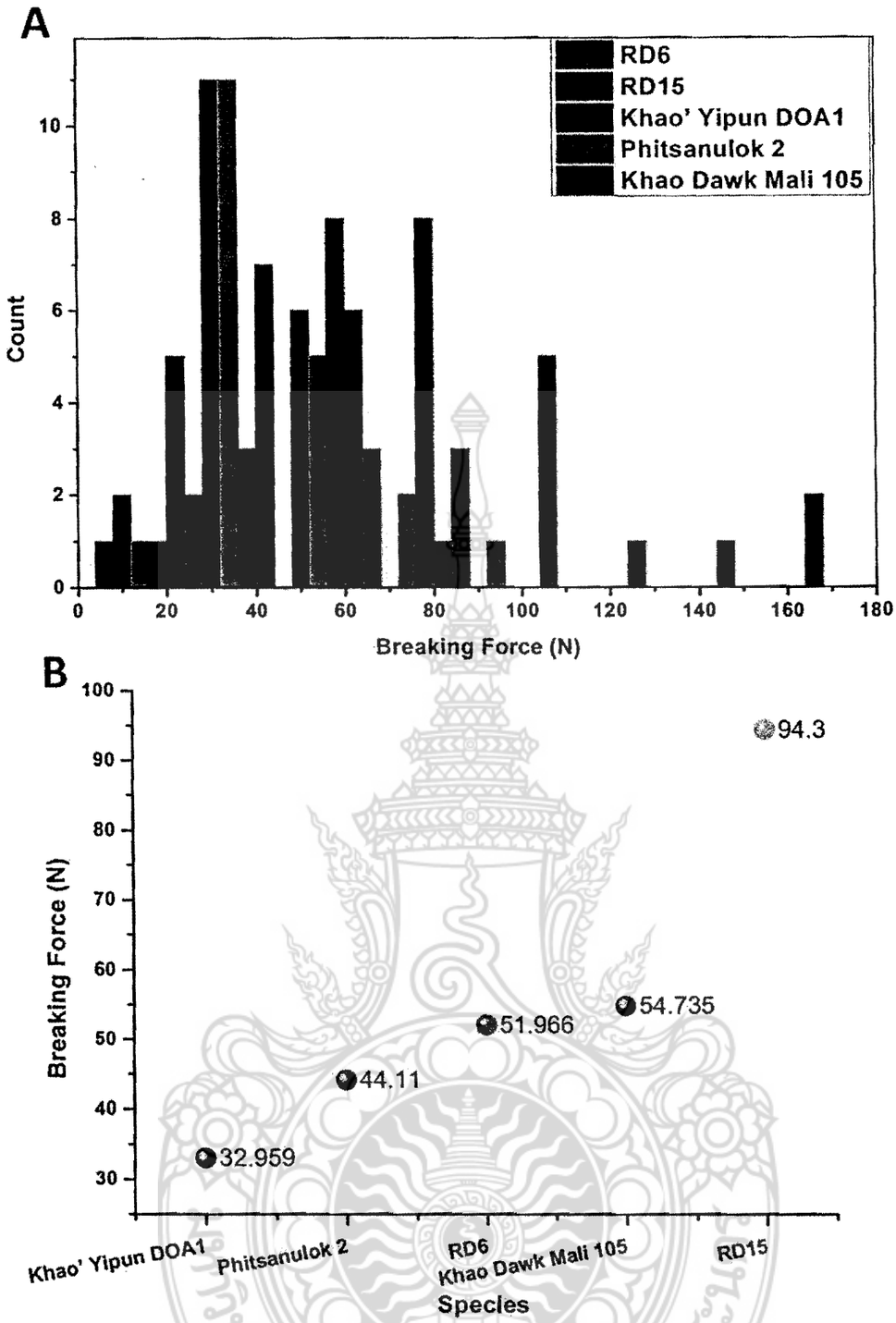
ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเค้นกับความเครียดของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 โดยเส้นตรงเป็นเส้นแนวโน้ม ที่ความเชื่อมั่น 0.98

ตารางที่ 4.2 แสดงความชันของความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดกับความเค้น

สายพันธุ์	ความชัน	SD
กข6 (RD6)	20646.15232	17.09022
กข15 (RD15)	17305.73792	6.24244
ข้าวญี่ปุ่น กวก.1 (Khao' Yipun DOA1)	17573.4993	11.24954
พิษณุโลก 2 (Phitsanulok 2)	23815.08991	11.11461
ขาวดอกมะลิ 105 (Khao Dawk Mali 105)	17087.09354	8.84365



ภาพที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลาของพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 A) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลาที่สเกลปกติ **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างโมดูลัสกับเวลาที่ loglog สเกล



ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างแรงของการแตกหักกับพันธ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 **A)** แสดงการกระจายตัวของแรงของการแตกหักสำหรับพันธ์ข้าวที่ศึกษา **B)** แสดงความสัมพันธ์ระหว่างรงของการแตกหักสำหรับพันธ์ข้าวที่ศึกษา

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักเพื่อสร้างชุดทดสอบความแกร่งของเมล็ดข้าว ด้วยระบบแรงลม สำหรับใช้ในการจำแนก พันธุ์ข้าว โดยในงานวิจัยนี้ได้ นำชุดทดสอบความแกร่งมาใช้ในการหา แรง ความเค้น ความเครียด และโมดูลัส ของเมล็ดพันธุ์ข้าว ได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย จากการทดสอบพบว่า ชุดทดสอบความแกร่งที่ทำการพัฒนาขึ้น สามารถใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าว ได้ อย่างมีนัยสำคัญ กล่าวคือ สามารถจัดจำแนกลักษณะเชิงพันธุ์ และ ขนาดได้

อย่างไรก็ตาม ชุดทดสอบความแกร่งและผลการศึกษาความแกร่งของเมล็ดข้าว จำเป็นที่จะต้องทำการพัฒนาต่อ เนื่องจากหากต้องการศึกษาความแกร่งในเงื่อนไขที่ผลในเชิงความชื้นและอุณหภูมิ ที่เกิดการเปลี่ยน ชุดทดสอบดังกล่าวยังไม่สามารถทำได้ จึงจำเป็นที่จะต้องทำการออกแบบ และปรับแก้โครงสร้างใหม่ นอกจากนี้ สำหรับผลการศึกษาที่ได้ ยังเป็นข้อมูลเบื้องต้นจำเป็นที่จะต้องทำการทดสอบเพิ่มขึ้นเพื่อที่จะสามารถ พัฒนาสู่การตรวจวัดและการใช้จริง

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

อนุวัตร ศรีนวล, สัมพันธ์ ไชยเทพ, วิบูลย์ ช่างเรือ. (2008). ผลของแรงกระแทกที่มีผลต่อความเสียหายของเมล็ดข้าวเปลือก. Agricultural Science Journal, 39, 413-416.

W. Yang, and C. Jia, (2004). Glass transition mapping inside a rice kernel. Transactions of the ASAE, 47, 2009-2015.

D. Li, L. J. Wang, D. C. Wang, X. D. Chen, and Z. H. Mao, (2007). Microstructureanalysis of rice kernel. International Journal of Food Properties, 10, 85–91.

A. Perdon, T. J. Siebenmorgen, and A. Mauromoustakos, (2000). Glass state transition and rice drying: Development of a brown rice state diagram. Cereal Chemistry, 77, 708-713.

Z. Sun, W. Yang, T. J. Siebenmorgen, A. M. Stelwagen, and A. G. Cnossen, (2002). Thermomechanical transitions of rice kernels. Cereal Chemistry, 79,349–353.

Z. Zhou, K. Robards, S. Helliwell, and C. Blanchard, (2002). Composition and functional properties of rice. International Journal of Food Science and Technology, 37, 849–868.

M.H. Saiedirad, A. Tabatabaeefar, A. Borghei, M. Mirsalehi, F. Badii, M. Ghasemi, Varnamkhasti. (2008). Effects of moisture content, seed size, loading rate and seed orientation on force and energy required for fracturing cumin seed (Cuminum cyminum Linn.) under quasi-static loading. Jurnal of Food Engineering, 86, 565-572.

R.K. Gupta, S.k. Das. (2000). Fracture resistance of sunflower seed and kernel to compressive loading. Jurnal of Food Engineering, 46, 1-8.

Ke-cheng Chen, Dong Li, LW. Wang, N. Ozkan, X.D. Chen, Zhi Mao. (2007). Dynamic Viscoelastic Properties of Rice Kernels Studied by Dynamic Mechanical Analyzer. International Journal of Food Engineering, 3, 1-14.

Behic Mert. (2008). CHARACTERIZATION OF VISCOELASTIC PROPERTIES OF INDIVIDUAL RICE GRAIN BY MEASURING MECHANICAL IMPEDANCE. Journal of Texture Studies, 40, 66-81.

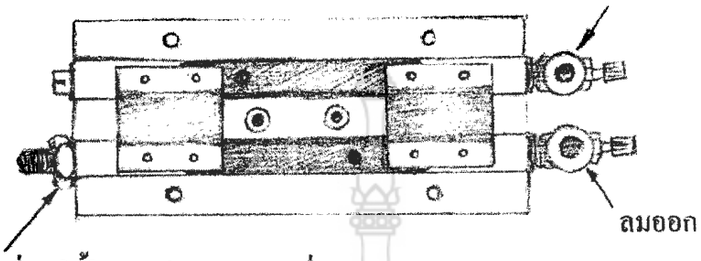
ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
อุปกรณ์สำหรับระบบแรงลม

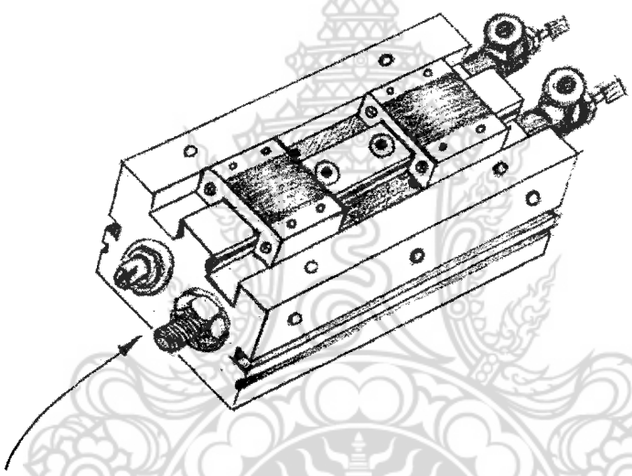
ภาคผนวก ก

อุปกรณ์สำหรับระบบแรงลม

กระบอกสูบแบบไดอะแฟรม



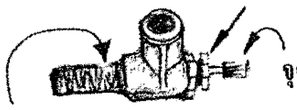
ชุดปรับลางเลื่อนใช้ในการกำหนดระยะเลื่อน



หลักการในการทำงาน

เมื่อลมเข้าก็จะทำให้กระบอกสูบสามารถเลื่อนเข้าเลื่อนออกได้ตามความต้องการ โดยมี วาล์วเป็นตัวควบคุมลมอีกทีหนึ่ง กระบอกสูบชนิดนี้ใช้ในงานอุตสาหกรรมที่ต้องการความละเอียดมากๆ

ข้อต่อลมแบบมีวาล์วควบคุมอัตราการไหลในตัว



เกรียวที่ใช้ต่อเข้ากับอุปกรณ์อื่นๆ

หลักการในการทำงาน

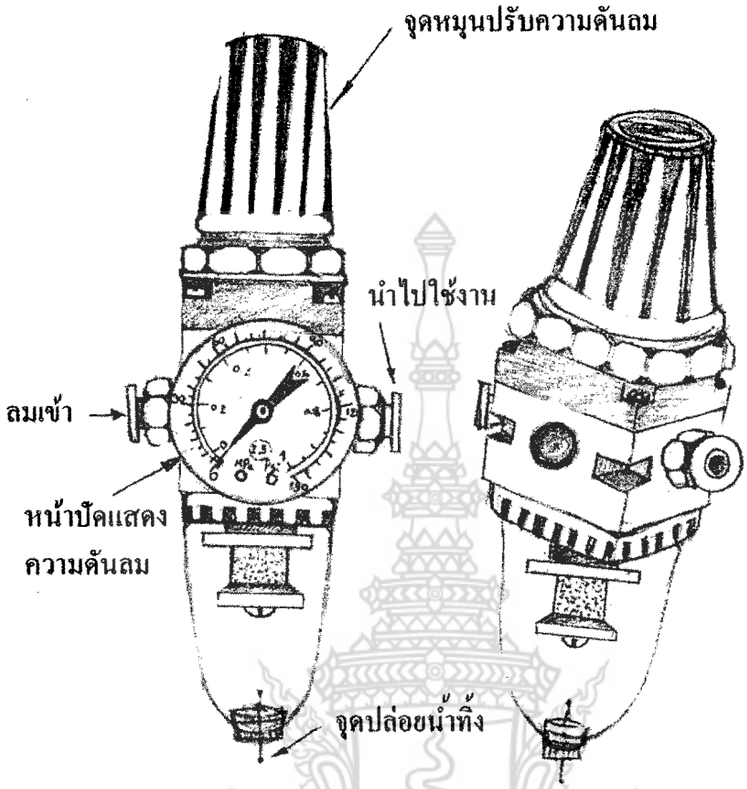
ใช้ในการปรับแรงดันลมอย่างง่ายและสะดวกมาก
เพราะอุปกรณ์มีความกระทัดรัด จึงสะดวกต่อการใช้งาน
และยังมีตัวล็อคเพื่อให้ระดับลมเท่ากันตลอด

ข้อต่อลม

หลักการในการทำงาน

ใช้เป็นข้อต่อลมในการต่อลมเข้ากับอุปกรณ์ต่างๆในระบบ

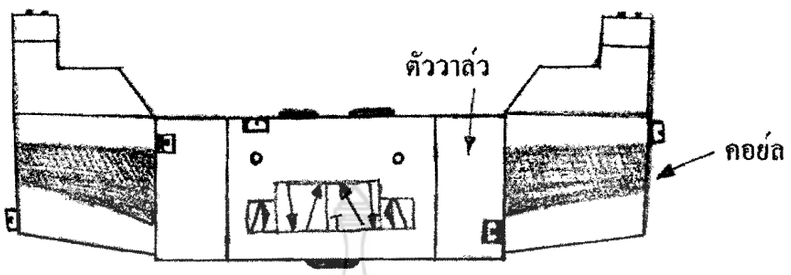
อุปกรณ์ควบคุมความดันลม



หลักการในการทำงาน

ใช้ในการลดความดันลมหรือเพิ่มความดันลมในระบบเพื่อให้ได้แรงดันลม
ที่ต้องการจะนำไปใช้ โดยมีหน้าปัดแสดงความดันลมที่ด้านหน้า

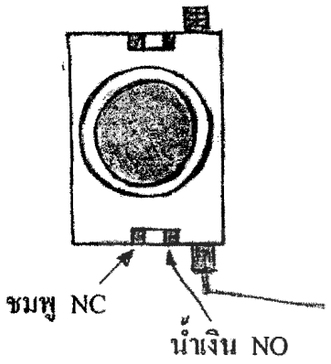
วาล์ว 5/2 2คอยล์



หลักการในการทำงาน

ใช้ควบคุมกระแสลมในระบบ โดยการใช้คอยล์เป็นตัวควบคุมอีกทีหนึ่ง โดยการใช้ไฟฟ้าเข้ามาช่วย

ปุ่มกดแบบ Manaul



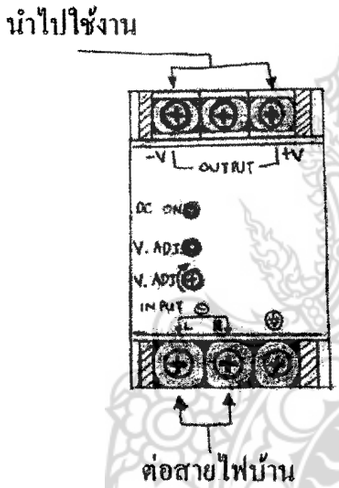
หลักการในการทำงาน

เป็นตัวควบคุมแบบ Manaul โดยการใช้มือกดปุ่ม เพื่อให้ระบบทำงาน โดยมี 2 การควบคุม

1.สีเขียว ระบบเปิด

2.สีแดง ระบบปิด

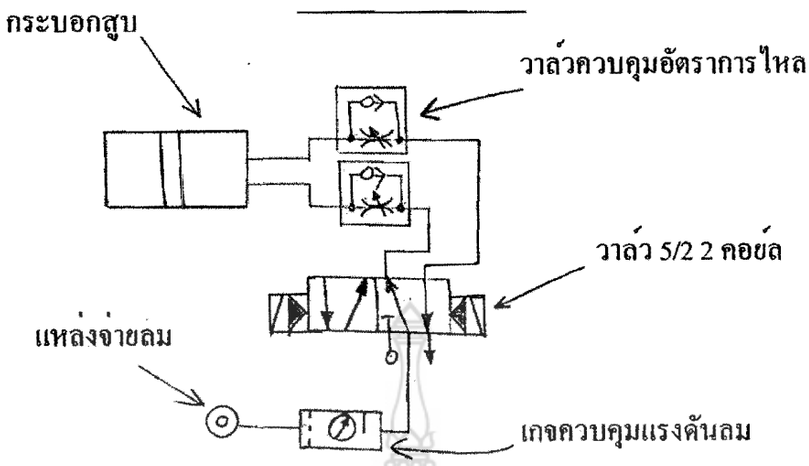
แหล่งจ่ายไฟ Power Supply



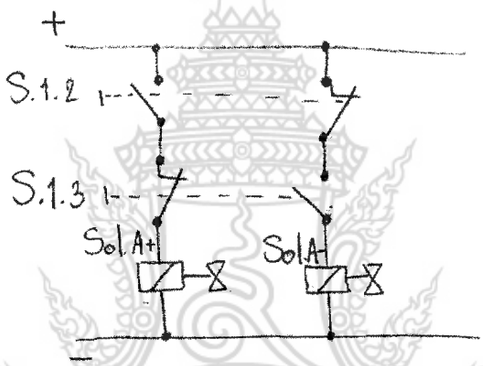
หลักการในการทำงาน

อุปกรณ์ตัวนี้มีหน้าที่แปลงกระแสไฟบ้านเพื่อนำมาใช้งานในระบบ

วงจรนิวแมติก



วงจรไฟฟ้า



หลักการในการทำงาน

กด S.1.2 Sol.A+ ทำงาน

กด S.1.3 Sol.A- ทำงาน

กดพร้อมกัน ไม่มีไฟไปเลี้ยง Sol.A+ และ Sol.A-

ภาคผนวก ข
การนำเสนอผลงานวิจัย

ภาคผนวก ข

การนำเสนอผลงานวิจัย

STT37-0336

37TH CONGRESS ON SCIENCE AND TECHNOLOGY OF THAILAND

Science Society of Thailand Under the Royal Patronage of His Majesty the King, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phya Thai Rd., Bangkok 10330
Tel: 065-018-3131, 02-2527987, 02-2185245 Fax. 02-2527987
E-mail: s_srisung@hotmail.com, kkung.scisoc@gmail.com, jaksiri14@hotmail.com

Acknowledgement

Dear Chalerm Chaiyawong

The secretariat committee of STT37 would like to inform you that we have received your STT37 registration information for ID: 0336 and e-mail address: max_88by88@hotmail.com
The secretariat committee of STT37 have received

☐ Ordinary participant ☑ Participant with paper submission

We recieved the payment as: ☐ cash ☐ bank transfered ☐ cheque bank
with amount 1,000.00 baht (หนึ่งพันบาทถ้วน)

Your submitted paper entitled **PNEUMATIC SYSTEM FOR THE REAL-TIME MECHANICAL STRESS-STRAIN CHARACTERISTICS OF SHORT AND LONG RICE KERNELS**
was reviewed from academic subcommittee of STT with the result:

☑ Poster
☐ Oral presentation (the presentation schedule ban be checked at the uploaded files)
☐ Not accepted

Sincerely yours,

Associate Professor Dr. Thararat Supasiri

PNEUMATIC SYSTEM FOR THE REAL-TIME MECHANICAL STRESS-STRAIN CHARACTERISTICS OF SHORT AND LONG RICE KERNELS

Chalerm Chaiyawong[1], Kritsana Keawlawiang[1], Chittapon Sangkarat[1], Duongruitai Niconrat[2], Tongchai Chysiri[3], Wannapong Triampo[4,5,6], Paisan Kanthang[2,*]

[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10800 Thailand
[2]Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10800 Thailand
[3]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand 10800
[4]R&D Group of Biological and Environmental Physics, Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand
[5]ThEP Center, CHE, 328 Si Ayutthaya Road, Bangkok 10400, Thailand, Bangkok, 10400, Thailand
[6]Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakorn Pathom 73170, Thailand
*e-mail: pk_quantum2000@yahoo.com

Abstract: During the rice processing, the possible situations of rice kernel cracking and breakage are commonly occurred and these consequences cause a low marketing price. According to this issue, the real-time observation and together with the knowledge base of mechanical properties should be essentially helpful in detection of these defect observations. The objective of this work was established to study the mechanical stress-strain properties of short and long rice kernels in terms of brown rice via our in-house pneumatic system design. From the results, it showed that the breaking forces were approximately 33.46 ±12.46 N and 28.89±15.18 N for Phitsanulok 2 and Khao'Yipun DOA1 respectively. We also found that stress-strain of Phitsanulok 2 were greater than Khao'Yipun DOA1. These results tentatively indicated the mechanical stress-strains occurred were from the difference of rice shapes. Moreover, we could recognize that the characteristics of these various shapes significantly followed the scaling law of the relation between strain and time.

References:

1. Siebenmorgen, T. J., Qin, G. (2005). *Trans. ASAE.* **48**, 223-228.
2. Kamst, G. F., Vasseur, J., Bonazzi, C., Bimbenet, J. J. (1999). *J. Food Eng.* **40**, 227–232.
3. Reid, J. D., Siebenmorgen, T. J., Mauromoustakos, A. (1998). *Cereal Chem.* **75**, 738–741.
4. Szot, B., Ferrero, A., Molenda, M. (1998) *Int. Agrophys.* **12**, 227-230.
5. Lu, R., Siebenmorgen, T. J. (1995). *Trans. ASAE.* **38**, 889–894.

Acknowledgements: This work was supported by a grant from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon and by Mahidol University (Faculty of Science), the Thailand Research Fund (TRF), and the Commission on Higher Education (CHE).

Keywords: Pneumatic system, Stress-Strain properties, Breaking forces, Rice shapes

STT37-0339

Science Society of Thailand Under the Royal Patronage of His Majesty the King, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phya Thai Rd., Bangkok 10330
Tel: 085-018-3131, 02-2527987, 02-2185245 Fax. 02-2527987
E-mail: s_srisung@hotmail.com, kkung.scisoc@gmail.com, jaksriri14@hotmail.com

Acknowledgement

Dear Kritsana Keawlawiang

The secretariat committee of STT37 would like to inform you that we have received your STT37 registration information for ID: 0339 and e-mail address: golf_kkman@hotmail.com
The secretariat committee of STT37 have received

☐ Ordinary participant ☑ Participant with paper submission

We recieved the payment as ☐ cash ☐ bank transfered ☐ cheque bank
with amount 1,000.00 baht (หนึ่งพันบาทถ้วน)

Your submitted paper entitled **THE MECHANICAL PROPERTIES FOR CLASSIFICATION OF FIVE COMMERCIAL RICE VARIETIES IN CHIANGRAI PROVINCE OF THAILAND**
was reviewed from academic subcommittee of STT with the result:

☑ Poster
☐ Oral presentation (the presentation schedule ban be checked at the uploaded files)
☐ Not accepted

Sincerely yours.

Associate Professor Dr. Thararat Supasiri

มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

THE MECHANICAL PROPERTIES FOR CLASSIFICATION OF FIVE COMMERCIAL RICE VARIETIES IN CHIANGRAI PROVINCE OF THAILAND

Kritsana Keawlawiang[1], Chalerm Chaiyawong[1], Chittapon SangKrat[1] , Duongruitai Niconrat[2], Tongchai Chysiri[3], Wannapong Triampo[4,5,6], Paisan Kanthang[2,*]

[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10800 Thailand
[2]Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10800 Thailand
[3]Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand 10800
[4]R&D Group of Biological and Environmental Physics, Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand
[5]ThEP Center, CHE, 328 Si Ayutthaya Road, Bangkok 10400, Thailand, Bangkok, 10400, Thailand
[6]Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakorn Pathom 73170, Thailand
*e-mail: pk_quantum2000@yahoo.com

Abstract: The objectives of this study were to classify the rice varieties with the mechanical properties via our Pneumatic Mechanical Tools (PnMT). These interesting properties included breaking force, deformation and stress-strain. The rice varieties (RD6, RD15, Khao' Yipun DOA1, Phitsanulok 2 and Khao Dawk Mali 105) contained moisture content of 20% w.b.. We found that the breaking force, deformation, stress-strain and modulus of elasticity were different in both features and values. Moreover, the time series data of stress-strain showed the rate of change in the difference of the breaking states. These results also indicated that the studied mechanical properties could clearly describe the sampling rice varieties. Therefore, with our tools, including the techniques as well as the results, the procedure obtained can be such a high potential approach that can be used for further developing in the quantitative classification of rice varieties.

References:

1. Sadeghi, M., Ashtiani Araghi, H., Hemmat, A. *Agric. Eng. Int.* 12,129-136
2. Siebenmorgen, T. J., Qin, G. (2005). *Trans. ASAE.* **48**, 223-228.
3. Reid, J. D., Siebenmorgen, T. J., Mauromoustakos, A. (1998). *Cereal Chem.* **75**, 738−741.
4. Szot, B., Ferrero, A., Molenda, M. (1998) *Int. Agrophys.* **12**, 227-230.
5. Gravois, K.A. (1998) *Euphytica* **101**, 151–156.

Acknowledgements: This work was supported by a grant from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon and by Mahidol University (Faculty of Science), the Thailand Research Fund (TRF), and the Commission on Higher Education (CHE).

Keywords: Pneumatic Mechanical Tools, Stress-Strain properties, Breaking forces, rice varieties, rice classification

STT37-0343

Science Society of Thailand Under the Royal Patronage of His Majesty the King, Faculty of Science, Chulalongkorn University, Phya Thai Rd., Bangkok 10330
Tel: 085-018-3131, 02-2527987, 02-2185245 Fax. 02-2527987
E-mail: s_srisung@hotmail.com, kkung.scisoc@gmail.com, jaksrin14@hotmail.com

Acknowledgement

Dear Chittapon Sangkarat

The secretariat committee of STT37 would like to inform you that we have received your STT37 registration information for ID: **0343** and e-mail address: **teetee_0509@hotmail.com**
The secretariat committee of STT37 have received

☐ Ordinary participant ☑ Participant with paper submission

We recieved the payment as ☐ cash ☐ bank transfered ☐ cheque bank
with amount **1,000.00** baht (หนึ่งพันบาทถ้วน)

Your submitted paper entitled **THE REAL-TIME ANALYSIS FOR THE MECHANICAL PROPERTIES OF RED BEAN GRAINS**
was reviewed from academic subcommittee of STT with the result:

☑ Poster
☐ Oral presentation (the presentation schedule ban be checked at the uploaded files)
☐ Not accepted

Sincerely yours.

Associate Professor Dr. Thararat Supasiri

THE REAL-TIME ANALYSIS FOR THE MECHANICAL PROPERTIES OF RED BEAN GRAINS

Chittapon Sangkarat[1], Chalerm Chaiyawong[1], Kritsana Keawlawiang[1], Sapaya Thongpang[1] Peerapat Korkeattrakoon[1], Nitipat Eawsakui[1], Duongruitai Niconrat[2], Wannapong Triampo[3,4,5] , Paisan Kanthang[2,*]

[1]Department of Electrical Engineering, Faculty of Industrial Education, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10800 Thailand
[2]Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, 10800 Thailand
[3]R&D Group of Biological and Environmental Physics, Department of Physics, Faculty of Science, Mahidol University, Bangkok 10400, Thailand
[4]ThEP Center, CHE, 328 Si Ayutthaya Road, Bangkok 10400, Thailand, Bangkok, 10400, Thailand
[5]Institute for Innovative Learning, Mahidol University, Nakorn Pathom 73170, Thailand

*e-mail: pk_quantum2000@yahoo.com

Abstract: Data on the physical and mechanical properties of seeds have significantly importance for most machinery and process equipment design. These properties include breaking force, deformation and stress-strain as well. This study was conducted to investigate the real-time mechanical properties of red bean grains via our design of the pneumatic mechanical tools (PnMT). The significant data revealed that the red bean grains mostly contained with moisture content of 20% w.b.. The average length, width and thickness were 6.2, 5.4 and 5.1 mm respectively. The results showed that breaking force, deformation and stress-strain were different in both features and values in most different applied force directions. In addition, we observed there were the relationship between strain and time. This followed the significant power law in all different force directions.

References:

1. Isik,E., Unal,H. (2007) *Journal of Food Engineering.* **82,** 209–216.
2. Kiani Deh Kiani, M., Minaei, S., Maghsoudi, H., Ghasemi Varnamkhasti, M. (2008) *Int. Agrophysics.* **22**, 231-237.
3. Shirkole, S.S., Kenghe, R.N., Nimkar P.M. (2011) *IJEST.* **3**, 3807-3815.
4. Legrand,A., Leuliet, J.-C., Duquesne, S., Kesteloot, R., Winterton, P., Fillaudeau, L. (2007) *Journal of Food Engineering.* **81** 447–458.

Acknowledgements: This work was supported by a grant from Rajamangala University of Technology Phra Nakhon and also supported by Mahidol University (Faculty of Science), the Thailand Research Fund (TRF), and the Commission on Higher Education (CHE).

Keywords: pneumatic mechanical tools, stress-strain, deformation, red bean grains