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

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

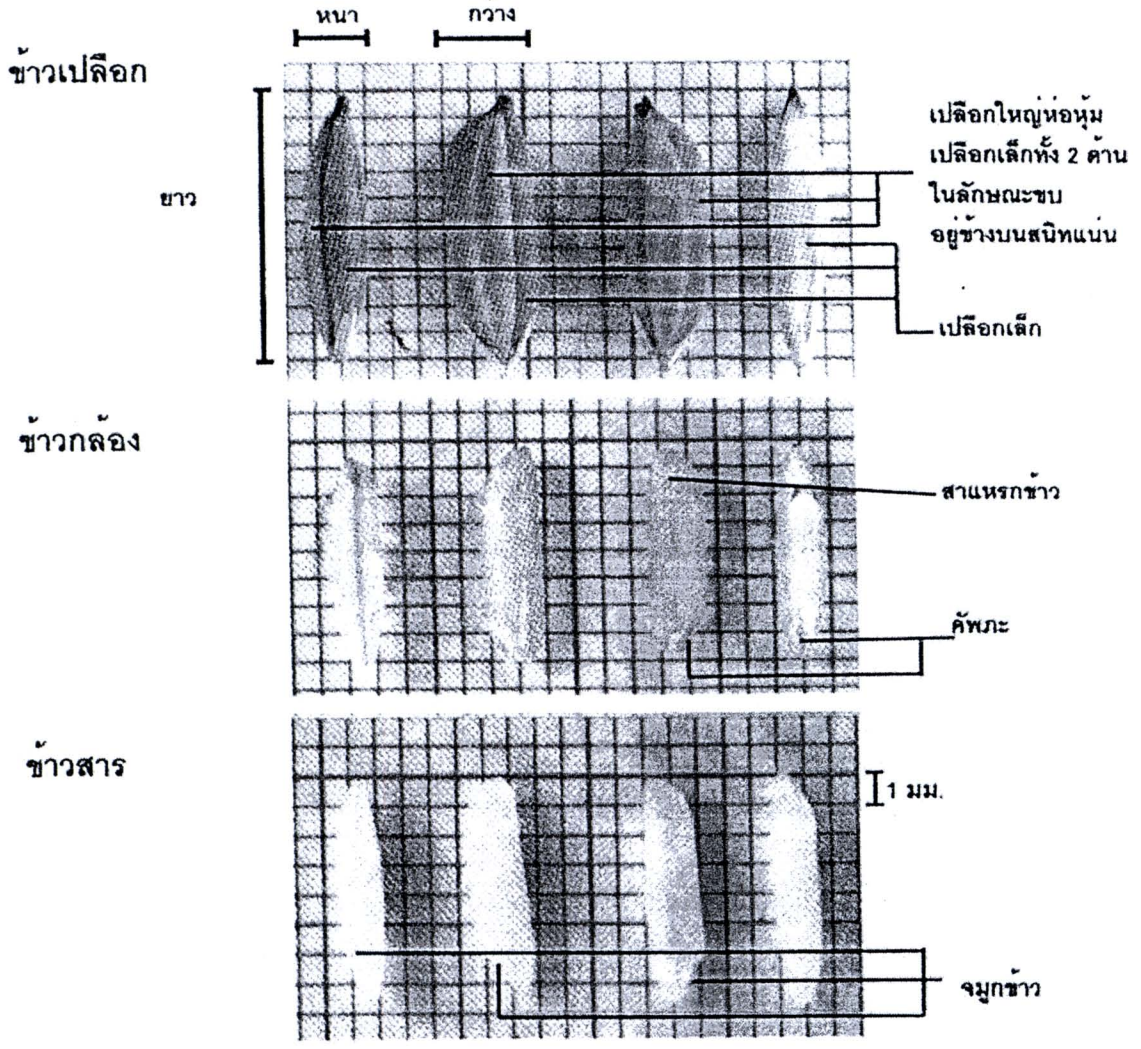
3. สีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาวเป็นส่วนใหญ่ นอกจากนี้มีข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำ ข้าวกล้องที่มีสีเหล่านี้ถือว่าเป็นข้าวคุณภาพเฉพาะ และมักนิยมบริโภคเพื่อวัตถุประสงค์ทางด้านโภชนาการ หรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องที่มีสีนี้ หากเป็นสีล้วนๆ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

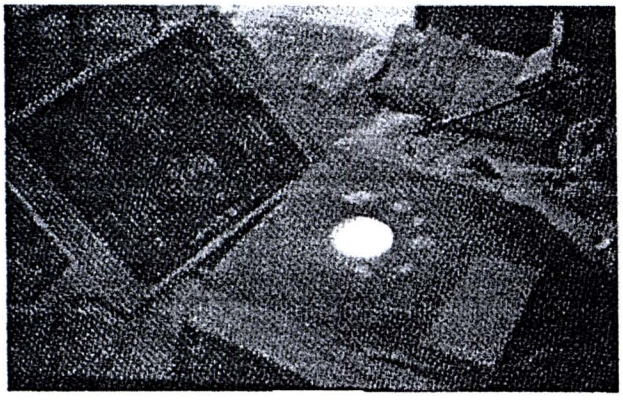
ตารางที่ 2.3 แสดงเกณฑ์ของขนาดและรูปร่างเมล็ดข้าวสาร

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

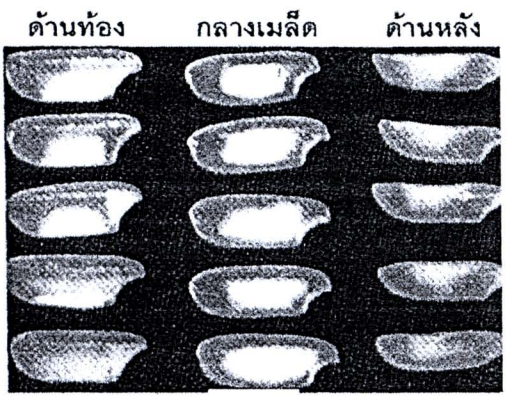
ที่มา: Webb (1991)

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)

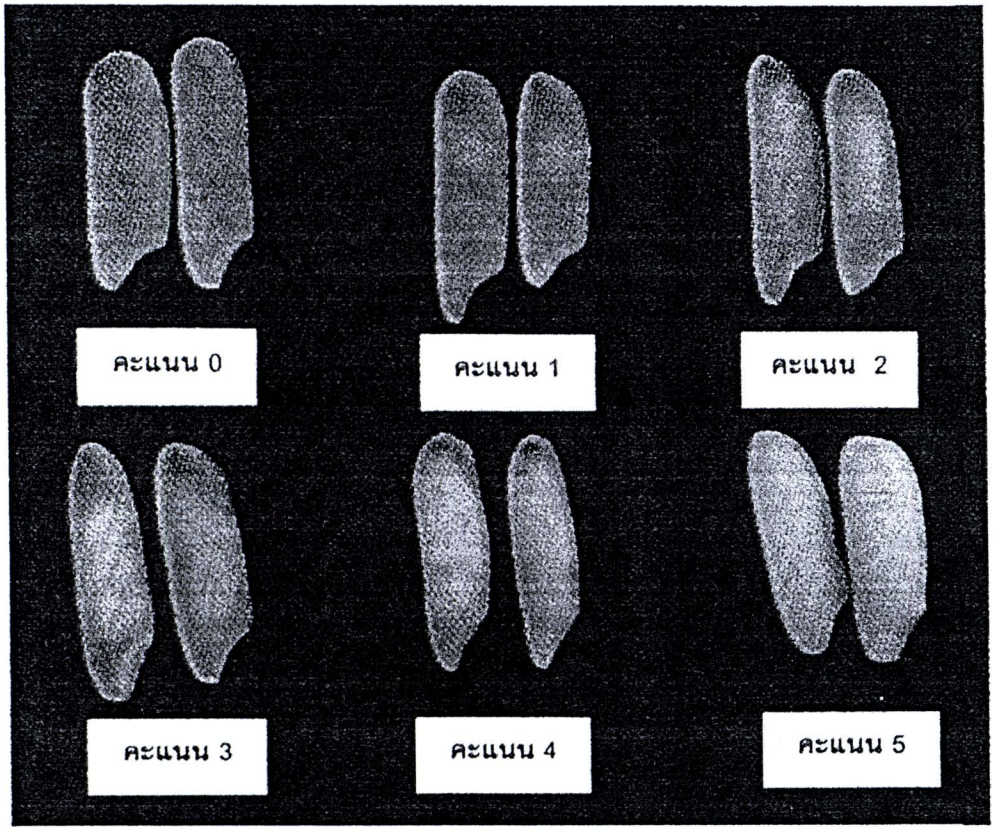
นอกจากเป็นลักษณะทางพันธุกรรมแล้ว สภาพแวดล้อมยังมีผลกระทบกระเทือน เช่น แหล่งปลูก ฤดูกาล และการใส่ปุ๋ย เป็นต้น



.)



.)



)

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

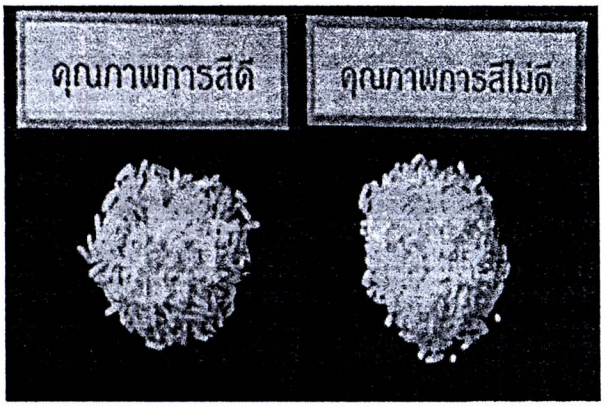
8. ความใสของเมล็ด หมายถึง ความทึบแสง ความใสของเนื้อข้าวสารทั้งเมล็ด จะสังเกตเห็นความแตกต่างในเมล็ดข้าวเจ้า ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวจะมีลักษณะขาวขุ่นอย่างเดียว ความใสขุ่นของข้าวสารเป็นคนละลักษณะของข้าวท้องไข่

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 และขัดสีเพื่อประเมินสีข้าวกล้องท้องไข่ความใสขุ่นของเมล็ด 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

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ห้องสมุดงานวิจัย

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

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
ห้องสมุดงานวิจัย
วันที่ 5 มิ.ย. 2555
เลขทะเบียน 249170
เลขเรียกหนังสือ

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

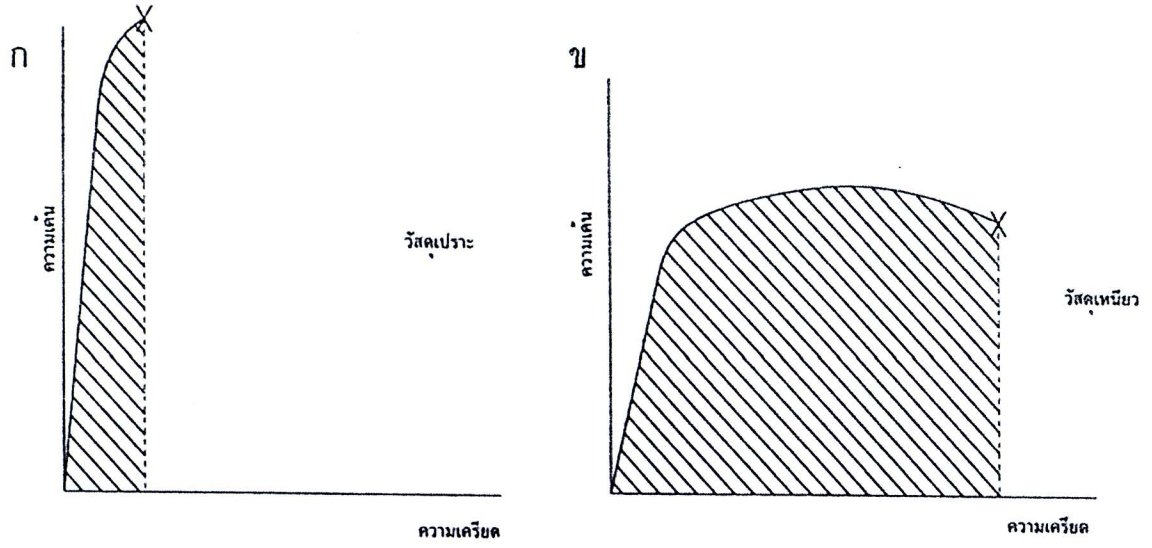
ที่มา: Juliano (1985)

โครงการวิจัยนี้ คณะวิจัยมุ่งเน้นในการสร้างนวัตกรรมในระดับห้องปฏิบัติการ เพื่อตรวจสอบความแกร่งของเมล็ดข้าว โดยพิจารณาจากคุณสมบัติเชิงกลศาสตร์ ได้แก่ แรงความเค้นและความเครียด 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