

นอกระบบบัญชี

ตามระเบียบกรมสรรพากรที่ ๒๒๖ ลงวันที่ ๒๖ ตุลาคม ๒๕๕๓ และที่ ๒๒๖ ลงวันที่ ๒๖ ตุลาคม ๒๕๕๓
๒) Indica เป็นข้าวเจ้าที่ปลูกในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

นอกระบบบัญชี

๑) Japonica หรือ Senica เป็นข้าวเจ้าที่ปลูกในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๓) พืชชนิดอื่น ๆ

๑) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๒) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๓) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๔) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๕) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๖) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๗) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๘) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

๙) พืชชนิดอื่น ๆ ที่อยู่ในเขตร้อนและกึ่งเขตร้อน

2.1.1 ชนิดของข้าว

2.1 ข้าว

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

บทที่ 2

3) Javanica เป็นข้าวที่พบมากในหมู่เกาะชวา ประเทศอินโดนีเซีย มีปลูกบ้างเล็กน้อยในประเทศฟิลิปปินส์ อินเดียและศรีลังกา ข้าวชนิดนี้จะมีลำต้นแข็งแรง รวงยาว เมล็ดมีหาง ไบมีสีเขียวอ่อน (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

อรอนงค์ นัยวิกุล (2550) อธิบายว่าการแบ่งชนิดของข้าวสามารถแบ่งได้หลายแบบ ขึ้นกับแนวทางการแบ่ง เช่นแบ่งตามประเภทเนื้อแข็งในเมล็ด พื้นที่เพาะปลูก การเก็บเกี่ยว ฯลฯ

ชนิดของข้าวแบ่งตามประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ดข้าวสาร สามารถแบ่งได้เป็นข้าวเจ้าและข้าวเหนียว ซึ่งมีต้นและลักษณะอย่างอื่นเหมือนกันทุกอย่าง แตกต่างกันที่ประเภทของเนื้อแข็งในเมล็ด เมล็ดข้าวเจ้าประกอบด้วยแป้งแอมิโลส (amylose) ประมาณร้อยละ 15-30 ส่วนเมล็ดข้าวเหนียวประกอบด้วยแป้งแอมิโลเพกทิน (amylopectin) เป็นส่วนใหญ่และมีแป้งแอมิโลสเพียงเล็กน้อยประมาณร้อยละ 5-7 เท่านั้น

ชนิดของข้าวหากแบ่งตามสภาพพื้นที่เพาะปลูก จะแบ่งได้เป็นข้าวไร่ (upland rice) เป็นข้าวที่ปลูกได้ทั้งบนที่ราบและที่ลาดชันไม่ต้องทำคันนาเก็บกักน้ำ นิยมปลูกกันมากในบริเวณที่ราบสูงตามไหล่เขาทางภาคเหนือ ภาคใต้ ภาคตะวันออกและภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศ คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ข้าวนาสวนหรือนาดำ (lowland rice) เป็นข้าวที่ปลูกในที่ลุ่มทั่ว ๆ ไปในสภาพที่มีน้ำหล่อเลี้ยงต้นข้าว ตั้งแต่ปลูกจนกระทั่งก่อนเก็บเกี่ยว โดยที่สามารถรักษาระดับน้ำได้และระดับน้ำต้องไม่สูงเกิน 1 เมตร ข้าวนาสวนนิยมปลูกกันมากแทบทุกภาคของประเทศคิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูก ประมาณร้อยละ 80 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ ข้าวขึ้นน้ำหรือข้าวนาเมือง (floating rice) เป็นข้าวที่ปลูกในแหล่งที่ไม่สามารถรักษาระดับน้ำได้ บางครั้งระดับน้ำในบริเวณที่ปลูกอาจสูงกว่า 1 เมตร ต้องใช้ข้าวพันธุ์พิเศษที่เรียกว่า ข้าวลอย หรือ ข้าวฟางลอย ส่วนมากปลูกแถบจังหวัดพระนครศรีอยุธยา สุพรรณบุรี ลพบุรี พิจิตร อ่างทอง ชัยนาทและสิงห์บุรี คิดเป็นเนื้อที่เพาะปลูกประมาณร้อยละ 10 ของเนื้อที่เพาะปลูกทั่วประเทศ

ชนิดของข้าวยังสามารถแบ่งตามอายุการเก็บเกี่ยว โดยแบ่งเป็นข้าวเบา ข้าวกลางและข้าวหนัก ข้าวเบาเมื่ออายุการเก็บเกี่ยว 90-100 วัน ข้าวกลางเมื่ออายุการเก็บเกี่ยว 100-120 วัน และข้าวหนักเมื่ออายุการเก็บเกี่ยว 120 วันขึ้นไป อายุการเก็บเกี่ยวนับแต่วันเพาะกล้าหรือ หว่านข้าวในนาจนเก็บเกี่ยว

ชนิดของข้าวแบ่งตามลักษณะความไวต่อช่วงแสง โดยข้าวที่ไวต่อช่วงแสงจะมีอายุการเก็บเกี่ยวที่ไม่แน่นอน คือไม่เป็นไปตามอายุของต้นข้าว เพราะจะออกดอกในช่วงเดือนที่มีความยาวของกลางวันสั้นกว่ากลางคืน ในประเทศไทยช่วงดังกล่าวเริ่มเดือนตุลาคม ฉะนั้นข้าวพวกนี้ต้องปลูกในฤดูนาปี (ฤดูฝน) เท่านั้น ส่วนข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสงสามารถปลูกได้ ทุกฤดูกาล ข้าวขาวมะลิ 105 เป็นข้าวที่ไวต่อช่วงแสง ในขณะที่ข้าวปทุมธานี เป็นข้าวที่ไม่ไวต่อช่วงแสง

การแบ่งชนิดข้าวตามรูปร่างของเมล็ดข้าวสาร แบ่งได้เป็นข้าวเมล็ดสั้น (short grain) ความยาวของเมล็ดไม่เกิน 5.50 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาวปานกลาง (medium grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 5.51-6.60 มิลลิเมตร ข้าวเมล็ดยาว (long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 6.61-7.50 มิลลิเมตร และข้าวเมล็ดยาวมาก (extra-long grain) ความยาวของเมล็ดตั้งแต่ 7.51 มิลลิเมตรขึ้นไป

นอกจากนั้นแล้วยังสามารถแบ่งตามฤดูปลูก ได้แก่ ข้าวนาปีหรือข้าวนาน้ำฝน คือ ข้าวที่ปลูกในฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมและเก็บเกี่ยวเสร็จสิ้นล่าสุดไม่เกินเดือนกุมภาพันธ์ ข้าวนาปรัง คือ ข้าวที่ปลูกนอกฤดูการทำนาปกติ เริ่มตั้งแต่เดือนมกราคม ในบางท้องที่จะเก็บเกี่ยวอย่างช้าที่สุดไม่เกินเดือนเมษายน นิยมปลูกในท้องที่ที่มีการชลประทานดี เช่น ในภาคกลาง

2.1.2 ส่วนประกอบของเมล็ดข้าว

เมล็ดข้าว ประกอบด้วย 2 ส่วนหลัก คือ (1) ส่วนที่ห่อหุ้มเมล็ด (หรือผล) เรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) และ (2) ส่วนเนื้อผล หรือผลแท้ (true fruit หรือ caryopsis grain) หรือข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice)

1) แกลบ ประกอบด้วย เปลือกใหญ่ (lemma) เปลือกเล็ก (palea) ขน หาง ข้าวเมล็ด (rachilla) และกลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) ซึ่งเชื่อมต่อกับก้าน (pedicel)

1.1) เปลือกใหญ่ เป็นเปลือกหุ้มเมล็ดเนื้อผลด้านท้อง (dorsal side) มีขนาดใหญ่อาจมีหาง หรือไม่มีก็ได้ ลักษณะของเปลือกใหญ่จะมีรอยเส้น (nerves) ตามความยาวของเปลือกประมาณ 5 เส้น เปลือกใหญ่จะห่อหุ้มเปลือกเล็กไว้ทั้ง 2 ด้านในลักษณะขบอยู่ด้านบนอย่างแน่นสนิท ประมาณ 2/3 ของเปลือกทั้งหมดตามแนวยาวของเมล็ด

1.2) เปลือกเล็ก เป็นเปลือกหุ้มเนื้อผลด้านหลัง (ventral side) ที่มีขนาดเล็กกว่าเปลือกใหญ่ประมาณ 1/3 ของเปลือกทั้งหมด จะขบอยู่ใต้เปลือกใหญ่ตามแนวยาว ทำให้เปลือกทั้ง 2 ติดกันสนิท บนผิวเปลือกเล็กจะเป็นรอยเส้นตามความยาวของเปลือกประมาณ 3 เส้น รอยเส้นบนเปลือกใหญ่และเปลือกเล็ก อาจทำให้ข้าวกล้องเป็นรอยเส้นตามไปด้วย ในข้าวบางพันธุ์ ถึงแม้จะผ่านกระบวนการขัดขาว (polishing) แล้วยังอาจมีรอยเส้นค้างอยู่บนข้าวสาร เรียกว่า สาแทรกข้าว

1.3) ขน จะขึ้นบนเปลือกใหญ่ และเปลือกเล็กเป็นส่วนใหญ่ อาจมีบางพันธุ์ที่ไม่มีขนแต่เป็นส่วนน้อย ขนนี้คือ ส่วนของเซลล์ผิวนอก (epidermal cell) ที่เจริญกลายเป็นขน เพื่อทำหน้าที่ลดการระเหยน้ำ ป้องกันอันตรายต่อเมล็ดจากสภาวะภายนอกเมล็ด และเพื่อกระจายพันธุ์ตามธรรมชาติโดยช่วยให้เมล็ดติดไปกับคน สัตว์ หรือสิ่งของต่าง ๆ ที่มีโอกาสสัมผัสเมล็ด จนทำให้เมล็ดหลุดติดไป

1.4) หาง เป็นส่วนปลายของเปลือกใหญ่ที่ยาวออกมาเกินตำแหน่งยอดดอก (apiculus) ในบางพันธุ์อาจสั้น หรือยาว หรือไม่มี ทำหน้าที่ในการกระจายพันธุ์ คล้ายขน

1.5) ขั้วเมล็ด เป็นก้านสั้น อยู่ระหว่างกลีบรองเมล็ดกับเปลือกใหญ่ และยังคงติดอยู่กับเมล็ดข้าวเปลือก

1.6) กลีบรองเมล็ด เป็นกลีบเล็ก 2 กลีบ อยู่ตรงข้ามกัน ใต้สุดของเมล็ด

2) ข้าวกล้องหรือเนื้อผล ประกอบด้วย

2.1) เยื่อหุ้มผล เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอก มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน ห่อหุ้มเมล็ดอยู่ภายใน มีลักษณะเป็นเซลล์ที่มีผนังเซลล์เส้นใย 6 ชั้น มีสารสีและรงควัตถุปนอยู่ ทำให้ข้าวกล้องมีสีต่างๆ เช่น น้ำตาลอ่อน น้ำตาลแก่ น้ำตาลแดง น้ำตาลม่วง น้ำตาลจนเกือบดำ เป็นต้น นอกจากนี้ยังมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส เป็นองค์ประกอบสำคัญ ในชั้นเยื่อหุ้มผลนี้แบ่งย่อยได้เป็น 3 ชั้นย่อย คือ

1) เอพิคาร์พ หรือ เอกโซคาร์พ (epicarp หรือ exocarp) เป็นผิวหรือผนังหรือเปลือกที่อยู่นอกสุด มีลักษณะเรียบ เหนียว และเป็นมัน ประกอบด้วยเซลล์ชั้นเดียว

2) เมโซคาร์พ หรือ ไฮพอเดิร์ม (mesocarp หรือ hypoderm) เป็นผนังผลชั้นกลาง

3) เอนโดคาร์พ (endocarp) เป็นเนื้อเยื่อชั้นใน

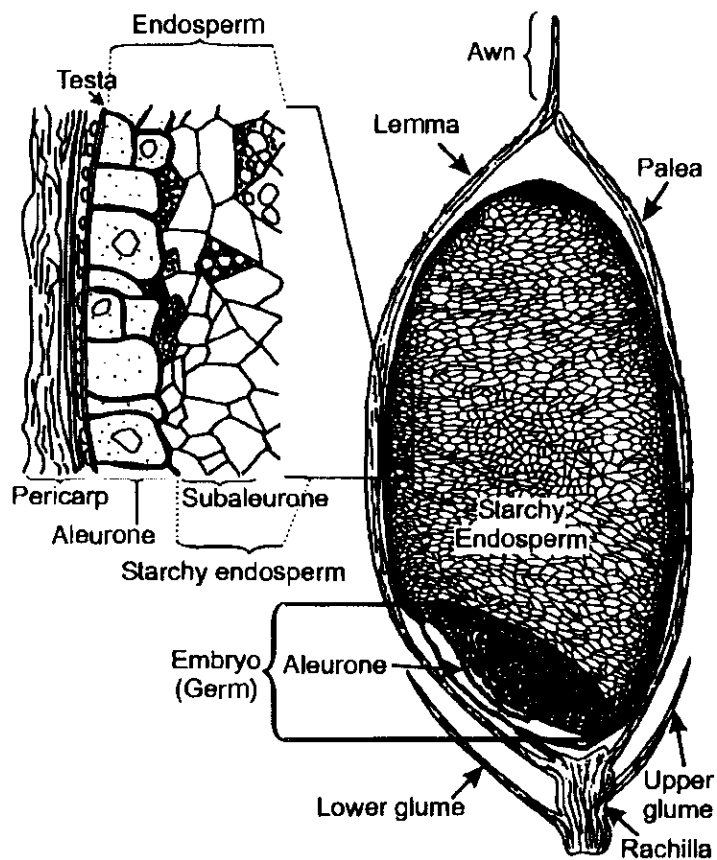
2.2) เยื่อหุ้มเมล็ด อยู่ถัดจากเยื่อผลเข้ามา ประกอบด้วย เซลล์ 2 ชั้น รูปยาวเรียงตามขวาง และมีผนังบางกัน (หนาประมาณ 0.5 ไมครอน) ภายในเซลล์มีไขมันและสารสีเช่นเดียวกับเยื่อหุ้มผล ทำให้ข้าวกล้องมีสี

2.3) นิวเซลลัส (necellus) เป็นเซลล์ที่ติดกับเยื่อหุ้มเมล็ด แต่ละพื้นที่ระหว่าง นิวเซลลัสกับเยื่อหุ้มเมล็ดไม่ติดแน่น จึงแยกออกจากกันได้ง่าย มีความหนาประมาณ 0.8-2.5 ไมครอน

2.4) เยื่อชั้นแอลิวโรน (aleurone layer) เป็นเยื่อชั้นถัดจากเยื่อหุ้มเมล็ด ประกอบด้วยเซลล์ 1-7 ชั้น และมีลักษณะของเยื่อหุ้มด้านหลังของเมล็ดจะหนากว่าเยื่อหุ้มด้านท้อง ซึ่งความหนานี้จะแตกต่างกันไปตามสายพันธุ์ข้าว เช่น ข้าวเมล็ดป้อมสั้นจะมีเยื่อชั้นแอลิวโรน หนากว่าข้าวเมล็ดยาว เป็นต้น เซลล์แอลิวโรนจะไม่เชื่อมติดกับคัพภะในส่วนของใบเลี้ยงด้านท้องของเมล็ดลงมาถึงจุดเชื่อมระหว่างใบเลี้ยงกับเยื่อหุ้มรากอ่อน ซึ่งอยู่ข้างในของเมล็ด จึงบ่งลักษณะของเซลล์แอลิวโรนเป็น 2 ลักษณะ คือ เซลล์ส่วนที่ห่อหุ้มรอบเนื้อของเมล็ดจะมีรูปร่างเป็นลูกบาศก์ และมีไซโทพลาซึม (cytoplasm) อยู่หนาแน่น ในเซลล์ยังมีกลุ่มโปรตีนที่มีรูปร่าง (protein bodies) กลุ่มไขมัน (lipid bodies) และสารอื่น ๆ เช่นนิวเคลียส ไมโครบอดี ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิก เรติคูลัม เวสิเคิล และพลาสทิด เป็นต้น ส่วนเซลล์แอลิวโรนที่ห่อหุ้มคัพภะจะบาง มีไซโทพลาซึมน้อย รูปร่างยาว มีกลุ่มไขมัน และกลุ่มโปรตีนน้อย มีเวสิเคิลมาก เป็นต้น ส่วนผนังเซลล์จะมีโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลสประกอบอยู่

1) คัพภะ หรือเชื้อชีวิต จะอยู่ที่โคนเมล็ดด้านเปลือกใหญ่ ส่วนท้องของเมล็ดมีส่วนประกอบเป็นรากอ่อน ต้นอ่อน เยื่อหุ้มรากอ่อน เยื่อหุ้มต้นอ่อน ท่อน้ำท่ออาหาร และใบเลี้ยงซึ่งเป็นใบเลี้ยงเดี่ยว คัพภะเป็นแหล่งสะสมอาหารสำหรับการเจริญเติบโตของต้นอ่อน จึงอุดมไปด้วยโปรตีน และไขมันในส่วนต่าง ๆ

2) เนื้อเมล็ด หรือเนื้อข้าว (endosperm) มีมากที่สุด ในเมล็ดข้าว (ประมาณร้อยละ 80 ของน้ำหนักเมล็ดทั้งหมด) แบ่งเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนชั้นซับแอลิวโรน (subaleurone layer) เป็นเซลล์ 2 ชั้น อยู่ถัดจากชั้นแอลิวโรน และส่วนที่เป็นสตาร์ชในเนื้อของเมล็ด (starchy endosperm) ในชั้นซับแอลิวโรนจะมีกลุ่มโปรตีนอยู่ใน 3 ลักษณะ คือ ลักษณะกลมใหญ่ (ขนาด 1-2 ไมครอน) กลมเล็ก (ขนาด 0.5-0.75 ไมครอน) และเป็นผลึกติดกันขนาด 2-3.5 ไมครอน แต่ในส่วนเนื้อของเมล็ดจะมีกลุ่มโปรตีนในลักษณะกลมใหญ่เท่านั้น แทรกอยู่ระหว่างเม็ดสตาร์ช อยู่ภายในเซลล์พารานโคมา ที่มีผนังเซลล์บาง มีรูปร่างรี หรือสี่เหลี่ยม เข้าสู่ใจกลางเมล็ด โดยถ่ายโอนจากของเมล็ดจะรี และยาวมากกว่าด้านในของเมล็ด (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550) ภาพที่ 2.1 แสดงโครงสร้างของเมล็ดข้าว



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ที่มา : Champagne *et al.* (2004)

2.1.3 องค์ประกอบทางเคมีของข้าว

อรอนงค์ นัยวิกุล (2550) อธิบายว่า องค์ประกอบทางเคมีของข้าวมีผลมาจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น สายพันธุ์ สภาพการปลูก การเก็บเกี่ยว และกระบวนการแปรรูปจากข้าวเปลือกเป็น

ข้าวกล้องและข้าวสาร ตารางที่ 2.1 แสดงองค์ประกอบของข้าวที่ความชื้นร้อยละ 14

ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวเปลือกและข้าวที่ผ่านการขัดสี

องค์ประกอบ	ข้าวเปลือก (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)	ข้าวที่ผ่านการขัดสี (ร้อยละของน้ำหนักแห้ง)
โปรตีน (N x 25)	8.75	7.92
ไขมัน	1.8	0.60
คาร์โบไฮเดรต	88.15	87.60
เถ้า	1.3	0.60

ที่มา : อรอนงค์ นัยวิกุล, (2550)

1) คาร์โบไฮเดรต สตาร์ช (starch) เป็นคาร์โบไฮเดรตประเภทพอลิแซ็กคาไรด์ที่พบมากที่สุด มีอยู่ประมาณร้อยละ 90 ของน้ำหนักแห้ง เม็ดสตาร์ชมีขนาดประมาณ 3-5 ไมครอน ซึ่งถือว่าเป็นเล็กที่สุดในกลุ่มธัญชาติ โดยเม็ดสตาร์ชประมาณ 20-60 เม็ด อัดรวมกันอยู่ในอิมโพลลาสและล้อมรอบด้วยโปรตีน โมเลกุลของสตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ลักษณะได้แก่ แอมีโลเพกทิน (amylopectin) และแอมีโลส (amylose) โดยแอมีโลเพกทิน เป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคส มีโครงสร้างโมเลกุลเหมือนกิ่งไม้ โดยมีพันธะ α 1-4 D เชื่อมน้ำตาลกลูโคสเป็นเส้นยาว และพันธะ α 1-6 D เชื่อมน้ำตาลกลูโคสที่แตกแยกออกจากเส้นตรง คุณสมบัติของแอมีโลเพกทินเมื่อทำปฏิกิริยากับสารไอโอดีนจะได้สีม่วงหรือน้ำตาลแดง ดูดซับไอโอดีนและเซลลูโลส ย่อยสลายด้วยเอนไซม์ β -amylase ได้ต่ำ ส่วนแอมีโลส เป็นแป้งพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสเช่นกัน มีโครงสร้างโมเลกุลเป็นแบบเส้นตรงมีพันธะ α 1-4 D เชื่อมน้ำตาลกลูโคสเป็นเส้นยาว คุณสมบัติของแอมีโลเพกทิน คือ ทำปฏิกิริยากับสารไอโอดีนได้สีน้ำเงินเข้ม ดูดซับไอโอดีนและเซลลูโลสได้มาก และย่อยสลายด้วยเอนไซม์ β -amylase ได้

2) โปรตีน เมล็ดข้าวมีส่วนประกอบของโปรตีนอยู่ประมาณร้อยละ 4.3 - 18.2 หรือเฉลี่ยร้อยละ 9.5 เป็นอันดับสองรองจากแป้ง ปริมาณโปรตีนที่พบในเมล็ดข้าวมีความแปรปรวนขึ้นอยู่กับสถานที่ปลูกและสภาพแวดล้อม โปรตีนในเมล็ดข้าวสามารถแบ่งเป็น 4 ชนิดตามคุณสมบัติในการละลายได้แก่ อัลบูมิน (albumin) มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำ (water soluble protein) โกลบูลิน (globulin) มีคุณสมบัติละลายได้ในน้ำเกลือ (salt soluble protein) โปรลามิน (prolamin) มีคุณสมบัติละลายได้ในแอลกอฮอล์ (alcohol soluble protein) และกลูเตลลิน

(glutelin) มีคุณสมบัติละลายได้ในกรดหรือด่าง (acid or alkali soluble protein) ในข้าวกล้องมีโปรตีนชนิดที่ละลายน้ำ (albumin) และละลายได้ในเกลือ (globulin) มากกว่าในข้าวสาร ซึ่งโปรตีนทั้งสองชนิดนี้ส่วนใหญ่อยู่ในเนื้อเยื่อหุ้มเมล็ด และคัพภะส่วนโปรตีนที่ละลายได้ทั้งในกรดและด่าง (glutelin) เป็นโปรตีนหลักที่พบทั้งในเมล็ดข้าวกล้องและข้าวสารและในรำข้าวก็มีความแตกต่างกันของชนิดของโปรตีนเช่นกัน

3) ไขมัน ที่อยู่ในเมล็ดข้าวมักจะอยู่ในสภาพเป็นหยดไขมันเล็ก ๆ ขนาดเล็กกว่า 1.5 ไมครอนอยู่บริเวณเยื่อหุ้มผิวเมล็ด (รำหยาบและรำละเอียด) และจมูกข้าว (คัพภะ) เมล็ดข้าวมีไขมัน ร้อยละ 1.6 – 2.8 ส่วนใหญ่อยู่ในรำข้าว ไขมันที่ได้จากข้าวเป็นไขมันชนิดที่มีคุณภาพดี โดยมีปริมาณกรดไขมันไม่อิ่มตัวสูง (linoleic acid, oleic acid และ palmitic acid) มีสารแกมมา-ออไรซานอล (gamma oryzanol) ช่วยในการควบคุมระดับโคเลสเตอรอลในเส้นเลือด และช่วยในการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์ เด็กแรกเกิด และเด็กเล็ก มีสารต้านอนุมูลอิสระ (antioxidants) เป็นสารที่มีคุณสมบัติช่วยในการป้องกันการเกิดปฏิกิริยาทางเคมีซึ่งทำให้เนื้อเยื่อเสื่อมสภาพเกี่ยวข้องกับกลไกการสร้างภูมิคุ้มกันโรค เป็นสารประกอบที่มีอยู่ในเมล็ดข้าวและมีมากกว่าร้อยละ สสารต้านอนุมูลอิสระมีหลายประเภท ได้แก่ วิตามิน เกลือแร่ หรือเอ็นไซม์ มีประโยชน์ช่วยป้องกันร่างกายจากอนุมูลอิสระ (free radicals) ซึ่งเชื่อว่าเป็นสารก่อให้เกิดโรคมะเร็ง สสารต้านอนุมูลอิสระสำคัญที่อยู่ในเมล็ดข้าว ได้แก่ แกมมา-ออไรซานอล ทอโคฟีรอล (tocopherol) และโทโคไตรอีนอล (tocotrienol)

4) ปริมาณวิตามินและแร่ธาตุของข้าว เมื่อวิเคราะห์ปริมาณวิตามินพบว่าข้าวมีวิตามินไทอะมิน ไบโอฟลาวิน ไนอะซิน และ แอลฟา-ทอโคเฟอรอล ส่วนเกลือแร่ ได้แก่ แคลเซียม ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม เหล็ก และสังกะสี

ข้าวเปลือกมีวิตามินในกลุ่มวิตามินบี คือ ไนอะซิน มากที่สุด รองลงมาคือ แอลฟา-ทอโคเฟอรอล มีไทอะมินและไบโอฟลาวินน้อยที่สุด เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออก ได้ข้าวกล้องซึ่งมีไนอะซินมากที่สุดและมากกว่าข้าวเปลือก รองลงมาคือ แอลฟา-ทอโคเฟอรอล ไทอะมิน และไบโอฟลาวิน ตามลำดับ โดยมีปริมาณมากกว่าข้าวเปลือก เมื่อขัดขาวและขัดมันข้าวกล้องได้เป็นข้าวสาร พบว่าในข้าวสารมีวิตามินทุกตัวลดลง โดยเฉพาะแอลฟา-ทอโคเฟอรอล รองลงมาคือไนอะซิน ไทอะมิน และไบโอฟลาวิน ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้อง แสดงว่าวิตามินมีอยู่ในส่วนเยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด ชั้นแอลลิวโรน และคัพภะซึ่งเป็นแหล่งของวิตามินอีและไนอะซิน ดังนั้นรำข้าวที่ได้จากการขัดขาวและขัดมัน จึงมีไนอะซิน วิตามินอี ไทอะมิน และไบโอฟลาวิน มากกว่าข้าวสาร ส่วนแกลบจะมีวิตามินน้อย และไม่พบวิตามินอีเลย

สำหรับเกลือแร่พบว่าในข้าวกล้องมีแคลเซียม เหล็ก และสังกะสีลดลง แต่ปริมาณฟอสฟอรัสและฟอสฟอรัสในไฟทินใกล้เคียงกับข้าวเปลือก สำหรับในข้าวสารมีแร่ธาตุทุกตัวลดลง แสดงว่าแร่ธาตุจะมีอยู่ในส่วนเปลือก เยื่อหุ้มผล เยื่อหุ้มเมล็ด ชั้นแอลลิวโรน และคัพภะ ทำให้รำข้าวมีปริมาณแคลเซียมมาก และมีฟอสฟอรัส ฟอสฟอรัสในไฟทิน เหล็ก และสังกะสี

มากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวสาร ข้าวกล้อง และข้าวเปลือก แต่ในแง่ลบจะมีแคลเซียมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับรำ ข้าวสาร ข้าวกล้อง และข้าวเปลือกมีฟอสฟอรัสน้อยมาก และไม่มีฟอสฟอรัสในไฟทินเลย มีเหล็กและสังกะสีน้อยกว่าในรำ แต่มากกว่าในข้าวสาร ข้าวกล้องและข้าวเปลือก ดังนั้นแสดงให้เห็นว่า รำจะเป็นแหล่งของวิตามินและเกลือแร่ที่ดีที่สุด รองลงมาคือ ข้าวกล้อง และข้าวสาร ตามลำดับ จึงควรนำรำมาใช้ประโยชน์เพื่อเป็นอาหารมนุษย์แทนการนำไปเป็นอาหารสัตว์ และควรบริโภคข้าวกล้อง ซึ่งให้คุณค่าทางอาหารมากกว่าข้าวสาร

2.2 คุณภาพของข้าว

คำว่า “คุณภาพข้าว” เป็นการกำหนดขึ้นเป็นเกณฑ์หรือมาตรฐาน เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ตรงกันของกลุ่มคนร่วมกัน ตามสถานภาพที่ต้องเกี่ยวข้องกับข้าว ตั้งแต่นักวิชาการ เกษตรกรผู้ปลูกข้าว เจ้าของโรงสีผู้ซื้อข้าวเปลือกมาแปรรูปเป็นข้าวสาร ผู้ค้าข้าวซึ่งจะมีทั้งผู้ค้าข้าวเปลือก และผู้ค้าข้าวสารขายข้าวให้ผู้ขายส่ง และผู้ขายปลีกที่ขายต่อให้ผู้บริโภค จึงจำเป็นต้องกำหนดคุณภาพข้าวเพื่อการซื้อขายต่อกัน โดยพิจารณาจากคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของเมล็ดข้าว คุณภาพการสีข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร คุณสมบัติเมล็ดในการหุงต้ม และการรับประทาน เป็นต้น นักวิชาการจะเป็นผู้ให้ข้อมูล หรือเป็นคนกลางในการตกลงเรื่องเกณฑ์ และมาตรฐานข้าว (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

2.2.1 คุณภาพเมล็ดข้าวทางกายภาพ

กำหนดจากคุณลักษณะของเมล็ดข้าวที่มองเห็น สัมผัส ชั่ง ตวง วัด ดังนี้

- 1) น้ำหนักเมล็ด กำหนดได้ 2 แบบ คือ น้ำหนักต่อปริมาตร หมายถึงการชั่งน้ำหนักของข้าวด้วยปริมาตรที่คงที่ เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง และแบบที่สองเป็นน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ดหมายถึงการชั่งน้ำหนักข้าวด้วยจำนวนเมล็ดที่คงที่ เช่น กรัม/100 เมล็ด หรือ กรัม/1,000 เมล็ด น้ำหนักเมล็ดถือเป็นลักษณะหนึ่งในการจำแนกพันธุ์ข้าว เพราะควบคุมโดยลักษณะทางพันธุกรรม เป็นลักษณะที่คงที่มากที่สุด อาจแปรปรวนได้บ้างจากสภาพแวดล้อม
- 2) สีเปลือกของข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ข้าว มีหลายสีตั้งแต่สีขาว ฟาง น้ำตาลอ่อนถึงน้ำตาลเข้ม น้ำตาลทอง ร่องน้ำตาล กระน้ำตาล น้ำตาลแดง ม่วง หรือดำ เป็นต้น สำหรับพันธุ์ข้าวของประเทศไทยมีสีเปลือกส่วนใหญ่เป็นสีขาว หรือสีฟาง และสีน้ำตาล ส่วนสีน้ำตาลแดง สีเขียวแกมเทา และดำมีเป็นส่วนน้อย พันธุ์ข้าวที่มีคุณภาพดีควรมีเปลือกสีอ่อนเพราะเปลือกสีเข้มเมื่อนำไปสีจะได้ร้อยละแกลบสูง
- 3) สีข้าวกล้อง เป็นลักษณะประจำพันธุ์เช่นเดียวกับสีเปลือกของข้าวเปลือก ที่ควบคุมโดยยีน(gene) หลายคู่ สร้างสารสีประเภท แอนโทไซยานิน (anthocyanin) อยู่ในส่วนเยื่อหุ้มผล มีสีต่าง ๆ กันเช่น ขาว แดง น้ำตาลเข้ม น้ำตาลเทา และม่วงถึงม่วงเกือบดำและบางพันธุ์เป็นพันธุ์เฉพาะที่ผู้บริโภคนิยมเป็นข้าวพิเศษ มีคุณค่าทางโภชนาการสูงกว่าข้าวกล้องสี

ปกติ ซึ่งประเทศไทยพบพันธุ์ข้าวที่ให้สีข้าวกล้องจัดกลุ่มได้ 4 สี คือ ขาว น้ำตาล แดง และดำ (ม่วงดำ) คุณภาพข้าวกล้องที่เกี่ยวข้องกับสีจึงขึ้นอยู่กับกลุ่มผู้บริโภค วิธีการตรวจสอบสีของข้าวกล้องยังใช้การดูด้วยตาเปล่าหรือดูผ่านกล้องขยายให้เห็นชัดเจนขึ้น นอกจากนี้สีเปลือกของข้าวเปลือก และสีข้าวกล้องที่เข้ยังมีผลต่อการนำข้าวเปลือกไปทำเป็นข้าวหนึ่ง เพราะจะทำให้ได้ข้าวหนึ่งที่มีสีคล้ำ คุณภาพต่ำ ในการจัดเกณฑ์มาตรฐานข้าวยังถือว่าข้าวเมล็ดแดงที่ปนกับข้าวสารอยู่ในมาตรฐานที่มีคุณภาพต่ำกว่าข้าวสารที่ไม่มีข้าวเมล็ดแดงปนเลย

4) ขนาดและรูปร่าง เป็นลักษณะประจำพันธุ์ เพื่อจำแนกพันธุ์ข้าว และใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการซื้อขายข้าวของประเทศไทย โดยวัดขนาดเป็นความยาว วัดรูปร่างจากอัตราส่วนระหว่างความยาวต่อความกว้าง และการวัดความหนาของเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวสาร ข้าวกล้องและข้าวเปลือก รูปร่างของเมล็ดข้าวสามารถแบ่งได้เป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลางและป้อม ซึ่งผลที่ได้จะบอกถึงคุณภาพและประสิทธิภาพของการขัดสีข้าวเปลือกเป็นข้าวกล้องและข้าวสารแต่ละชนิด

5) ข้าวท้องไข หมายถึง จุดขาวขุ่นคล้ายซอส์ที่เกิดขึ้นในเนื้อของเมล็ดข้าวสาร มี 3 ลักษณะ คือ จุดขาวขุ่นตรงกลางของเนื้อเมล็ดข้าวสาร (white center) จุดขาวขุ่นด้านข้างหรือด้านท้องของเมล็ด ซึ่งเป็นด้านเดียวกับคัพพะ (white belly) และจุดขาวขุ่นด้านหลังของเมล็ดข้าวสาร ซึ่งเป็นด้านตรงข้ามกับคัพพะ (white back) จัดเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่บ่งบอกคุณภาพ และราคาข้าวเปลือก เนื่องจากเมล็ดข้าวที่เป็นข้าวท้องไขมาก เมื่อนำไปสีจะทำให้เมล็ดหัก จึงมีผลต่อคุณภาพการสีโดยตรง นอกจากนี้ยังเป็นลักษณะที่บ่งบอกถึงคุณภาพในด้านลักษณะปรากฏแก่ผู้บริโภคซึ่งส่วนใหญ่ต้องการเมล็ดข้าวสารเจ้าที่ใสมากกว่าที่มีจุดขาวภายในเนื้อเมล็ด เมื่อข้าวสารเจ้านั้นมีข้าวท้องไขมากจะทำให้ขายไม่ได้ราคาดี

6) ความลื่นมันของเมล็ด เป็นปัจจัยที่ใช้ประเมินคุณภาพและราคาข้าว เนื่องจากข้าวกล้องที่มีความลื่นมันดี เมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวไม่หัก ได้ข้าวเต็มเมล็ดมาก ข้าวหักน้อย ลักษณะความลื่นมันของเมล็ดเป็นผลจากการปฏิบัติดูแลรักษาข้าวขณะปลูกเป็นอย่างดี

7) ความขาวของข้าวสาร เมื่อนำข้าวกล้องไปขัดขาวจนได้ข้าวสารซึ่งมีสีขาวสม่ำเสมอ แต่อาจจะมีความขาวแตกต่างกันขึ้นอยู่กับระดับการสี ถ้าขัดเบาๆ จะมีสีคล้ำกว่าเมื่อขัดหนักๆ เพราะยังมีส่วนของรำติดอยู่ที่ผิวของเมล็ดข้าว สำหรับข้าวเปลือกที่เก็บไว้นาน ถ้านำไปสีจะได้ข้าวสารสีคล้ำกว่าข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ ดังนั้นความขาวของข้าวสารจึงเป็นปัจจัยหนึ่งในการกำหนดเกณฑ์มาตรฐานของข้าว วัดความขาวนี้ได้ด้วย เครื่องวัดความขาว เป็นต้น

8) ความใสของเมล็ด เป็นลักษณะความโปร่งแสง โดยแสงส่องผ่านได้ทั้งเมล็ดข้าวต่างจากข้าวท้องไข ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะจุด ในข้าวเจ้าด้วยกันหรือแม้แต่พันธุ์เดียวกันจะมีความใส หรือขุ่นต่างกันได้ขึ้นอยู่กับสิ่งแวดล้อมที่ปลูก ในขณะที่ข้าวเหนียวทั่วไปจะมีความทึบแสง ซึ่งตรวจสอบได้จากการดูด้วยตาเช่นเดียวกับการวัดข้าวท้องไข หรือใช้เครื่องมือวัด

2.2.2 คุณภาพเมล็ดทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญของเมล็ดข้าวคือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน และน้ำ หรือความชื้น ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าวทั้งในลักษณะข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยคาร์โบไฮเดรตซึ่งมีสตาARCHเป็นหลัก และสตาARCHนี้ประกอบด้วยแอมิโลสและแอมิโลเพกทินในสัดส่วนต่าง ๆ กันขึ้นอยู่กับชนิดของข้าวทำให้ข้าวมีลักษณะในการหุงต้ม และคุณภาพในการรับประทานต่างกันไป ตลอดจนมีผลต่อคุณค่าทางอาหาร เนื่องจากเป็นแหล่งสะสมพลังงานสำหรับโปรตีนในข้าวยังนับว่าเป็นแหล่งอาหารโปรตีนหลัก ซึ่งจะช่วยในการเจริญเติบโตสำหรับผู้บริโภคในประเทศที่บริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ส่วนไขมันในข้าว จะอยู่ในกลุ่มไขมันที่มีรูปร่าง (lipid bodies) หรือหยดกลม (spherosomes) โดยอยู่ร่วมกับเมล็ดสตาARCH และโปรตีน ในชั้น แอลิวโรน และคัพพะ จะมีส่วนในการเสื่อมเสียขณะเก็บรักษาเมล็ด รวมทั้งเมล็ดที่แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ และน้ำหรือความชื้นมีผลต่อคุณภาพข้าวในด้านการเก็บรักษา เป็นต้น

2.2.3 คุณภาพการหุงต้ม

มีผลมาจากวิธีการหุงต้มข้าวโดยขึ้นอยู่กับพันธุ์ข้าว ซึ่งตรวจวัดได้จากลักษณะปรากฏของข้าวหุงสุกหรือเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก จากการสำรวจวิธีการหุงต้มของผู้บริโภคในประเทศต่าง ๆ ทั่วโลก สามารถแบ่งวิธีการหุงต้มข้าวได้ 7 วิธี คือ การหุงต้มข้าวในเตาอบ การหุงต้มข้าวด้วยปริมาณน้ำน้อย การหุงต้มข้าวด้วยปริมาณน้ำปานกลาง การหุงต้มข้าวด้วยปริมาณน้ำมาก การนึ่ง การนึ่งแบบเติมน้ำมัน การหุงต้มข้าวในน้ำเดิมน้ำมัน

วิธีการหุงต้มข้าวสุกจึงมีผลโดยตรงต่อคุณภาพการหุงต้มซึ่งเกี่ยวข้องกับพันธุ์ข้าว โดยพันธุ์ข้าวต่างกัน เช่น ข้าวเจ้า และข้าวเหนียวจะต้องปรับปรุงวิธีการหุงต้มให้ได้ลักษณะเนื้อสัมผัสตามที่ผู้บริโภคต้องการ นอกจากวิธีการหุงต้มแล้วยังมีวิธีการตรวจสอบคุณภาพการหุงต้มได้แก่ การยืดตัวของเมล็ดข้าว (grain elongation) การขยายปริมาตรและการอมน้ำของข้าวสุก (volume expansion and water absorption) และปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำข้าวสุก (solids in cooking water)

2.2.4 คุณภาพการรับประทาน

มีความสัมพันธ์โดยตรงกับคุณภาพการหุงต้ม เพื่อให้ได้เนื้อสัมผัสของข้าวตามคุณภาพการรับประทานของผู้บริโภค ซึ่งจะรับรู้ขณะรับประทาน ดังนั้นการตรวจสอบที่ตรงประเด็นที่สุดคือ การตรวจสอบโดยประสาทสัมผัสของผู้ชิมที่ฝึกฝน 3 ถึง 24 คน หรือผู้บริโภค 30-100 หรือ 200 คน และจำนวนตัวอย่างที่ให้ชิมในเวลาเดียวกันประมาณ 3-20 ตัวอย่าง ลักษณะของข้าวที่หุงสุกที่ให้ประเมินคือ กลิ่น (aroma) กลิ่นรส (flavor) หรือรสชาติ (taste) ความนุ่ม (tenderness) หรือความแข็งหรือกระด้าง (hardness) ความเกาะตัวกัน (cohesiveness) หรือความเหนียวติดกัน (stickiness) ลักษณะปรากฏ (appearance) และความขาว (whiteness) หรือสี (color)

2.2.5 คุณภาพในการแปรรูป

คุณภาพในการแปรรูป หมายถึงคุณภาพของข้าวที่เหมาะสมในการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ข้าว เช่น ข้าวหนึ่ง ข้าวหุงสุกเร็ว ข้าวกระป๋อง และข้าวแช่เยือกแข็ง เป็นต้น มีความเกี่ยวข้องกับคุณภาพการหุงต้มและคุณภาพการรับประทาน โดยใช้ค่าวัดนั้นมาประเมินคุณภาพของข้าวในการแปรรูปได้ หรือใช้วิธีการทางอ้อมในการประเมินคุณภาพของข้าวทั้ง 3 ลักษณะ โดยไม่ใช้วิธีการหุงต้ม และการชิมด้วยประสาทสัมผัสโดยตรง แต่ใช้วิธีการตรวจวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี และเคมีเชิงฟิสิกส์ของข้าว และแป้งข้าว เช่น การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลสทั้งหมด และปริมาณแอมิโลสที่ไม่ละลายน้ำ การวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน การวิเคราะห์ปริมาณกลิ่นหอม และกลิ่นไม่หอม อุณหภูมิการเกิดเจลลิตีในเซชัน ลักษณะความหนืดข้นของข้าว ความคงตัวของเจล เป็นต้น (อรอนงค์ นัยวิกุล, 2550)

2.3 การเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาข้าว

ข้าวที่นิยมบริโภคในประเทศไทยหรือในหลายประเทศมักเป็นข้าวเก่าที่ผ่านการเก็บรักษามาระยะหนึ่ง Zhou *et al.* (2002) อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษา รวมถึงผลของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวที่มีต่อคุณภาพของข้าวดังนี้

2.3.1 คุณสมบัติแป้งเปียก (pasting properties)

ดัชนีที่สำคัญที่สุดในการตรวจสอบคุณภาพข้าวระหว่างกระบวนการเก็บรักษา คือ การตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติของแป้งเปียกซึ่งวัดด้วยเครื่องวัดความหนืดขณะให้ความร้อน โดยเฉพาะเครื่องอะไมโลกราฟ (amylography) โดยทั่วไปข้าวมีคุณภาพการหุงต้ม และคุณสมบัติด้านวิทยาการเส (rheological properties) ในช่วงกว้างซึ่งตรวจสอบจากค่าการพองตัว การเกิดเจลและการเกิดรีโทรเกรเดชัน (retrogradation) ของสตาร์ชในข้าว

ความหนืดของแป้งข้าวเพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่องระหว่างการเก็บรักษาข้าวสาร ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้ขึ้นกับอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บ เช่น สตาร์ชที่สกัดได้จากข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ทั้งตัวอย่างที่เป็น waxy และ non-waxy ซึ่งเก็บที่อุณหภูมิ 29 องศาเซลเซียส นาน 6 เดือน พบว่าความแข็งของเจลและความหนืดมีค่ามากกว่าตัวอย่างที่เก็บได้ที่อุณหภูมิ 2 องศาเซลเซียส อย่างไรก็ตามความหนืดของแป้งเปียกจากสตาร์ชที่เก็บไว้นาน 6 เดือน มีค่าสูงกว่าสตาร์ชในข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยอื่นที่พบว่าความหนืดของสตาร์ชมีค่าสูงขึ้นเมื่อเก็บที่อุณหภูมิสูงขึ้นในช่วง 3 เดือนแรก และหลังจากนั้นความหนืดมีค่าคงที่

เมื่อนำข้าวใหม่และข้าวเก่ามาตรวจสอบด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyzer (RVA) พบว่าข้าวเก่ามักจะมีค่าความแข็งเพิ่มขึ้น (final viscosity เพิ่มขึ้น) ความเหนียวน้อยลง (breakdown ต่ำลง) และอุณหภูมิที่ข้าวเริ่มสุก (pasting temperature) สูงขึ้น

2.3.2 การเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบทางเคมี

การอธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาข้าวจะมุ่งประเด็นไปที่สมบัติทางหน้าที่ขององค์ประกอบในข้าว เช่น สตาร์ช โปรตีนและลิปิด รวมถึงการทำปฏิกิริยาของสารประกอบดังกล่าวระหว่างการเก็บรักษา โดยการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางหน้าที่ขององค์ประกอบเหล่านี้จะปรากฏชัดเจนขึ้นเมื่อเก็บรักษาข้าวไว้ที่อุณหภูมิสูงขึ้น แม้ว่าปริมาณของสตาร์ช แอไมโลสและโปรตีนจะมีการเปลี่ยนแปลงในระหว่างการเก็บรักษาเพียงเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามพบว่าเมื่อเก็บข้าวไว้นาน 7 ปี ปริมาณองค์ประกอบที่ละลายได้ในต่างทั้งในตัวอย่างข้าวชนิด waxy และ non-waxy มีปริมาณเพิ่มขึ้น เนื่องจากโพลีเมอร์ของสตาร์ชถูกทำลาย

ปริมาณแอไมโลสเป็นสิ่งสำคัญในการทำนายคุณภาพการหุงต้มข้าวและการนำไปใช้ประโยชน์ในการแปรรูป เนื่องจากปริมาณแอไมโลสมีความสัมพันธ์เป็นไปในทางเดียวกันกับความสามารถในการดูดซึมน้ำ การขยายปริมาตร การหุงขึ้นหม้อและการร่วนซุยของข้าวสุก แต่มีความสัมพันธ์เป็นไปในทิศทางตรงกันข้ามกับค่าการยึดเกาะ (cohesiveness) ความนุ่มและความเลื่อมมันของข้าวสุก โดยแอไมโลสยับยั้งการพองตัวของสตาร์ชโดยเฉพาะเมื่อมีลิปิดเป็นองค์ประกอบ

การตรวจสอบค่าการสูญเสียระหว่างการหุงต้ม (cooking loss) และปริมาณแอไมโลสที่ละลายได้ (soluble amylose) ในน้ำที่เหลือจากการหุงต้มสามารถใช้ประเมินคุณภาพของข้าวได้อย่างแม่นยำ โดยถ้าปริมาณแอไมโลสที่ละลายได้ในน้ำที่เหลือจากการหุงต้มมีค่ามาก ข้าวสุกจะนิ่ม เนื่องจากปริมาณแอไมโลสที่ละลายได้ในน้ำที่เหลือจากการหุงต้มมีความสัมพันธ์กับปริมาณ แอไมโลสทั้งหมดที่มีอยู่ในเมล็ดข้าว ฉะนั้นถ้าปริมาณแอไมโลสที่ละลายได้ในน้ำที่เหลือจากการหุงต้มมีค่ามากแสดงว่าปริมาณแอไมโลสที่เหลือในข้าวสุกมีน้อย ปริมาณแอไมโลสที่ละลายได้ในน้ำที่เหลือจากการหุงข้าวลดลงเมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวเพิ่มขึ้นเนื่องจากองค์ประกอบที่ไม่ละลายน้ำในสตาร์ชและโปรตีนมีปริมาณเพิ่มขึ้น

แม้ว่าองค์ประกอบทางเคมีของข้าวระหว่างการเก็บรักษาจะมีการเปลี่ยนแปลงน้อย แต่พบว่า มีการย่อยสลายของโมเลกุล ซึ่งนำไปสู่การเพิ่มขึ้นของน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) การลดลงของน้ำตาลที่ไม่เกิดการรีดิวซ์ (non-reducing sugar) และสตาร์ช นอกจากนี้ยังมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของแอไมโลสและแอไมโลเพคติน

ในส่วนของโปรตีน เมล็ดข้าวมีปริมาณโปรตีนต่ำ ถ้าข้าวมีปริมาณโปรตีนต่ำข้าวสุกจะมีค่า adhesiveness สูงซึ่งแสดงว่าข้าวสุกมีลักษณะนิ่มแฉะ ปริมาณกรดอะมิโนในข้าวเพิ่มขึ้นเมื่ออายุการเก็บรักษานานขึ้น แต่อย่างไรก็ตามปริมาณโปรตีนทั้งหมดในข้าวไม่เปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษาแม้ว่าการละลายของโปรตีนจะลดลง

กิจกรรมของเอนไซม์แอลฟาและเบต้าแอไมเลสลดลงระหว่างการเก็บรักษาข้าวเปลือก โดยทั่วไปแอลฟาแอไมเลสมีมากในเปลือกข้าว แต่มีน้อยในข้าวสารจึงไม่มีผลต่อการตรวจสอบ

ความหนืดของข้าวด้วยเครื่องอะไมโลกราฟ ยกเว้นข้าวสารชนิดข้าวเหนียว ซึ่งมีเอ็นไซม์ แอลฟาแอมเลสในเอนโดสเพอรัมมากพอสมควรจึงมีผลทำให้ความหนืดที่วัดได้จาก เครื่องอะไมโลกราฟมีค่าลดลง กิจกรรมของเอ็นไซม์เพอร์ออกซิเดสและคะตะเลสลดลงอย่างรวดเร็ว ระหว่างการเก็บรักษา แต่กิจกรรมของเอ็นไซม์โปรตีเอส ไลเปสและไลพอกซีจีเนสเพิ่มขึ้น

ในส่วนของลิปิด โดยทั่วไปลิปิดในข้าวค่อนข้างเสถียร นอกจากนี้ความเสียหายทางกายภาพหรืออุณหภูมิสูง จะทำให้กระบวนการย่อยสลายลิปิดเพิ่มขึ้น เป็นผลให้เกิดปริมาณกรดไขมันอิสระเพิ่มขึ้น ดังนั้นการตรวจสอบปริมาณกรดโอลิอิกและลิโนลิกซึ่งมีความสำคัญมาก เนื่องจากระหว่างการเก็บรักษาจะมีการย่อยสลายโมเลกุลของกรดลิโนลิกเป็นกรดโอลิอิก

ระหว่างการเก็บรักษาข้าวสารเกิดการย่อยสลายของไตรกลีเซอไรด์ ดังนั้นค่าเพอร์ออกไซด์ ปริมาณกรดไขมันอิสระและคาร์บอนิลจึงเพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำหลังการหุงต้มมีค่าลดลง ซึ่งค่าเพอร์ออกไซด์ ปริมาณกรดไขมันอิสระและคาร์บอนิลเป็นดัชนีในการตรวจสอบคุณภาพข้าวระหว่างการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงของลิปิดระหว่างการเก็บรักษาข้าวเกี่ยวข้องกับ 2 กระบวนการ คือ การย่อยสลายลิปิดเป็นกรดไขมันอิสระและการออกซิเดชันลิปิดโดยเฉพาะกรดไขมันอิสระให้เป็นสารไฮโดรเพอร์ออกไซด์ ดังนั้นอุณหภูมิและแสงจึงเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออัตราการเกิดการย่อยสลายและการออกซิเดชัน แต่อย่างไรก็ตามลิปิดในข้าวมี 2 ชนิด คือ ลิปิดที่ยึดเกาะกับสตาร์ชและกรดไขมันอิสระ ทั้งนี้กรดไขมันอิสระเท่านั้นที่ทำให้เกิดการย่อยสลายและการออกซิเดชันระหว่างการเก็บรักษาข้าว

สารประกอบฟีนอลิกทำให้ผนังเซลล์มีความแข็งแรงขึ้นเนื่องจากการเกิด cross-linking ระหว่างโมเลกุล ในช่วงการเก็บรักษาข้าวสารพบว่ามีปริมาณกรดฟีนอลิกอิสระเพิ่มขึ้น เนื่องจากการเกิดปฏิกิริยาทั้งนี้เนื่องจากเอ็นไซม์และไม่เกี่ยวข้องกับเอ็นไซม์ทำให้ข้าวมีปริมาณกรดพารา-ไฮดรอกซีเบนโซอิก (p-hydroxybenzoic acid) กรดวานิลลิก (vanillic acid) กรดไซริงจิก (syringic) กรดคาเฟอิก (caffeic acid) กรดพารา-คอปมาริก (p-coumaric acid; PCA) และกรดเฟอร์ูลิก (ferulic acid; FA) เพิ่มขึ้น เมื่อเก็บไว้ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส (ความชื้นสัมพัทธ์ ร้อยละ 80) นาน 60 วัน เมื่อเทียบกับการเก็บข้าวไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส ซึ่งการเปลี่ยนแปลงปริมาณกรดฟีนอลิกมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติการหุงต้มข้าวเก่า ดังนั้นจึงใช้ปริมาณกรดเฟอร์ูลิกเป็นดัชนีในการทำนายคุณภาพข้าวสุกได้ โดยถ้าข้าวมีปริมาณกรดเฟอร์ูลิกสูงคาดว่าข้าวสุกจะมีลักษณะแข็ง ร่วน หุงขึ้นหม้อ

2.3.3 กลิ่นรส

กลิ่นรสของข้าวประกอบด้วยสารระเหยจำนวนมาก แต่อย่างไรก็ตามสารระเหยที่ให้กลิ่นรสในข้าวที่สำคัญ 2-อะซิetyl-1-ไพโรลีน (2-acetyl-1-pyrroline) องค์ประกอบของกลิ่นรสใน

ข้าวสุกเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา ข้าวบางสายพันธุ์ต้องบริโภคภายใน 1 เดือน เนื่องจากเกิดกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์ (off-flavor) ซึ่งรับรู้ได้ภายในช่วงการเก็บรักษา 2-4 สัปดาห์ สารประกอบคาร์บอนิลโดยเฉพาะเฮกซานาล (hexanal) มีบทบาทสำคัญในการทำให้เกิดกลิ่นไม่พึงประสงค์ระหว่างการเก็บรักษา ซึ่งเฮกซานาลสามารถเกิดจากปฏิกิริยาที่ไม่มีเอ็นไซม์เกี่ยวข้องหรือจากการเปลี่ยนแปลงของกรดลิโนลิก นอกจากนี้สารประกอบคาร์บอนิลยังเกิดได้จากการออกซิเดชันของกรดไขมันไม่อิ่มตัวและสารประกอบคาร์บอนิลนี้สามารถทำปฏิกิริยากับหมู่ซัลไฮดริลในโมเลกุลโปรตีนทำให้ปริมาณสารระเหยซัลเฟอร์ลดลง

2.3.4 เนื้อสัมผัสของข้าวสุก

เนื้อสัมผัสจะพิจารณาจากการยอมรับของผู้บริโภคเมื่อบริโภคข้าวสุกทั้งเมล็ด คุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสสามารถบอกได้จากการประเมินคุณภาพโดยรวมจากการแยกแยะ การรับรู้และการตรวจสอบ ดังนั้นการประเมินเนื้อสัมผัสของข้าวสุกทางประสาทสัมผัสจึงมีความจำเป็นแม้ว่าโดยทั่วไปจะมีการใช้เครื่องมือในการตรวจสอบสมบัติทางกายภาพของข้าวสุก อยู่แล้วก็ตาม ความแข็งและความเหนียวของข้าวสุกเป็นสิ่งที่จำเป็นในการตรวจสอบความพึงพอใจของผู้บริโภค เนื้อสัมผัสของข้าวสุกมีผลมาจากพันธุ์ ปริมาณแอมิโลส อุณหภูมิการเกิดเจลและกรรมวิธีการหุงต้ม เช่น ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำจะนิ่มและเหนียว (sticky) ในขณะที่ข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงจะแข็งและขึ้นห่อ นอกจากนี้อุณหภูมิและอายุการเก็บรักษาข้าวสารก็มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสข้าวสุกเช่นกัน โดยเนื้อสัมผัสของข้าวเก่ามีความแข็งกว่าและเหนียวน้อยกว่าข้าวใหม่ โดยพบว่าข้าวสารที่เก็บไว้ที่อุณหภูมิระหว่าง 28-30 องศาเซลเซียส นาน 3 เดือน ค่าความแข็งของข้าวสุกจะเพิ่มขึ้นจาก 5.8 เป็น 6.9 กิโลกรัม แต่เมื่ออายุการเก็บมากกว่า 3 เดือน ค่าความแข็งของข้าวสุกจะคงที่

2.4 กลไกที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาข้าว

Zhou *et al.* (2002) รายงานว่าระหว่างการเก็บรักษาข้าวมีการเปลี่ยนแปลงที่เกี่ยวข้องกับลิปิดและโปรตีนดังนี้ ลิปิดเกิดการเปลี่ยนแปลงเป็นกรดไขมันอิสระและเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแอมิโลสและสารประกอบคาร์บอนิลและไฮโดรเปอร์ออกไซด์ซึ่งเร่งปฏิกิริยาออกซิเดชันของโปรตีน การ condensation และ accumulation ของสารประกอบคาร์บอนิล การเกิดออกซิเดชันของโปรตีนเป็นการเกิดพันธะไดซัลไฟด์จากหมู่ซัลไฮดริลทำให้แรงในการยึดเกาะกันระหว่างโมเลกุลของโปรตีนกับสตาร์ชเพิ่มขึ้น ยับยั้งการพองตัวของสตาร์ชและมีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุก นอกจากนี้ระหว่างการเก็บรักษา ยังเกิดปฏิกิริยาระหว่างเฟอร์ูเลทเอสเทอร์ (ferulate ester) ของเอมิเชลลูโลสทำให้เกิดพันธะข้าม (cross-linking) มีผลให้ความแข็งแรงของผนังเซลล์ในเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น

ระหว่างการเก็บรักษาเกิดกระบวนการที่มีการเชื่อมโยงกันระหว่างการเปลี่ยนแปลงทางด้านกายภาพ เคมีและชีววิทยา ซึ่งผนังเซลล์มีการปลดปล่อยกรดฟีนอลิกอิสระและสารนี้ทำหน้าที่เป็นสารต้านการออกซิเดชัน (antioxidant) ซึ่งเกิดการรวมตัวกับกรดไขมันอิสระและเกิดสารประกอบเชิงซ้อนกับแอลกอฮอล์ระหว่างการเก็บรักษา ดังภาพที่ 2.2

Substrate	Storage change	Cooking effect	Sensory effect
Starch	→ Increase of strength of miscelle binding	Inhibit swelling of starch granule	→ Texture
		↓ Fatty acid-amylose complex	→ Texture
Lipid	(1) Hydrolysis	→ Free fatty acid oxidation	
	(2) Oxidation	↓ Hydroperoxides Carbonyl compounds	→ Increase of volatile carbonyl compounds
Cell wall	(1) Phenolic acid		↓ Aroma
	(2) Rigidity	→	→ Texture
Protein	Oxidation	→ -SH → S-S	→ Decrease of volatile sulphur compounds
		Interaction among proteins	→ Inhibit swelling of starch granule → Texture

ภาพที่ 2.2 การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นระหว่างการเก็บรักษาเมล็ดข้าว

ที่มา : Zhou, Robards, Helliwell and Blachard (2002)

2.5 การเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์

Zhou *et al.* (2002) อธิบายว่ากิจกรรมของเอนไซม์ที่มีอยู่ตามธรรมชาติในข้าว จะมีการเปลี่ยนแปลงระหว่างการเก็บรักษา โดยเอนไซม์ α -amylase และ β -amylase มีการเสื่อมสภาพอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษา (Dhaliwal, Sekhon, & Nagi : 1991; Desikachar & Subrahmanyam : 1960) และการเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเกิดขึ้นควบคู่กับการลดลงของโปรตีนที่ละลายน้ำได้ที่พบในข้าว เอนไซม์ α -amylase จะปรากฏอยู่ในชั้นของรำข้าว จึงมีผลน้อยต่อข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้ว ยกเว้นข้าวเหนียวซึ่งจะมีปริมาณเอนไซม์ α -amylase ในปริมาณพอสมควรในชั้นของเนื้อข้าว กิจกรรมของเอนไซม์ α -amylase สามารถตรวจสอบได้จากค่าความหนืดโดยใช้เครื่องเอมิโลกราฟ โดยหากข้าวมีปริมาณเอนไซม์

α -amylase สูง จะให้ความหนืดต่ำเมื่อตรวจสอบด้วยเครื่องเอมิโลกราฟ

เอ็นไซม์อื่น ๆ ที่พบในข้าวได้แก่ เพอร์ออกซิเดสและแคทาเลส ซึ่งกิจกรรมของเอ็นไซม์ทั้งสองตัวนี้จะลดลงอย่างรวดเร็วระหว่างการเก็บรักษาข้าว และการตรวจสอบกิจกรรมของเอ็นไซม์ดังกล่าวสามารถตรวจสอบได้ง่าย ดังนั้นจึงนิยมใช้เป็นดัชนีในการทดสอบความเก่าของข้าว โดยเฉพาะในประเทศญี่ปุ่น(Matsukura, Kaneko & Momma : 2000)

Dhaliwal *et al.* (1991) รายงานว่าระหว่างการเก็บรักษาข้าว เอ็นไซม์ protease, lipase และ lipoxygenase มีกิจกรรมเพิ่มขึ้น

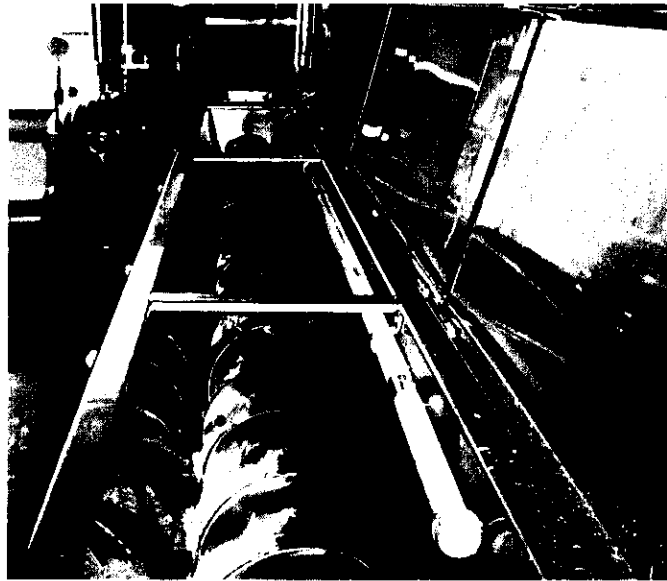
2.6 วิธีการทำข้าวเก่า

ความเก่าของข้าวเป็นลักษณะอย่างหนึ่งของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร เมื่อเก็บรักษาไว้ประมาณ 3-4 เดือน ที่อุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางคุณภาพทั้งด้านการหุงต้ม และด้านการขัดสี ข้าวเก่าจะมีการพองตัวและดูดซึมน้ำขณะหุงต้มมากขึ้น ข้าวสุกจะแข็งขึ้นและมีสารละลายจำพวกแป้งและโปรตีนในน้ำข้าวน้อย ดังนั้น ข้าวเก่าเมื่อหุงสุกแล้วจะมีลักษณะร่วนไม่ติดกันเหมือนข้าวใหม่ นอกจากนี้ข้าวเก่าที่เก็บไว้อย่างมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น โดยสามารถต้านทานการแตกหักในขณะขัดสีได้สูงกว่าข้าวใหม่ แต่ข้าวเก่าจะสูญเสียกลิ่นหอมและรสชาติของข้าวใหม่ไป ข้าวที่นิยมบริโภคในประเทศไทยส่วนใหญ่จะเป็นข้าวเก่าที่หุงแล้วร่วน ไม่เหนียวติดกัน ในขณะที่บางประเทศเช่นญี่ปุ่น อาจนิยมบริโภคข้าวใหม่ที่มีกลิ่นหอมและหุงแล้วเหนียวติดกัน ทั้งนี้ขึ้นกับความชอบของแต่ละชนชาติ

ข้าวเก่าสามารถทำได้โดยการเก็บรักษาข้าวไว้ในอุณหภูมิห้องหรือในโกดังของเกษตรกรหรือในโรงสี ซึ่งจะใช้เวลาอย่างน้อย 4-6 เดือน หรือมากกว่านี้ ขึ้นกับลักษณะของข้าวที่ต้องการ การเร่งข้าวให้เก่าจึงสามารถทำได้โดยการเก็บรักษาข้าวไว้ในสภาวะที่ไม่เหมาะสม เช่นในที่ที่มีอุณหภูมิสูงและมีความชื้นสัมพัทธ์สูงข้าวจะมีความเก่าเร็วขึ้น การปรับสภาพข้าวใหม่ให้เป็นข้าวเก่าจึงสามารถทำได้หลายวิธีการขึ้นอยู่กับความต้องการและความพร้อมของอุปกรณ์และเครื่องจักร ดังนี้

- 1) การกองข้าวที่เก็บเกี่ยวใหม่ ๆ ทิ้งไว้จนมีอุณหภูมิสูงขึ้นไปถึง 60 องศาเซลเซียส
- 2) เป่าด้วยลมร้อนอุณหภูมิสูงประมาณ 150-260 องศาเซลเซียส ให้กับข้าวสารในช่วงระยะเวลาสั้น ๆ
- 3) ให้ความร้อนข้าวเปลือกหรือข้าวสารที่อุณหภูมิสูงประมาณ 110 องศาเซลเซียสในภาชนะปิดโดยไม่สูญเสียความชื้น เพื่อป้องกันการแตกร้าวภายในเมล็ด
- 4) การนึ่งข้าวเปลือกด้วยไอน้ำในระยะเวลาสั้น ๆ หรืออาจใช้วิธีการเช่นเดียวกันกับการทำข้าวหนึ่ง (parboiled rice)
- 5) การปิ้งข้าวโดยนำข้าวบรรจุในซองเหล็กปิดสนิทจากนั้นให้ความร้อนแก่ซองเหล็ก

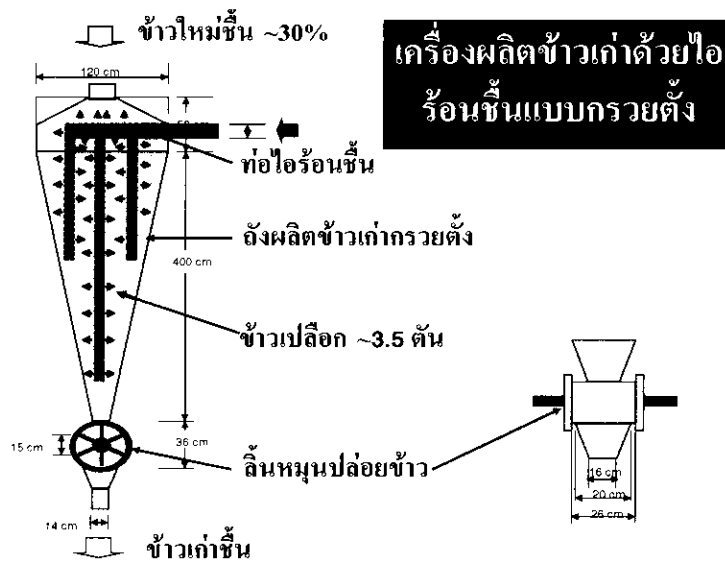
จากหลักการการเร่งข้าวให้เก๋าดังกล่าว มีการใช้เครื่องจักรเพื่อช่วยให้การเร่งข้าวเก๋าส่งสามารถดำเนินการได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น เช่นการใช้เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไธซ์เบต ซึ่งจะเป่าลมร้อนอุณหภูมิสูงไปสู่ข้าวและเร่งให้ข้าวมีสมบัติเหมือนข้าวเก๋าดได้ นอกจากนั้นยังทำให้ค่าดัชนีน้ำตาลของข้าวลดลงด้วย (Jaisut *et al.*, 2009) โดยเครื่องฟลูอิดไธซ์เบตสามารถปรับระบบการทำงานให้เป็นแบบต่อเนื่องได้ นอกจากนั้นยังมีการออกแบบการใช้ความร้อนชั้นเร่งข้าวให้เก๋าแบบต่อเนื่อง โดยใช้สกรูผลักดันข้าวให้ผ่านท่อที่จะมีการพ่นไอน้ำร้อนเข้าสู่ข้าว (ภาพที่ 2.3)



ภาพที่ 2.3 เครื่องเร่งข้าวให้เก๋าโดยใช้ไอน้ำ (ใช้ความร้อนชั้น)

ที่มา : ใจทิพย์ วาณิชชัง และคณะ (2546)

นอกจากนั้นแล้ว กลุ่มคลัสเตอร์อุตสาหกรรมข้าวพิษณุโลก ยังได้ทำการตัดแปลงชุดหนึ่งข้าวที่เคยใช้ในการผลิตข้าวหนึ่ง นำมาดัดแปลงเป็นเครื่องเร่งข้าวให้เก๋า โดยการใช้ความร้อนชั้นจากไอน้ำ โดยมีรูปแบบดังภาพที่ 2.4



ภาพที่ 2.4 เครื่องเร่งข้าวให้เก่าโดยใช้ความร้อนชื้นจากไอน้ำที่ตัดแปลงจากชุดหนึ่งข้าวในแนวตั้ง

ที่มา : กลุ่มคลังศาสตร์อุตสาหกรรมข้าวพิษณุโลก (2551)

วิธีการต่าง ๆ ในการเร่งข้าวให้เก่า จะมีข้อดีและข้อเสียแตกต่างกันออกไป วิธีการให้ความร้อนแห้ง เช่นการบึ่งข้าวในช่องเหล็ก หรือการเป่าลมร้อนผ่านตู้อบลมร้อน ไม่ว่าจะเป็บบนไหนก็ตาม อาจทำให้ผิวของข้าวที่สัมผัสความร้อนสูงมีสีเหลืองเมื่อนำไปสีทำให้ไม่น่ารับประทาน ส่วนการใช้ความร้อนชื้นแม้จะทำให้ผิวของข้าวมีสีเหลืองน้อยกว่าความร้อนแห้ง แต่กระบวนการมีความยุ่งยากมากกว่า ใช้เวลามากในการปรับสภาพข้าว ทำให้อาจสิ้นเปลืองงบประมาณ (กลุ่มคลังศาสตร์อุตสาหกรรมข้าวพิษณุโลก, 2551)

2.7 วิธีการตรวจสอบข้าวใหม่-เก่าของข้าว

การตรวจสอบความเก่า-ใหม่ ของข้าว ไม่ว่าจะเป็นข้าวที่เก็บรักษาไว้ตามธรรมชาติหรือข้าวที่ผ่านการเร่งให้เก่า ปัจจุบันยังไม่มีวิธีมาตรฐาน โรงสีหรือผู้ประกอบการค้าข้าวมักจะใช้วิธีการทางประสาทสัมผัส โดยการนำข้าวมาหุงและชิมโดยผู้เชี่ยวชาญ เป็นการบ่งบอกว่าข้าวมีความเก่า โดยอาศัยสมบัติของข้าวเก่าที่จะร่วนและหุงขึ้นหม้อ ในขณะที่ข้าวใหม่จะหุงแล้วมีความเหนียว ไม่ร่วนซุย แต่จะให้กลิ่นหอมมากกว่า

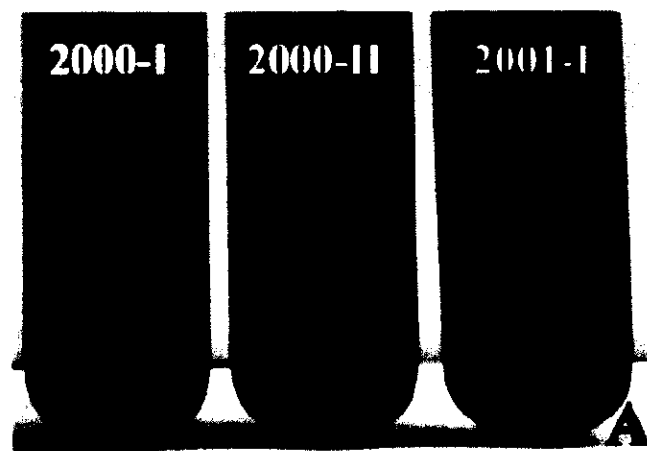
Chung and Lim (2006) ระบุว่าข้าวมีองค์ประกอบหลักเป็นสตาร์ช ซึ่งถือเป็นโพลีเมอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งขณะเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง และการจัดเรียงตัวของโพลีเมอร์สตาร์ชที่เปลี่ยนไป ซึ่งสามารถตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงได้จากผลของการ

เปลี่ยนแปลงเชิงอุณหพลศาสตร์ โดยใช้เทคนิคการตรวจวิเคราะห์ต่าง ๆ เช่น การทำให้เกิดสีกับสารละลายเคมี การตรวจวัดปริมาตร หรือการใช้วิธีเชิงกลในการทดสอบได้

Zhou *et al.* (2007) ได้ทำการศึกษาหลักขณะเชิงคุณภาพที่เหมาะสมในการตรวจสอบความใหม่-เก่าของข้าว โดยทำการวัดค่าต่าง ๆ ของข้าวสารเมล็ดยาว ที่เก็บรักษาไว้ตั้งแต่ 0-5 ปีในสภาวะอุณหภูมิห้อง ได้แก่ ค่าการนำไฟฟ้า (EC) ปริมาณกรดไขมันอิสระ (FFA) MDA content (MDAC) หรือการเปลี่ยนแปลงกิจกรรมของเอนไซม์ CAT POD หรือ PPO โดยพบว่า EC และ MDA content มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงระหว่างการรักษาที่มากที่สุด จึงได้ทำการสร้างสมการเพื่อทำนายความใหม่-เก่าของข้าวดังนี้ $\text{Long-grain rice freshness} = 0.0624 \times \text{EC} + (1.156 \times \text{MDA content}) - 3.750$ นอกจากนี้ Zhou *et al.* (2009) ยังรายงานว่าอุณหภูมิในการเก็บรักษามีส่วนสำคัญต่อค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการทำนายความใหม่-เก่าของข้าว โดยพบหากเก็บรักษาข้าวในที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส อุณหภูมิและความชื้นจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของ FFA และกิจกรรมของเอนไซม์แอไมเลสอย่างไม่มีนัยสำคัญ

จากการที่ข้าวเมื่อเก็บรักษาไว้จะเกิดการเปลี่ยนแปลงของลิปิด เกิดปฏิกิริยา auto-oxidation ซึ่งทำให้ได้ FFA และก่อให้เกิดสภาพกรดในบริเวณพื้นผิว จึงได้มีการพัฒนาอินดิเคเตอร์เพื่อทำการตรวจสอบโดยใช้ bromothymol blue เป็นอินดิเคเตอร์หลัก (Takashi *et al.*, 2006)

นอกจากนี้เอนไซม์ที่สำคัญและนิยมใช้เป็นดัชนีบ่งชี้ความใหม่-เก่าของข้าวคือ catalase หรือ เพอร์ออกซิเดส (Chen and Chen, 2003; Noda *et al.*, 2005; Matsukura *et al.*, 2000) ซึ่งสามารถใช้สารละลายเคมีตรวจสอบกิจกรรมของเอนไซม์ดังกล่าวได้ โดยจะให้สีที่แตกต่างกันตามระยะเวลาการเก็บรักษาข้าว (ภาพที่ 2.5)



ภาพที่ 2.5 สารละลายสำหรับตรวจสอบกิจกรรมเอนไซม์ peroxidase ที่เปลี่ยนสีไปขึ้นกับข้าวเก่าของข้าว

ที่มา : Chen and Chen (2003)

ปัจจุบันเทคนิคการทำให้เกิดสี จากกลไกใดก็ตาม ถือว่าเป็นเทคนิคที่มีความแม่นยำ ในการทำนายความใหม่-เก่าของข้าวและได้รับความนิยมในการนำไปใช้งานในเชิงพาณิชย์ โดย พัฒนาร่วมกับเทคนิคในการวิเคราะห์ภาพ (Image analysis) โดยใช้กล้องจับภาพเมล็ดข้าวที่มีสี เปลี่ยนไปเมื่อสัมผัสกับสารละลายเคมี จากนั้นใช้ระบบคอมพิวเตอร์ช่วยในการประมวลผลและ ทำนายความใหม่-เก่าของข้าวได้แม่นยำมากยิ่งขึ้น (Noda *et al.*, 2005) โดยปัจจุบันมีการสร้าง เป็นเครื่องวิเคราะห์ความใหม่-เก่าของข้าวในเชิงพาณิชย์ (ภาพที่ 2.6) ซึ่งมีจำหน่ายในราคาสูง มาก



ภาพที่ 2.6 เครื่องวิเคราะห์ความใหม่-เก่าของข้าวเชิงการค้า ยี่ห้อ Kett รุ่น RN820

ซึ่งอาศัยหลักการทำให้เมล็ดข้าวเกิดสีกับสารละลายอินดิเคเตอร์ จากนั้นถ่ายภาพเมล็ด ข้าวจำนวนไม่น้อยกว่า 72 เมล็ดเพื่อทำการวิเคราะห์ภาพโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ และประมวลผลเป็นค่าความเก่า-ใหม่ของข้าว

ที่มา : Kett Co., Ltd. (Japan)