



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามีล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์ และ
การตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว
The optimal image processing for paddy studies: Variety classification and rice
kernel damage inspection

ผู้วิจัย

ดร.ไพศาล การถาง
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์
คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ปีงบประมาณ 2556
กันยายน 2556

หัวข้อวิจัย กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์ และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว

ชื่อผู้วิจัย ดร.ไพศาล การถาง

หน่วยงาน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร

ปีงบประมาณ 2556

บทคัดย่อ

รายงานสรุปผลการวิจัยฉบับนี้จัดทำขึ้นเพื่อนำเสนอบทสรุปของ การดำเนินงานของ โครงการวิจัยเรื่อง กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์ และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว โดยคณะผู้วิจัย ได้ดำเนินการทดลองช่วงระยะเวลาสิบสองเดือนที่ผ่านมา โดยมุ่งประเด็นไปที่การจำแนกสายพันธุ์ และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว ตลอดจนการศึกษาความเสียหายเชิงประจักษ์ที่ผิวของเมล็ดข้าว จากผลการศึกษาพบว่า ปริมาณเชิงพื้นที่และขนาด เป็นปริมาณที่มีศักยภาพนำมาใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ และการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวได้ นอกจากนี้ยังพบว่า เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิตเป็นปริมาณที่มีผลต่อความเสียหายเชิงประจักษ์ที่ผิวของเมล็ดข้าวเมื่อพิจารณาในน้ำมันก๊าด ผลการวิจัยเชิงปริมาณเหล่านี้ มีศักยภาพในการเป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการพัฒนาเครื่องมือตรวจสอบเพื่อควบคุมคุณภาพและการจำแนกพันธุ์เมล็ดธัญพืช

คำสำคัญ: เมล็ดข้าว การประมวลผลเชิงภาพ การจำแนกสายพันธุ์ การตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว



Title The optimal image processing for paddy studies: Variety classification and rice kernel damage inspection

Researcher Dr. Paisan Kanthang

Year 2013

Abstract

This research report is manipulated that summarized the moment of research project in the subject of “The optimal image processing for paddy studies: Variety classification and rice kernel damage inspection”. This project had been take time in 12 mounts. We focused on rice variety classification and rice kernel damage inspection. We also investigated the apparent friction of rice surface. Results showed that area and size were the quantities that have the potential to classify rice variety and also rice kernel damage inspection. In addition, we also found that geometric mean diameter performed characteristic to apparent friction of rice surface in kerosene. These results have the potential to be the basis information in terms of developing instrument for quality control and variety classification of cereal.

Keywords: rice Kernel, image processing, variety classification, rice kernel damage inspection



กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้สำเร็จได้ด้วยดี คณะผู้วิจัยต้องขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร ที่สนับสนุนเงินทุนวิจัย ทำให้งานวิจัยสามารถเกิดขึ้นและดำเนินจนเสร็จสมบูรณ์

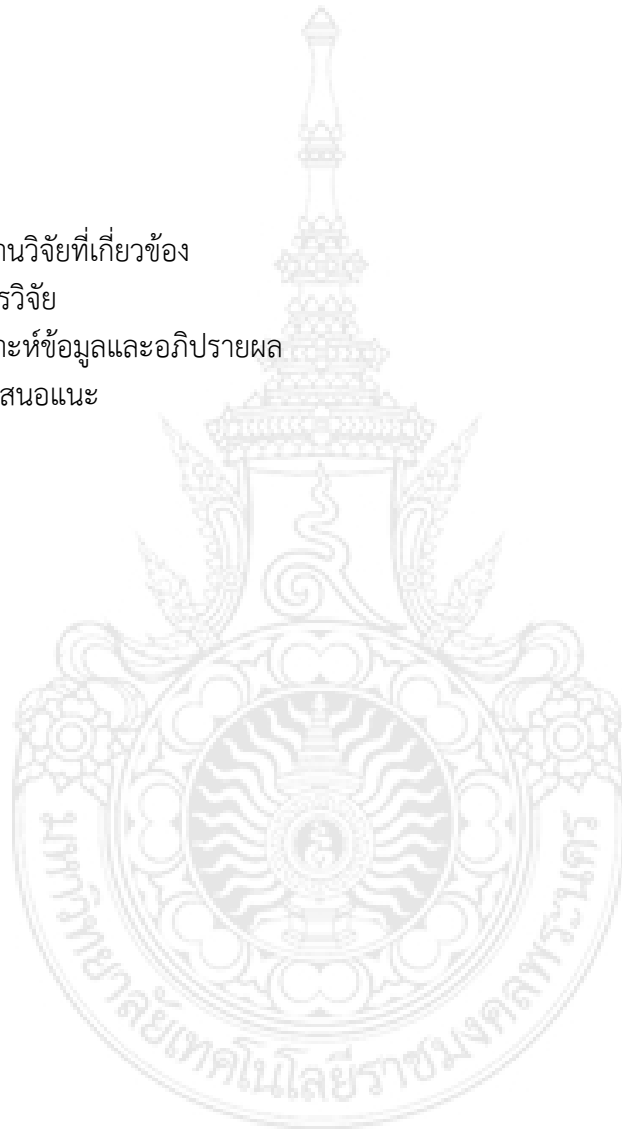
ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล ที่เอื้อเฟื้อ สถานที่และเครื่องมือในการทำงานวิจัย

คณะผู้วิจัย



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	จ
สารบัญภาพ	ฉ
บทที่ 1 บทนำ	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	2
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	11
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลและอภิปรายผล	13
บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ	20
บรรณานุกรม	22
ภาคผนวก	24



สารบัญตาราง

	หน้า
ตารางที่ 2.1 สถิติลำดับประเทศที่ผลิตข้าวของ FAO	4
ตารางที่ 2.2 แสดงลักษณะรูปร่างของเมล็ดข้าว	6
ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวสาร	6
ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ ที่มา: เครือวัลย์ (2531)	8
ตารางที่ 3.1 หนักของเมล็ดข้าว ที่ระดับความชื้นที่ 13-15% wb.	12
ตารางที่ 3.2 ขนาดของเมล็ดข้าวที่ใช้ในการศึกษา	13
ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณที่ได้จากการประมวลผลการหาแกนเอกและแกนโทของวัตถุในภาพ	15
ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณทางฟิสิกส์ที่ได้จากการพัฒนา Algorithms ในการประมวลผลภาพ	19



สารบัญภาพ

	หน้า
ภาพที่ 2.1 ลักษณะทั่วไปของข้าว	3
ภาพที่ 2.2 ขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าว	5
ภาพที่ 2.3 (ก.) เครื่องวัดข้าวท้องไข่ (ข.) รูปลักษณะข้าวท้องไข่ (ค.) ลักษณะการให้คะแนนข้าวท้องไข่	8
ภาพที่ 3.1 แสดงพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ขาวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย	11
ภาพที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของข้าวที่ทำการกำหนด registration และ recognition ในแบบ RGB (A) และแบบเทา (B)	14



บทที่ 1 บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของปัญหาที่ทำการวิจัย

ปัจจุบันกระบวนการเชิงภาพที่ใช้ในการศึกษาเมล็ดพันธุ์พืชโดยเฉพาะข้าวมีอยู่มากมาย แต่วิธีการศึกษาเหล่านี้ ไม่มีการศึกษาเชิงเปรียบเทียบอย่างชัดเจนว่า วิธีการใดในกระบวนการเชิงภาพที่ควรใช้ในการศึกษาเมล็ดข้าวมากที่สุด โดยเฉพาะในแง่ของการศึกษาเชิงสายพันธุ์ และการศึกษาความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก ด้วยเหตุนี้จึงไม่มีแนวทางในการต่อยอดงานวิจัยที่เป็นรูปธรรมอย่างชัดเจน ทั้งที่กระบวนการเชิงภาพเป็นวิธีการที่ง่ายที่สุดที่จะดึงเอาข้อมูลในเชิงคุณภาพมาแปลผลในเชิงปริมาณ ซึ่งสามารถพัฒนาสู่การสร้างนวัตกรรม สำหรับการตรวจสอบเมล็ดข้าวได้

สำหรับโครงการวิจัยนี้ คณะผู้วิจัย มีเป้าหมายที่จะทำการศึกษาวิธีการในกระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสม สำหรับการจำแนกสายพันธุ์ข้าว และ ตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก ทั้งนี้เพื่อเป็นแนวทางเบื้องต้นในการพัฒนาและต่อยอดองค์ความรู้ด้านกระบวนการเชิงภาพ ตลอดจนการสร้างนวัตกรรมที่มีต้นทุนต่ำสำหรับการตรวจสอบเมล็ดข้าวต่อไป

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. การศึกษากระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกสายพันธุ์ข้าว
2. การศึกษากระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

วิเคราะห์กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกสายพันธุ์ข้าว และ การตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก โดยมุ่งประเด็นไปที่สายพันธุ์เชิงเศรษฐกิจได้แก่ กวก1 กข6 กข15 ขาวดอกมะลิ105 และ พิษณุโลก2 ซึ่งอยู่ภายใต้ความชื้นที่ 13-15%

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ เช่น การเผยแพร่ในวารสาร จดสิทธิบัตร ฯลฯ และหน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับการบอกคุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวเปลือกเพื่อการต่อยอดงานวิจัยด้านการปรับปรุงพันธุ์ข้าว
2. ผลงานวิจัยได้เผยแพร่ในการประชุมวิชาการระดับชาติ

บทที่ 2

ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าว เป็นพืชล้มลุกตระกูลหญ้าที่สามารถกินเมล็ดได้ ถือเป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยวเช่นเดียวกับหญ้า ต้นข้าวมีลักษณะภายนอกบางอย่าง เช่น ใบ กาบใบ ลำต้น และรากคล้ายต้นหญ้า ในประเทศไทย ข้าวหอมมะลิมีสายพันธุ์ในประเทศและเป็นที่ยอมรับไปทั่วโลก

ข้าวสาร ข้าวเปลือกที่สีซ้อมจนเหลือแต่เมล็ดข้าวดีแล้ว

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

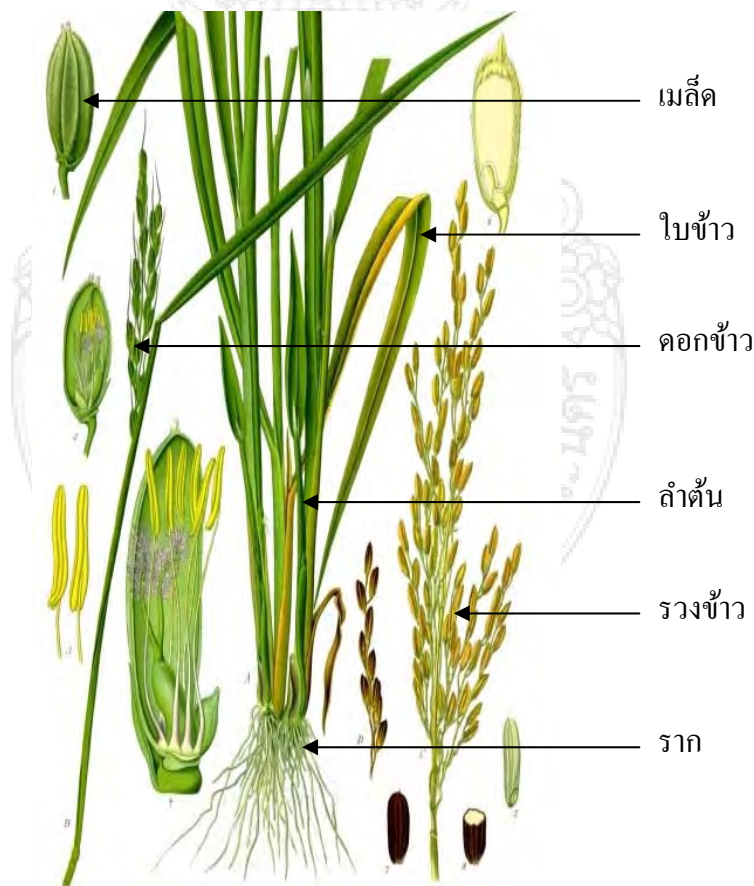
ลักษณะที่มีความสัมพันธ์กับการเจริญเติบโตของต้นข้าว ได้แก่ ราก ลำต้น และใบ

- **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

ต้นข้าวขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดซึ่งเกิดจากการผสมระหว่างเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย ลักษณะที่สำคัญเกี่ยวกับการขยายพันธุ์ ได้แก่ รวง ดอกข้าวและเมล็ดข้าว

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



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 อินเดี๋ย ร้อยละ 18 สหรัฐอเมริกา ร้อยละ 14 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 หรือเหลืองข้างรั้ว เหลืองหอม เนื่องจากเปลือกมีสีน้ำตาลหรือสีเหลือง เป็นต้น
3. สีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือว่าเป็นข้าว

คุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้ หากเป็นสีล้วนๆ จะมีราคาสูง แต่ถ้าปนในข้าวสารจะทำให้คุณภาพหรือราคาต่ำลง

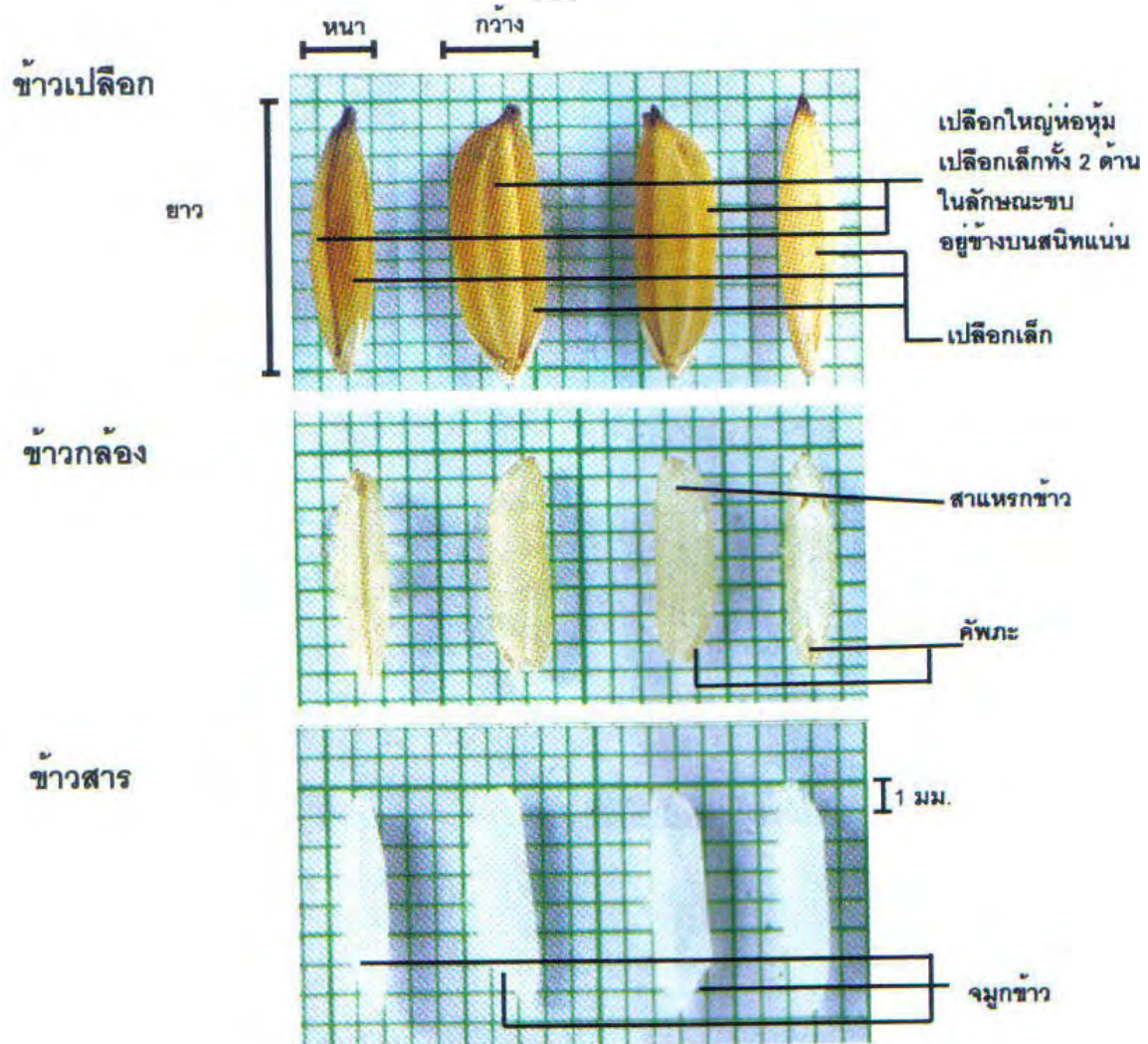
4. ขนาดรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดจากความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด (แสดงดังภาพที่ 2.2) ได้ดังนี้

ความยาวของเมล็ด หมายถึง ระยะทางจากปลายยอดสุดเมล็ดถึงโคนเมล็ด

ความกว้างของเมล็ด หมายถึง ระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่าง

เปลือกใหญ่ (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 และข้าวไทยเป็นข้าวประเภทอินดิ ก้าจึงทำให้เข้าใจกันโดยทั่วไปว่าข้าวชนิดอินดิ ก้ามีเมล็ดยาวเรียว 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

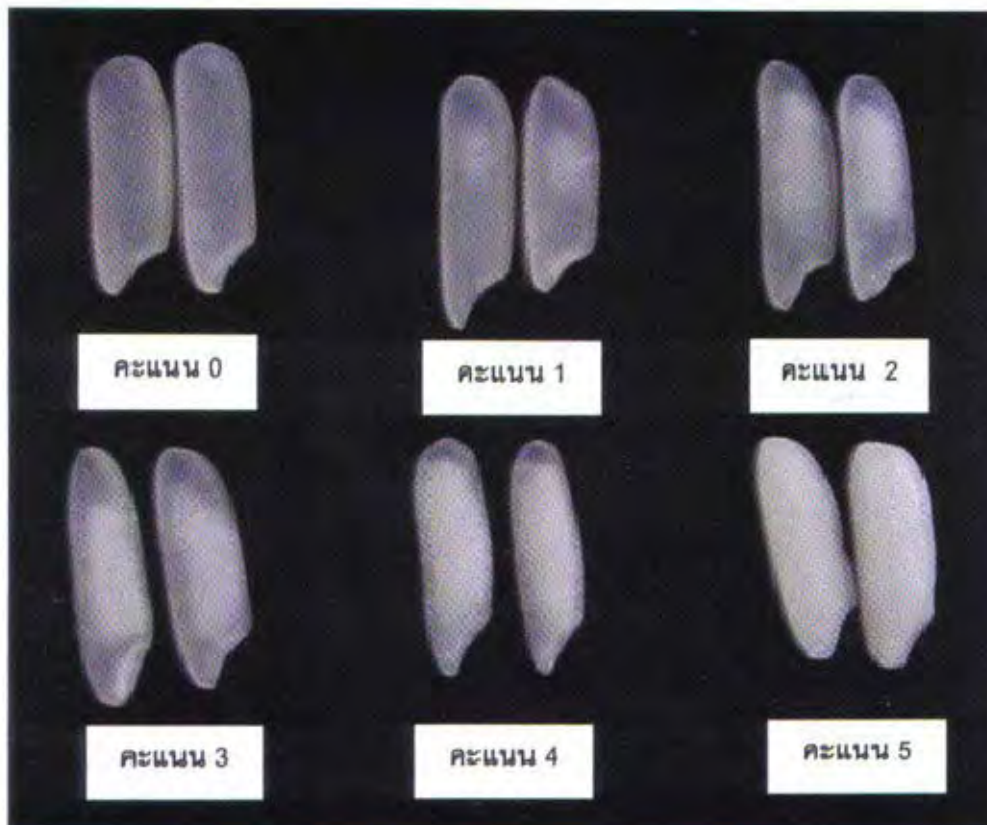
ที่มา: Webb (1991)

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) จากด้านท้องที่อยู่ข้างเดียวกับคัพพะ (white belly) หรือจากด้านหลัง (white back) นอกจากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแล้ว สภาพแวดล้อมยังมีผลกระทบต่อกระเทือน เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาล และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น



(ก.)

(ข.)



(ค.)

ภาพที่ 2.3 (ก.) เครื่องวัดข้าวท้องไข่ (ข.) รูปลักษณะข้าวท้องไข่ (ค.) ลักษณะการให้คะแนนข้าวท้องไข่ (ที่มา: อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547)

6. ความเลื่อมมันของเมล็ด เป็นปัจจัยที่พ่อค้าใช้ประเมินคุณภาพ-และราคาข้าว ข้าวกล้องที่มีความเลื่อมมันดี เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง

7. ความขาวของข้าวสาร ข้าวที่ผ่านการสีจนเป็นข้าวสารแล้วจะมีสีขาวเสมอ เพราะส่วนที่เหลือเป็นแฉ่ง แต่ข้าวสารอาจมีความขาวแตกต่างกันได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น ระดับการสี ข้าวที่เก็บไว้นาน

8. ความใสของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง ความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด จะสังเกตเห็นความแตกต่างในเมล็ดข้าวเจ้า ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขาวขุ่นอย่างเดียว ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคุณลักษณะของข้าวท้องถิ่น

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

ตารางที่ 2.4 ตัวอย่างคุณภาพเมล็ดข้าวพันธุ์ดีทางกายภาพ ที่มา: เครือวัลย์ (2531)

คุณภาพการสี

คุณภาพการสีของข้าวประเมินจากปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้ว จะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหักน้อย ดังนั้นการประเมินคุณภาพการสีของข้าวจึงเกี่ยวข้องกับการแปรสภาพข้าว หรือการสีข้าว สิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่

- 1). แกลบ ประมาณ 20-24% ของข้าวเปลือก เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด กลีบเลี้ยง ฟางและข้าวเมล็ด
- 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 ท้องไข่วความใสของเมล็ด และสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ข้าวแดง ข้าวเหลือง ข้าวเสีย หรือข้าวชนิดอื่นปน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเหล่านี้ในปริมาณต่างๆกัน จะเป็นตัวกำหนดราคาข้าว
- 3). คุณภาพการสี เพื่อประเมินผลของการแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ปริมาณข้าวรวม ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักขนาดต่างๆ และปลายข้าว ซึ่งผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อจะเป็นค่าที่โรงสีใช้ประเมินผลได้จากการแปรสภาพในโรงสีจริง โดยทั่วไปโรงสีจะตั้งเกณฑ์ขั้นต่ำของผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อ หากข้าวที่เกษตรกรนำมาจำหน่ายมีผลได้จากการขัดสีต่ำกว่าเกณฑ์ จะถูกตัดราคา
- 4). ประเภทของข้าว ข้าวคุณภาพดี ตามความต้องการของตลาดและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคเช่นข้าวหอมมะลิ มักมีราคาดีกว่าข้าวสาร

การประมวลเชิงภาพกับการศึกษาเมล็ดข้าว

การประมวลภาพ (Image processing) เป็นกระบวนการในการกระทำต่อภาพทั้งในเชิงปริมาณและคุณภาพ ทั้งนี้เพื่อเป้าหมายในการปรับแต่งภาพ การจดจำภาพ การปรับเปลี่ยนในเชิงเรขาคณิต ตลอดจนการแยกแยะความแตกต่าง ซึ่งในการบ่งบอกความแตกต่าง โดยทั่วไปจะนิยมใช้ระดับสีเทา 0-255 มาเป็นหลักในการพิจารณา ซึ่งในโครงการนี้ระดับสีดังกล่าวจะถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก โดยที่การกระจายตัวของระดับสีของเมล็ดข้าวเปลือกที่ผิดปกติเมื่อเทียบกับระดับสีของเมล็ดข้าวเปลือกที่มีความสมบูรณ์ ควรจะมีค่าความต่างอย่างมี

นัยสำคัญ สำหรับการกระบวนกรเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการจำแนกสายพันธุ์ข้าว ทางผู้วิจัยจะใช้เทคนิคการหาค่าพื้นที่ของเมล็ดข้าวเปลือกโดยการนับ pixels และหาค่า แกนเอก และแกนโท จากค่าจุดกึ่งกลางของพื้นที่ เพื่อนำเข้าสู่การหาปริมาณอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับรูปร่างต่อไป โดยที่ปริมาณที่จะทำการศึกษาเปรียบเทียบได้แก่ Area, Aspect, Area/Box, Box X/Y, Center-X, Center-Y, Density (mean), Angle Axis(major), Axis(minor), Diameter(max), Diameter(min), Diameter(mean), Radius (max), Radius (min), Roundness, Perimeter(ellipse), Area (polygon), Fractal Dimension, Center-X(mass), Center-Y(mass) และ Segmentation range

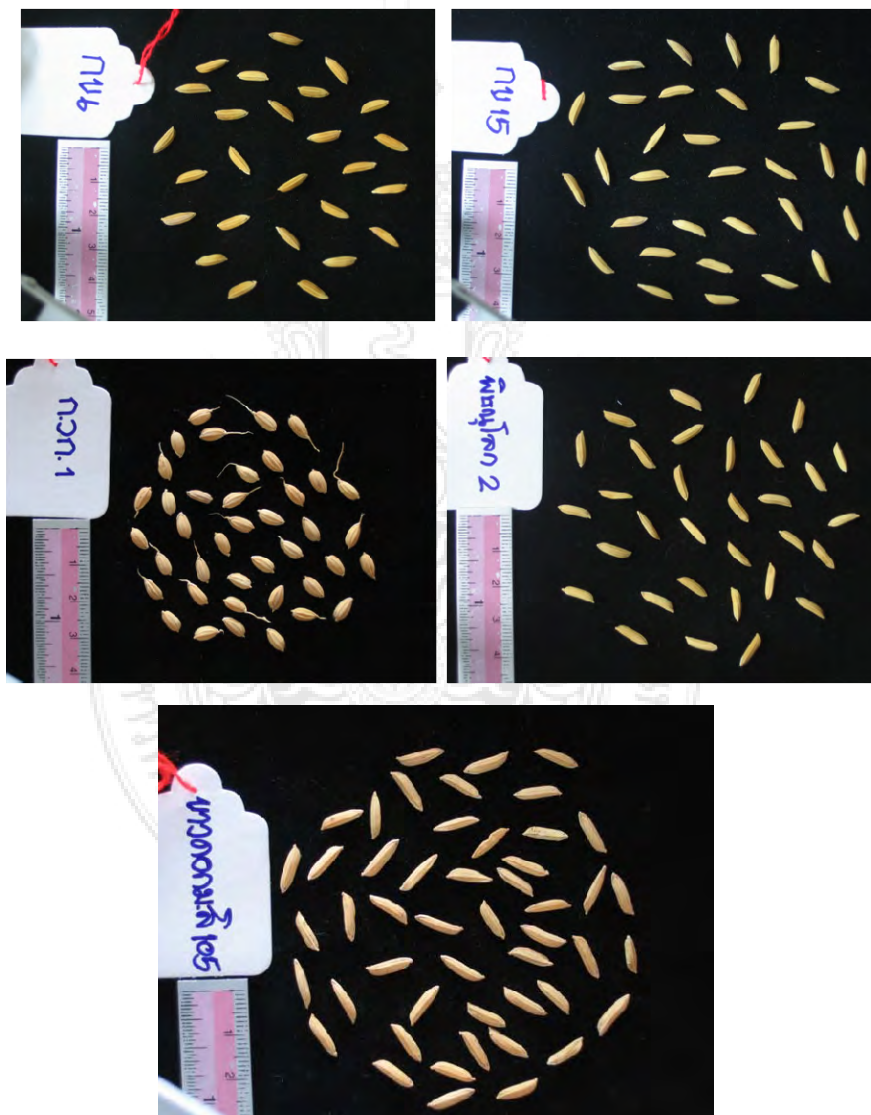
การศึกษาการประมวลผลภาพสำหรับเมล็ดข้าวในปัจจุบันจะมุ่งเน้นไปที่ การศึกษาในแง่การแตกหัก (Yadav 2001) ที่ได้ภาพจาก CCD หรือ การส่งผ่านความร้อนหรือความชื้น ผ่านเมล็ดข้าว ซึ่งในกรณีหลังนี้ภาพส่วนมากจะเป็น MRI (Mohoric 2004; Mohoric 2009) โดยที่การศึกษาในแง่ของการจำแนกสายพันธุ์ข้าวและความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก ยังได้รับความสนใจน้อย โดยที่ผ่านมาจะศึกษาการประมวลผลภาพสำหรับเมล็ดข้าวเปลือกในเชิงสีและรูปร่างแบบคร่าวๆโดยไม่มี การศึกษาเชิงเปรียบเทียบในด้านคุณสมบัติเชิงปริมาณอย่างชัดเจน (IRRI) นอกจากนี้ส่วนมากจะเน้นในการศึกษาเชิงกลศาสตร์ของข้าวเปลือกมากกว่า (Jia 2009) ทั้งนี้เนื่องจากการศึกษาในเชิงการส่งผ่านความร้อนหรือความชื้นเป็นการตอบโจทยทางด้านอุตสาหกรรม ในขณะที่ การศึกษาในแง่ของการจำแนกสายพันธุ์ข้าวและความผิดปกติของเมล็ดข้าวเปลือก เป็นการเน้นการปรับปรุงพันธุ์ ซึ่งเป็นการตอบโจทยด้านการผลิต อย่างไรก็ตาม สำหรับในประเทศไทย การตอบโจทยวิจัยในด้านการผลิตย่อมมีความจำเป็นที่มากกว่าเนื่องจาก ประเทศไทยอยู่ในฐานะของผู้ผลิต ซึ่งเป็นแนวทางหลักของโครงการวิจัยนี้



บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย

สำหรับการศึกษาวิจัยเพื่อหากระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามะล็ดข้าวเปลือก คณะผู้วิจัยได้เลือกเมล็ดพันธุ์ข้าวได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ข้าวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย โดยผู้วิจัยได้เลือกวิธีการการนับ pixels และหาค่า แกนเอก และ แกนโท จากค่าจุดกึ่งกลางของพื้นที่ เพื่อนำเข้าสู่การหาปริมาณอื่นๆที่เกี่ยวข้องกับรูปร่าง

สำหรับเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เลือกใช้ในการทดสอบความแกร่งได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ข้าวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงรายดังแสดงตามภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 แสดงพันธุ์ข้าวที่ใช้ในการทดสอบ ได้แก่ กข6 กข15 กวก1 พิษณุโลก2 และ ข้าวดอกมะลิ105 จากจังหวัดเชียงราย

โดยก่อนทำการทดสอบความแกร่ง ผู้วิจัยได้ทำการวัดน้ำหนักของเมล็ดข้าว ที่ระดับความชื้นที่ 13-15% wb. และขนาดของเมล็ดข้าว ตามตารางที่ 3.1 และ 3.2 ตามลำดับ

ตารางที่ 3.1 น้ำหนักของเมล็ดข้าว ที่ระดับความชื้นที่ 13-15% 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

บทที่ 4

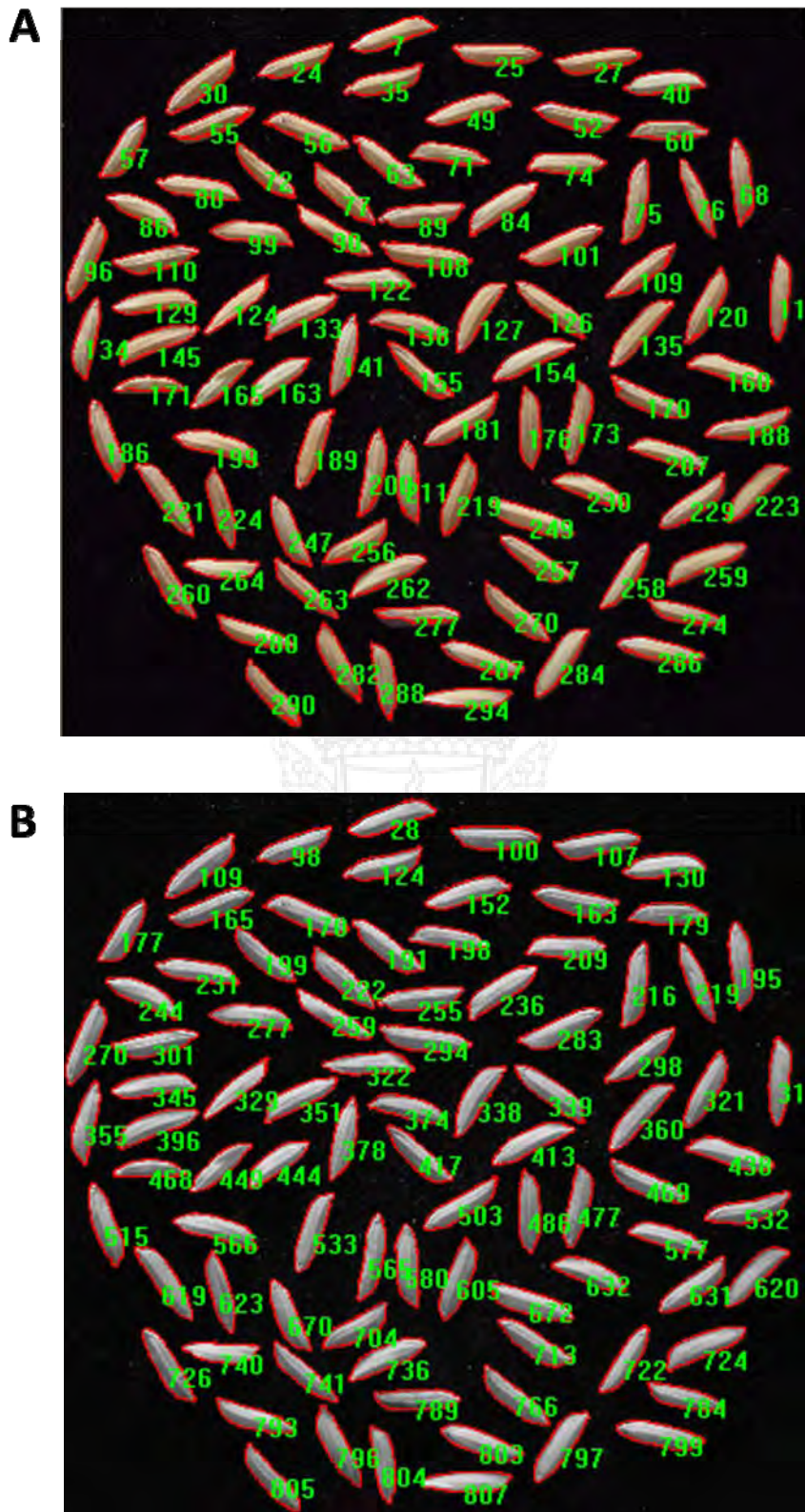
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในโครงการศึกษาวิจัยนี้ผู้วิจัย ได้มุ่งประเด็นไปที่หากระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามะลัดข้าว โดยเฉพาะข้าวเปลือก นอกจากนี้ ผู้วิจัย ได้ศึกษาเพิ่มเติมในเรื่องความเสียหายทางเชิงประจักษ์ที่อยู่ผิวของมะลัดข้าว

4.1 กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามะลัดข้าว

ในการหากระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษามะลัดข้าว algorithm ที่ผู้วิจัยเลือกใช้คือการหา แกนเอกและแกนโทของวัตถุในภาพ โดยอาศัยการนับ pixels เพื่อหาค่าจุดกึ่งกลางเฉลี่ยของวัตถุในภาพ หลังจากนั้นจึงทำการกำหนด registration และ recognition ดังแสดงตามภาพที่ 4.1 ซึ่งมีการทดสอบทั้ง RGB และเฉดสีเทา โดยผลที่ได้ไม่ได้มีนัยของความต่างที่ชัดเจน แต่พบว่าเวลาที่ใช้ในการประมวลผลที่เป็น RGB จะใช้มากกว่าที่เป็น เฉดสีเทา (gray scale) โดย พบว่า ปริมาณที่มีความเหมาะสมในการแยกความต่างของมะลัดข้าว ได้แก่ ปริมาณเชิงพื้นที่และขนาด ส่วนปริมาณที่เกี่ยวข้องกับระดับสี มีนัยสำคัญที่ใช้ในการจำแนกได้น้อยมาก ดังแสดงตามชุดตารางที่ 4.1 ดังนั้น ในการจำแนกความผิดปกติก็มีนัยเช่นเดียวกัน





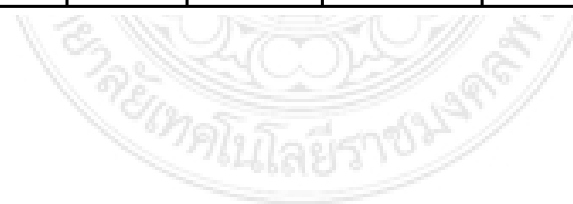
ภาพที่ 4.1 แสดงตัวอย่างของข้าวที่ทำการกำหนด registration และ recognition ในแบบ RGB (A) และแบบเทา (B)

ตารางที่ 4.1 แสดงปริมาณที่ได้จากการประมวลผลการหาแกนเอกและแกนโทของวัตถุในภาพ

พื้นที่		Area	Aspect	Area/Box	Box X/Y	Center-X	Center-Y
ขาวดอกมะลิ105	MEAN	6356.494	3.760918	0.51274	1.730372	759.3889	741.3124
	SD	598.8248	0.27812	0.122949	1.128242	396.5257	384.4255
	SE	6.728369	0.003125	0.001381	0.012677	4.455345	4.319388
กข15	MEAN	5767.059	3.840017	0.492863	1.619038	556.9603	605.7039
	SD	496.3037	0.326505	0.104821	1.026884	290.967	282.8317
	SE	14.59717	0.009603	0.003083	0.030202	8.557853	8.318578
กข6	MEAN	6052.706	3.262335	0.48262	1.186992	692.1648	669.3647
	SD	331.638	0.172392	0.08731	0.707992	308.7086	312.0657
	SE	9.75406	0.00507	0.002568	0.020823	9.079666	9.178402
พืชกล้วย2	MEAN	6113.105	3.710965	0.517767	1.591633	779.8401	785.4888
	SD	605.3643	0.421893	0.127097	0.978507	367.4241	338.1702
	SE	15.93064	0.011102	0.003345	0.02575	9.669055	8.899216



Density (mean)	Angle	Hole Area	Hole Ratio	Axis (major)	Axis (minor)	Diameter (max)
135.0376124	87.62764	0.797753	0.9998799	175.0918404	46.7001836	172.0672213
11.32766702	44.01402	2.006692	0.0002757	9.716234994	2.916601309	10.42104071
0.127277158	0.49454	0.022547	3.097E-06	0.10917118	0.032770801	0.117090345
141.4881059	111.6172	0.941176	0.9998362	168.6460176	44.142705	164.5193971
11.21507745	41.15	2.321718	0.0004138	6.714289348	3.118347202	8.856579072
0.329855219	1.210294	0.068286	1.217E-05	0.197479098	0.091716094	0.26048762
149.0014794	109.1027	0.794118	0.9998703	159.0454853	48.80677	158.0626
12.81949399	44.51762	1.903417	0.0003055	6.527808012	1.679947642	5.70571307
0.377043941	1.309342	0.055983	8.984E-06	0.191994353	0.049410225	0.16781509
152.8240395	113.5499	0.421053	0.9999326	170.1531474	46.22607474	165.3044237
12.79581925	39.16787	0.889323	0.0001412	10.2224579	3.959623922	10.59582766
0.336732085	1.030733	0.023403	3.715E-06	0.26901205	0.10420063	0.27883757



Diameter (min)	Diameter (mean)	Radius (max)	radius (min)	Holes	Perimeter
45.44599494	95.00708854	90.37127685	20.30487	0.595506	388.8775
5.179592384	8.156673085	4.420750231	1.535409	1.155216	18.61622
0.058197667	0.091648012	0.049671351	0.017252	0.01298	0.209171
41.83900971	89.64892647	86.99290235	18.86662	0.323529	373.8436
3.696469205	5.054859772	3.499648295	1.703712	0.638207	14.26128
0.108719683	0.148672346	0.102930832	0.050109	0.018771	0.419449
47.31805235	92.29051735	83.02204882	22.10147	0.352941	362.3421
2.335915113	3.955237951	3.365601822	0.9072	0.597081	12.94099
0.068703386	0.116330528	0.098988289	0.026682	0.017561	0.380617
44.40570737	93.15473184	86.59422263	20.20729	0.342105	376.5283
4.359096966	8.587892278	5.199798036	1.57096	0.668856	20.10662
0.114713078	0.225997165	0.13683679	0.041341	0.017601	0.529121

Radius Ratio	Roundness	Cluster	Density (red)	Density (green)	Density (blue)
4.473822337	2.0863481	3013.011	0	0	0
0.377416389	0.1250191	283.8633	0	0	0
0.004240634	0.0014047	3.189476	0	0	0
4.644836529	2.0986856	2776.206	0	0	0
0.433325657	0.1436683	238.9814	0	0	0
0.012744872	0.0042255	7.028865	0	0	0
3.763847353	1.8563168	2783.912	0	0	0
0.239218859	0.0897164	152.5477	0	0	0
0.007035849	0.0026387	4.486698	0	0	0
4.311429895	2.0511253	170.5789	0	0	0
0.431185889	0.1923448	16.89016	0	0	0
0.011346997	0.0050617	0.444478	0	0	0

Per Area (Obj./Total)	Class	Size (length)	Size (width)	Perimeter2	IOD
0.002656227	1	177.255691	46.20774225	426.376851	858295.2
0.000250241	0	8.889799678	2.895723932	26.9123741	105693.4
2.8117E-06	0	0.09988539	0.032536224	0.30238623	1187.566
0.004220868	1	170.5911382	43.21878206	405.720062	815458.2
0.000363254	0	6.653022209	3.085791392	18.3298125	92134.56
1.06839E-05	0	0.195677124	0.09075857	0.53911213	2709.84
0.003623126	1	161.7640853	48.31759382	392.055603	902444.6
0.000198518	0	5.737182006	2.77556764	17.0851322	97558.23
5.83875E-06	0	0.168740647	0.081634342	0.50250389	2869.36
0.002841687	1	169.6076842	45.50405132	410.7684	935359.7
0.000281406	0	10.27344233	3.922977289	23.3628159	127146.8
7.40542E-06	0	0.270353746	0.103236244	0.61481094	3345.967



Perimeter (convex)	Perimeter (ellipse)	Perimeter (ratio)	Area (polygon)	fractal Dimension
384.1061135	378.2700393	0.987781993	6156.539326	1.055991506
18.21093907	19.49948896	0.008079602	582.4673248	0.013966474
0.204617293	0.219095382	9.0782E-05	6.544576684	0.000156927
369.4414206	363.5560588	0.988368171	5569.080882	1.050664294
13.06020572	13.42305375	0.009472608	508.594311	0.013390843
0.384123698	0.394795698	0.000278606	14.95865621	0.000393848
355.3581029	349.9026	0.980889888	5866.264706	1.047720059
11.90637159	12.55617664	0.013454682	335.7975352	0.015349074
0.3501874	0.369299313	0.000395726	9.876398093	0.000451443
371.2498395	368.4875447	0.986138789	5915.654605	1.052775895
18.99140033	19.33788376	0.010050862	588.0544188	0.013870913
0.499773693	0.508891678	0.000264496	15.47511629	0.000365024



Center-X (mass)	Center-Y (mass)	Count (adjusted)	Box Width	Box Height	Feret (min)
758.5681616	737.9784139	1.181082753	138.123596	107.6067416	46.4188649
396.324117	384.2464893	0.013646282	42.7143845	45.22685696	2.76196671
4.453079966	4.317376284	0.000153329	0.4799369	0.508166932	0.03103333
554.2914065	604.6648397	1.241370882	130.235294	106.9705882	43.6746606
290.957785	282.8134821	0.014767133	43.3359385	44.24483212	3.31910422
8.557581912	8.318043593	0.000434327	1.27458643	1.301318592	0.09762071
689.6418324	668.1181088	1.209577441	117.441176	116.2941176	48.3374824
308.7948645	312.0804549	0.012378309	27.944958	31.31417475	2.34805558
9.082201898	9.178836908	0.000364068	0.82191053	0.92100514	0.06906046
777.4366158	784.7053263	1.185749342	131.263158	107.2631579	45.7760742
367.3493789	338.1764198	0.014656297	41.0350438	43.38431913	4.07215047
9.667088917	8.899379467	0.000385692	1.07986957	1.141692609	0.10716185



Feret (max)	Feret (mean)	Density (min)	Density (max)	Density (std.dev.)	Dendritic length
177.53859	122.2644674	38	228.0337079	44.43734798	0.112359551
8.86324637	5.813735781	0	16.37379381	7.071110346	0.382521605
0.09958704	0.065322874	0	0.183975211	0.079450678	0.004297996
170.865226	117.6000382	47	207	31.90828882	0.208364
6.65607325	4.146544153	0	18.57335987	7.169116453	0.614018135
0.19576686	0.121957181	0	0.54627529	0.210856366	0.018059357
162.054921	113.1276412	49	223.9117647	33.11261853	0.391970941
5.70647106	3.779203552	0	16.61938927	6.084556086	0.752650006
0.16783738	0.111153046	0	0.488805567	0.178957532	0.022136765
169.911305	118.1677395	44	216.8421053	39.04065737	1.284734132
10.1780335	6.042545361	0	16.35340499	6.487295223	1.917345107
0.26784299	0.159014352	0	0.430352763	0.170718295	0.05045645

4.1 กระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาความเสียหายเชิงประจักษ์

ในการศึกษาความเสียหายเชิงประจักษ์ ผู้วิจัยได้นำน้ำมันก๊าดและการถ่ายภาพเคลื่อนไหว แล้วนำมาเขียนโปรแกรมวิเคราะห์ โดยผลแสดงตามตารางที่ 4.2 โดยจะพบว่าขนาดและรูปร่างของเมล็ดข้าวเป็นตัวกำหนดความเสียหายที่เกิดขึ้นระหว่างผิวของข้าวและน้ำมันก๊าด

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณทางฟิสิกส์ที่ได้จากการพัฒนา Algorithms ในการประมวลผลภาพ

D_p (m)*	D_n (m)*	Sphericity (%)*	Surface area (m ²)*	Rice Volume (m ³)*	Rice Density (kg/m ³)*	Terminal velocity (m/s)**	Fluid friction (D_p) (Ns/m ²)**	Fluid friction (D_p) (Ns/m ²)**
0.00392	0.00302	37.684	2.65E-05	4.42E-09	1672.263	0.031	0.0338	0.0438
0.00393	0.00303	37.805	2.67E-05	4.45E-09	1644.374	0.033	0.0305	0.0395
0.00397	0.00306	37.835	2.73E-05	4.54E-09	1447.704	0.031	0.0257	0.0333
0.00395	0.00308	38.508	2.73E-05	4.55E-09	1417.362	0.034	0.0224	0.0287
0.00402	0.00314	38.846	2.86E-05	4.76E-09	1373.155	0.034	0.0215	0.0276



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

ผลจากการศึกษาวิจัย เพื่อหากระบวนการเชิงภาพที่เหมาะสมสำหรับการศึกษาเมล็ดข้าวเปลือก: การจำแนกสายพันธุ์ และ การตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าว ผู้วิจัยสามารถสรุปผลการศึกษาวิจัยได้ดังนี้

1. สัจฐาน(Topology)ของเมล็ดข้าวในลักษณะของปริมาณเชิงพื้นที่และขนาด เป็นปริมาณที่มีศักยภาพนำมาใช้ในการจำแนกสายพันธุ์ และ การตรวจสอบความผิดปกติของเมล็ดข้าวได้ แต่สำหรับค่าน้ำหนักของสี ยังให้ผลของความแตกต่างในการจำแนกที่ไม่ชัดเจน
2. ปริมาณที่มีผลต่อความเสียหายเชิงประจักษ์ที่ผิวของเมล็ดข้าวเมื่อพิจารณาในน้ำมันก๊าด คือ เส้นผ่าศูนย์กลางเฉลี่ยเชิงเรขาคณิต (geometric mean diameter)

ด้วยผลการวิจัยดังกล่าวนี้ สามารถ นำเข้าสู่การพัฒนาเป็นข้อมูลพื้นฐาน สำหรับการพัฒนากระบวนการเชิงภาพที่จะมาใช้ในการกำหนดคุณภาพและการจำแนกพันธุ์เมล็ดธัญพืช ในรูปแบบของเครื่องมือตรวจสอบในขั้นต่อไป



บรรณานุกรม



บรรณานุกรม

1. อรอนงค์ นัยวิกุล, 2547, ข้าววิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, ภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรม. การเกษตรมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ, 366 หน้า
2. B.K. Yadav, V.K. Jindal. Monitoring milling quality of rice by image analysis. *Computers and Electronics in Agriculture* 33 (2001) 19–33.
3. A. Mohoric, F. Vergeldt, E. Gerkema, A.de Jager, J. van Duynhovenb, G. van Dalenb, H. Van Asa. Magnetic resonance imaging of single rice kernels during cooking. *Journal of Magnetic Resonance* 171 (2004) 157–162.
4. A. Mohoric, F. Vergeldt, E. Gerkema, G. van Dalen, L.R. van den Doel, L.J. van Vliet, Henk Van As, John van Duynhoven. The effect of rice kernel microstructure on cooking behaviour: A combined I-CT and MRI study. *Food Chemistry* 115 (2009) 1491–1499.
5. International Rice Research Institute (IRRI): www.irri.org (access 29-02-2012)
6. H-y Jia, Dong Li, Y. Lan, B. Bhandari, J. Shi, X. D. Chen Z-h Mao. Thermomechanical Property of Rice Kernels Studied by DMA. *International Journal of Food Engineering*, 5 (2009) 1-13.



ภาคผนวก



ภาคผนวก
การนำเสนอผลงานวิจัย



The Study of Brown Rice Friction By Using Kernel Tracking in Kerosene

Paisan Kanchang*, Duongruiat Niconrat
Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon, Bangkok, Thailand 10800

ABSTRACT

The knowledge of brown rice friction is important for development of paddy separation, paddy dehusking and polishing machine design. However, the characteristic of brown rice frictions are slightly studied. In this work, we characterized the friction of brown rice with its terminal velocity via particle tracking technique. We used the geometric mean diameter and arithmetic mean diameter for determine the fluid friction coefficient. We found that the sphericity of brown rice kernels had the opposite relation to the friction coefficients. In contrast, the rice densities tend to increase with fluid friction coefficient increase. We suggested that the geometric mean diameter is appropriated for fluid friction coefficient calculation. Therefore, with our techniques obtained can be such a high potential approach that can be used for further developing into the physical quantitative parameter of rice kernels.

INTRODUCTION

Based on image processing and analysis is a novel technology for extracting quantitative information from digital images in order to provide objective, rapid, non-contact, and non-destructive quality evaluation. It has found application in areas such as medical diagnostics, automated manufacturing, aerial surveillance, remote sensing and very recently in the field of automated sorting and grading of agricultural and food products (Sun, 2003). The increasing applications of the image analysis are evident in grain-based industries for quality grading and classification based on kernels size, shape and appearance (Ding and Gunasekaran, 1994). The techniques had been utilized for monitoring degree of milling of rice (Liu et al., 1998), authenticating the rice cultivars based on their origin (Kim et al., 1997), and separate mixture of two milled rice varieties (Sakai et al., 1996). Although many researches have been studied the image processing and analysis for bulk properties of rice kernels especially in terms of quality grading and geometric classification. However, the physical quantities of single seed properties are slightly studied and developed. In spite of these issues are very important for developing the basic knowledge of both cereal science and agricultural engineering.

In this work, we proposed the development of image processing technique for fluid friction study on brown rice kernels. This physical parameter will become the suggestion parameter for characterize the friction property on the surface of rice kernels.

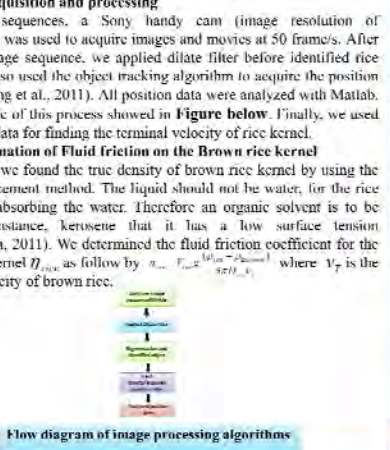
In this work, we proposed the development of image processing technique for fluid friction study on brown rice kernels. This physical parameter will become the suggestion parameter for characterize the friction property on the surface of rice kernels.

MATERIALS & METHODS

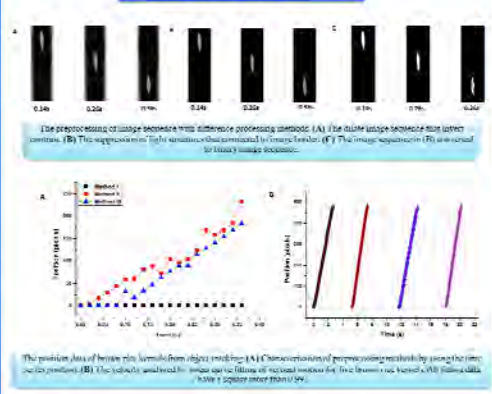
I: Sample preparation
The rough rice (Phisanulok 2 variety), which is grown in Supanburi province (Central Thailand), was acquired from local marketing agency having a typical harvest moisture content of 15 to 18% (w.b.). The samples were cleaned manually to remove stones, straw and dirt, and then sieved to remove broken and damaged kernels. The rough rice samples were then dried at room temperature (26 °C). The dried samples were sealed and stored in a refrigerator at 4 °C. Before each experiment, the sample was equilibrated to room temperature (26 °C).

II: Image acquisition and processing
For image sequences, a Sony handy cam (image resolution of 12.5Mpixels) was used to acquire images and movies at 50 frame/s. After acquiring image sequence, we applied dilate filter before identified rice kernel. We also used the object tracking algorithm to acquire the position data (Kanchang et al., 2011). All position data were analyzed with Matlab. The schematic of this process showed in Figure below. Finally, we used the position data for finding the terminal velocity of rice kernel.

III: Determination of Fluid friction on the Brown rice kernel
In our work, we found the true density of brown rice kernel by using the liquid displacement method. The liquid should not be water, for the rice would start absorbing the water. Therefore an organic solvent is to be used, for instance, kerosene that it has a low surface tension (Bhattacharya, 2011). We determined the fluid friction coefficient for the brown rice kernel η_{fluid} as follow by $\eta_{fluid} = \frac{V_p \rho_p}{S D_p V_p}$ where V_p is the terminal velocity of brown rice.



RESULTS & DISCUSSION



Kernel ID	True Density (g/cm³)	Terminal Velocity (cm/s)	Geometric Mean Diameter (µm)	Arithmetic Mean Diameter (µm)	Fluid Friction Coefficient (Pa·s)	Roundness (µm)	Major Diameter (µm)	Minor Diameter (µm)
000001	0.000002	0.000002	4.850 (0.5)	4.842 (0.2)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
000002	0.000003	0.000003	4.874 (0.5)	4.867 (0.2)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
000003	0.000004	0.000004	4.918 (0.5)	4.911 (0.2)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
000004	0.000005	0.000005	4.962 (0.5)	4.955 (0.2)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000
000005	0.000006	0.000006	5.006 (0.5)	5.000 (0.2)	0.0001	0.0000	0.0000	0.0000

The physical parameters of brown rice kernel and fluid friction coefficients. We found that the fluid friction coefficient tended to increase with the geometric mean diameter increase. However, possibly, since by the roundness characteristic of rice kernel which indicated on the surface to exist sphericity characteristics. This characteristic also possibly has an effect to the friction force of fluid friction force on the grain surface. In contrast, the fluid friction coefficient increased with respect to the density of rice.

CONCLUSION

In this work, we found the optimal image preprocessing method for utilizing in finding the position time series data of brown rice kernel motion in kerosene. We also found that the roundness characteristic of rice kernels had the negative effect to the fluid friction coefficients. In contrast, fluid friction coefficients are increased as the true densities increased. We suggested that the geometric mean diameter is appropriated for fluid friction coefficient calculation.

REFERENCES

Sun DW (2003). Journal of Food Engineering, 61:1-2.
 Ding K, Gunasekaran S (1994). Transactions of ASAE, 37(5):1537-1545.
 Lin W, Tan Y, Siebenmorgen TJ, Chen H (1998). Cereal Chemistry, 75(1):180-185.
 Kim SS, Jo JS, Kim YJ, Song NK (1997). Cereal Chemistry, 74(3):212-215.
 Sakai N, Yonekawa S, Matsuzaki A (1996). Journal of Food Engineering, 17:397-407.
 Kanchang P, et al. (2011). IJFAP 55: 11201-8.
 Bhattacharya KR (2011). Woodhead Publishing Limited, New Delhi, India.

Acknowledgements

The authors express their sincere appreciation to the Faculty of Science and Technology, Rajamangala University of Technology Phra Nakhon for supporting the study financially.

pk_quantum2000@yahoo.com

เผยแพร่ที่ การประชุมวิชาการนานาชาติมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 4 และการประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล ครั้งที่ 5 (<http://rmutcon.rmutp.ac.th/>)