

## บทที่ 2

### เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ข้าวเจ้าชัยนาท 1 เป็นข้าวพันธุ์ผสม 3 ทาง ระหว่าง IR 13146-158-1 กับ IR 151374-43-2-3-3 และ BKN 6995-16-1-1-2 ซึ่งได้ทำการผสมพันธุ์ที่สถานีทดลองข้าวชัยนาท เมื่อปี พ.ศ. 2525 ทำการปลูกคัดเลือกแบบสืบตระกูลจนได้สายพันธุ์ CNTBR 82075-43-2-1 ได้นำไปปลูกศึกษาพันธุ์ในปี พ.ศ. 2529 ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตภายในสถานีทดลองข้าวชัยนาท และในปี พ.ศ. 2531 ถึง 2535 ปลูกเปรียบเทียบผลผลิตในนาเกษตรกรจังหวัดพิษณุโลก ลพบุรี และชัยนาท พร้อมทั้งทดสอบเสถียรภาพการให้ผลผลิตภายใต้สภาพแวดล้อมต่างกันในเขตรับฝิดชอบของศูนย์วิจัยข้าวพิษณุโลก และศูนย์วิจัยข้าวปทุมธานีเมื่อปี พ.ศ. 2534-2535 คณะกรรมการวิจัยและพัฒนา กรมวิชาการเกษตร ได้มีมติรับรองพันธุ์และให้ชื่อว่า ข้าวเจ้าชัยนาท 1 เมื่อวันที่ 9 กันยายน พ.ศ. 2536

ข้าวเจ้าชัยนาท 1 เป็นข้าวนาสวนไม่ไวต่อช่วงแสง เมล็ดข้าวเปลือกยาวเรียวยาวสีฟาง เมื่อปลูกในฤดูฝนมีอายุประมาณ 119 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 725 กิโลกรัมต่อไร่ และเมื่อปลูกในฤดูแล้งมีอายุประมาณ 130 วัน ให้ผลผลิตเฉลี่ย 754 กิโลกรัมต่อไร่ คุณภาพการขัดสีดี ได้เมล็ดข้าวสารใสท้องไข่น้อย ทำข้าว 100 เปอร์เซ็นต์ได้ ข้าวสุกมีลักษณะร่วนและแข็งประเภทข้าวเสาไห้ สามารถนำไปแปรรูปเป็นก๋วยเตี๋ยวเส้นหมี่และขนมจีนได้ นอกจากนี้จะมีความสามารถในการให้ผลผลิตสูงและมีคุณภาพเมล็ดดีแล้วยังมีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล เพลี้ยกระโดดหลังขาว โรคใบหงิกและค่อนข้างต้านทานโรคไหม้ จึงเป็นพันธุ์ที่เหมาะสมสำหรับแนะนำให้เกษตรกรปลูกเพื่อแก้ปัญหาการทำลายของโรคและแมลงที่สำคัญดังกล่าว

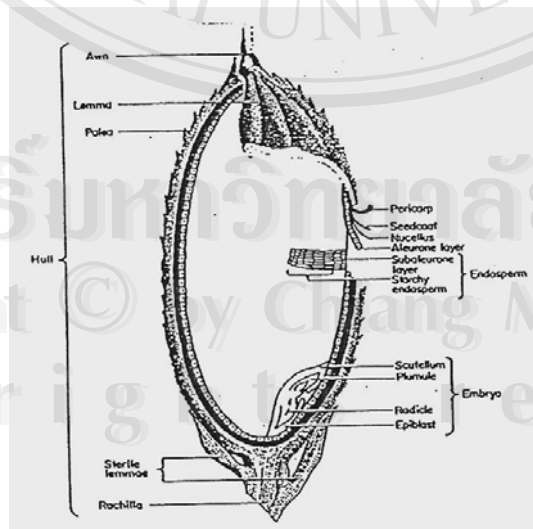
### 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว

ข้าวเปลือก (Rough rice) เป็นส่วนผลของต้นข้าว ซึ่งอาจจำแนกเป็นส่วนต่าง ๆ ดังนี้

1. เปลือกนอกหรือแกลบ (Hull) เป็นส่วนที่ป้องกันเมล็ดข้าวจากเชื้อราและแมลงในระหว่างการเก็บรักษา ส่วนนี้มีน้ำหนักเฉลี่ยประมาณร้อยละ 20 ของน้ำหนักเมล็ดข้าวเปลือก ประกอบด้วย Palea และ Lemma เชื่อมกันโดยโครงสร้างพิเศษที่เรียกว่า Hook-shaped ชั้นนอกของเปลือกนอกมี Trichomes องค์ประกอบส่วนใหญ่ภายในเปลือก ได้แก่ ลิกนิน (ร้อยละ 30) เซลลูโลส (ร้อยละ 25) และเถ้า (ร้อยละ 21) ดังนั้นส่วนนี้จึงมีคุณค่าทางโภชนาการต่ำ

2. ส่วนที่บริโภคได้หรือข้าวกล้อง (Brown rice หรือ Dehulled rice) แบ่งออกเป็นชั้น ๆ ดังนี้

- เนื้อหุ้มผล (Pericarp) เป็นส่วนผิวนอกของข้าวกล้อง มีความหนาประมาณ 10 ไมครอน หรือประมาณร้อยละ 4-5 ของน้ำหนักเมล็ด ผิวชั้นนอกมีลักษณะเป็นคลื่น
- เนื้อหุ้มเมล็ด (Seed coat) เป็นส่วนที่อยู่ต่อจากชั้นเนื้อหุ้มผล เป็นเซลล์ชั้นเดียวมีความหนาประมาณ 0.5 ไมครอน
- ชั้นออโรน (Aleurone layer) มีลักษณะเป็นเซลล์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์ ผนังเซลล์หนา ในชั้นออโรนมีสารประกอบโปรตีนและไขมันมากที่สุด จำนวนของชั้นออโรนจะแตกต่างกันออกไปตั้งแต่ 1-7 ชั้นขึ้นอยู่กับพันธุ์ของข้าวและตำแหน่งของเมล็ด โดยบริเวณ Ventral มี 2-3 ชั้น ส่วนบริเวณ Dorsal มี 4-7 ชั้น และข้าวพันธุ์เมล็ดสั้นจะมีจำนวนชั้นของออโรนเซลล์มากกว่าข้าวพันธุ์เมล็ดยาว
- คัพภะ (Embryo) เป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นอ่อนต่อไป ประกอบด้วย Embryonic axis (Epicotyl, Mesocotyl หรือ Hypocotyl และ Radicle) และ Scutellum ส่วนนี้มีโปรตีนไขมัน เถ้า และวิตามินในปริมาณที่สูง แต่ไม่มีแป้ง
- เอนโดสเปิร์ม (Endosperm) คือส่วนที่เป็นข้าวสาร ในส่วนนี้มีแป้งเป็นองค์ประกอบหลัก แป้งข้าวจะอยู่รวมกันเป็นกลุ่ม (Starch compound) กลุ่มแป้งหลาย ๆ กลุ่มจะอยู่รวมกันเป็น Micelles โดยมีกลุ่ม โปรตีน (Protein body) แทรกอยู่ ภายในเมล็ดข้าวสารนี้มีแป้งอยู่ประมาณร้อยละ 84 - 93 โดยน้ำหนัก แป้งข้าวแบ่งออกเป็น 2 ชนิดคือ อะมัยโลส (Amylose) และอะมัยโลเพคติน (Amylopectin)



รูปที่ 2.1 โครงสร้างของเมล็ดข้าว (Juliano, 1985)

## 2.2 คุณภาพของเมล็ดข้าว

2.2.1 คุณภาพเมล็ดทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่าหรือ ชั่ง ตวง วัดได้ เช่น สีของข้าว ขนาด รูปร่างของเมล็ด น้ำหนักของเมล็ดและคุณภาพการขัดสี นอกจากนี้ยังรวมถึงความชื้นของเมล็ดข้าวดังนั้นคุณภาพเมล็ดทางกายภาพส่วนใหญ่จึงนำมาใช้ประเมินราคาข้าวที่ซื้อขายกันในท้องตลาด โดยเฉพาะคุณภาพการขัดสีเป็นคุณภาพทางกายภาพที่สำคัญซึ่งผู้บริโภคจะนิยมข้าวที่ผ่านการสีเป็นข้าวสารที่การหักน้อย ในการสีข้าวจะได้แกลบร้อยละ 20-28 ไร่ประมาณร้อยละ 10 ส่วนที่เหลือคือข้าวสาร โดยในส่วนของข้าวสารประกอบด้วยข้าวเต็มเมล็ด (ข้าวที่มีความยาวมากกว่า 8/10 ของความยาวเมล็ด) และข้าวหัก ข้าวคุณภาพดีควรสีได้ข้าวสารมาก มีข้าวหักน้อย ปัจจัยที่ทำให้ข้าวหักในระหว่างการสี ได้แก่ ความยาวของเมล็ด เมล็ดบิดเบี้ยวหรือไม่สมบูรณ์ เมล็ดอ่อน การเกิดเมล็ดร้าวก่อนการสี รวมทั้งการปฏิบัติการหลังการเก็บเกี่ยวที่ไม่เหมาะสม เช่น การลดความชื้นของข้าวมีผลต่ออายุการเก็บรักษา ถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงทำให้เชื้อราและจุลินทรีย์เจริญเติบโตได้ ข้าวจะเสื่อมคุณภาพเร็ว ดังนั้นมาตรฐานข้าวของแต่ละประเทศจึงได้กำหนดระดับความชื้นของข้าวไว้ โดยประเทศไทยกำหนดความชื้นไม่เกินร้อยละ 14 สำหรับประเทศที่มีอากาศหนาวเย็นระดับความชื้นอาจสูงถึงร้อยละ 16

2.2.2 คุณภาพทางเคมี หมายถึง คุณสมบัติและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มโดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้น นุ่มเหนียวหรือร่วนขึ้นหมี และมีส่วนต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ซึ่งคุณภาพของเมล็ดทางเคมีได้แก่ ชนิดและปริมาณแป้ง (starch) โปรตีน ไขมันและกลิ่นหอมเป็นต้น (เอกสงวน, 2544)

## 2.3 ความสูญเสียของข้าวในขั้นตอนเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยว

การจะทำให้ข้าวที่ผลิตได้มีคุณภาพดีหรือไม่ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย นับตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์ปลูก การดูแลรักษา แต่ที่นับว่าสำคัญและมีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุดและโดยตรงคือการปฏิบัติตามขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวว่ามีความถูกต้องเหมาะสมเพียงใด ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้องเหมาะสมจะทำให้ข้าวที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดีและมีการสูญเสียในด้วนปริมาณเกิดขึ้นสูง (ประสูติและคณะ, 2528) ความสูญเสียของข้าวที่เกิดขึ้นในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและหลังเก็บเกี่ยว สามารถแบ่งออกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ ๆ คือ

2.3.1 ความสูญเสียในด้านปริมาณ หรือน้ำหนัก ได้แก่ น้ำหนักของข้าวลดลงหรือหายไป เนื่องจากสาเหตุต่าง ๆ เช่น การร่วงหล่นในนาขณะเก็บเกี่ยว เกียวไม่หมด นวดไม่หมด ถูกแมลงศัตรู และนก หนู ทำลายทั้งในนาและในโรงเก็บ เป็นต้น จากการศึกษาของ Wimberly (1983) พบว่า ผลผลิตข้าวที่ได้ทั้งหมดจะมีการสูญเสียไปในขั้นตอนต่าง ๆ ตั้งแต่ระยะเก็บเกี่ยวจนถึงโรงสี อยู่ระหว่างร้อยละ 7-26 โดยแบ่งออกเป็นแต่ละขั้นตอนดังนี้คือ สูญเสียจากการเก็บเกี่ยวและขนย้าย ร้อยละ 2-7 การตากและทำความสะอาดร้อยละ 1-5 ระหว่างเก็บรักษาร้อยละ 2-6 ในการสีร้อยละ 2-8

2.3.2 ความสูญเสียในด้านคุณภาพ ได้แก่ ความสูญเสียในแง่คุณภาพของเมล็ด เช่น คุณภาพการสี ความมีชีวิต ความแข็งแรงของเมล็ด คุณค่าทางอาหาร กลิ่น สี รสชาติเปลี่ยนแปลงไป หรือเกิดเป็นสารพิษ เช่น Aflatoxin ซึ่งเป็นการสูญเสียที่วัดหรือตรวจสอบได้ก่อนข้างยาก

ในสภาวะการแข่งขันของตลาดในปัจจุบัน การเพิ่มผลผลิตจะเน้นในด้านปริมาณหรือน้ำหนักเพียงอย่างเดียวไม่ได้ จะต้องเน้นในด้านคุณภาพของผลผลิตด้วย ข้าวคุณภาพดีส่วนใหญ่จะหมายถึงคุณภาพทางกายภาพเป็นสำคัญ อาทิเช่น คุณภาพการสี เป็นต้น ซึ่งการจะทำให้ข้าวที่ผลิตได้มีคุณภาพดีหรือไม่ขึ้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ มากมาย นับตั้งแต่การคัดเลือกพันธุ์ปลูก การดูแลรักษา แต่ที่นับว่าสำคัญและมีผลกระทบต่อคุณภาพของข้าวมากที่สุดและโดยตรงคือ การปฏิบัติในขั้นตอนการเก็บเกี่ยวและหลังการเก็บเกี่ยวว่ามีความถูกต้องเหมาะสมแค่ไหน ถ้าปฏิบัติไม่ถูกต้องเหมาะสมจะทำให้ข้าวที่ผลิตได้มีคุณภาพไม่ดีและมีการสูญเสียในด้านปริมาณเกิดขึ้นสูง

## 2.4 ปัจจัยต่าง ๆ ที่ทำให้เกิดความเสียหายกับข้าวในขณะเก็บรักษา

สิ่งสำคัญที่สุดที่ต้องคำนึงถึงในการเก็บรักษาข้าว คือ ต้องเก็บรักษาให้คุณภาพและปริมาณของข้าวที่เก็บคงที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง หรือมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นน้อยที่สุด

ผลผลิตของข้าวที่เก็บรักษาไว้ในโรงเก็บส่วนใหญ่จะเกิดความเสียหายขึ้น โดยมีสาเหตุมาจากปัจจัยทางกายภาพ ได้แก่ อุณหภูมิในโรงเก็บ ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเก็บ ความชื้นของข้าวที่เก็บ และปัจจัยทางชีวภาพ ได้แก่ ข้าวที่เก็บ แมลง ศัตรูจุลินทรีย์ต่าง ๆ สัตว์ศัตรูโรงเก็บ เป็นต้น ซึ่งพอจะจำแนกออกเป็นข้อ ๆ ได้ดังนี้

2.4.1 ข้าวที่นำเข้าเก็บรักษา ข้าวที่จะนำเข้าเก็บรักษาต้องมีสภาพที่เหมาะสมสำหรับการเก็บรักษา มิฉะนั้นจะเกิดความเสียหายขึ้นได้ในขณะเก็บรักษา สภาพที่เหมาะสมต่อการเก็บรักษา โดยทั่วไปหมายถึง ความชื้นต้องต่ำ สะอาด ปราศจากโรคและแมลงศัตรู และได้รับการปฏิบัติในขั้นตอนการเก็บเกี่ยว นวด ตาก ทำความสะอาดอย่างถูกต้องเหมาะสม

1. ความชื้นข้าว ก่อนที่จะนำข้าวเข้าเก็บต้องตรวจสอบความชื้นก่อน ถ้าความชื้นสูงเกินระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ต้องลดความชื้นลงให้อยู่ในระดับที่ปลอดภัยจึงนำเข้าเก็บรักษา โดยทั่วไปความชื้นข้าวไม่ควรสูงเกินร้อยละ 14 ความชื้นเป็นปัจจัยสำคัญที่บ่งชี้ถึงคุณภาพของข้าว เพราะความชื้นเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้เกิดความเสียหายขึ้นกับข้าว ผลผลิตบางชนิด เช่น เมล็ดข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี เป็นเมล็ดที่ยังมีชีวิตอยู่ ขบวนการทางชีวเคมีภายในเมล็ดยังคงดำเนินอยู่ เช่น กระบวนการหายใจ ซึ่งเป็นกระบวนการที่นำเอาออกซิเจนจากอากาศไปสันดาปกับโมเลกุลของสารประกอบคาร์โบไฮเดรต (CHO) แล้วปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ น้ำ และความร้อนออกมา ดังสมการเคมี



การหายใจของเมล็ดมีความสัมพันธ์กับความชื้นของเมล็ด ยิ่งเมล็ดมีความชื้นสูงยิ่งทำให้อัตราการหายใจของเมล็ดสูงขึ้น ทำให้อาหารที่สะสมไว้ในเมล็ดถูกนำมาย่อยสลายเปลี่ยนไปเป็นพลังงานและความร้อน น้ำหนักของเมล็ดจะลดลงและมีการเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น รวมทั้งเกิดความร้อนสะสมในกองเมล็ดเพิ่มขึ้น บางครั้งอาจสูงกว่า 55 องศาเซลเซียส ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าว เช่น เกิดข้าวเหลืองขึ้น พบว่า ข้าวเปลือกที่มีความชื้นร้อยละ 20-25 เมื่อเก็บรักษาไว้เพียง 3 อาทิตย์ จะเกิดเมล็ดเหลืองขึ้น แต่ถ้าลดความชื้นลงเหลือร้อยละ 15-16 จะเกิดเมล็ดเหลืองขึ้นหลังเก็บรักษานาน 6 เดือน (Quitco, 1981) นอกจากนี้เมล็ดที่มีความชื้นสูงจะถูกแมลงศัตรูและจุลินทรีย์ต่าง ๆ เข้าทำลายได้ง่ายและรวดเร็วกว่าเมล็ดที่มีความชื้นต่ำ โดยทั่วไปถ้าความชื้นของข้าวต่ำกว่าร้อยละ 9 แมลงศัตรูโรงเก็บส่วนใหญ่จะไม่ทำงานและไม่สามารถเจริญเติบโตแพร่พันธุ์ได้ ดังนั้นความชื้นของผลผลิตก่อนเก็บรักษาต้องต่ำ ส่วนจะต่ำแค่ไหนนั้นขึ้นอยู่กับชนิดของผลผลิต วัตถุประสงค์ในการเก็บและระยะเวลาเก็บรักษา แต่โดยทั่วไปไม่ควรเกินร้อยละ 13-14 สำหรับเมล็ดธัญพืชและไม่เกินร้อยละ 8-9 สำหรับเมล็ดพืชน้ำมัน

2. ความสะอาด ข้าวที่จะเก็บต้องสะอาดไม่มีสิ่งเจือปน เช่น เศษฟาง ตอซัง วัชพืช กรวด ดิน เพราะสิ่งเหล่านี้ดูดความชื้นได้ดีกว่าเมล็ดข้าว ทำให้ข้าวมีความชื้นเพิ่มสูงขึ้นได้ในขณะเก็บรักษา

3. ความปลอดภัยจากโรคแมลงศัตรูต่าง ๆ ข้าวที่จะเก็บต้องปลอดภัยจากโรคและแมลงศัตรู ควรมีการตรวจสอบแมลงศัตรูในข้าวก่อนเก็บ ถ้าพบแมลงศัตรูปะปนไม่ว่าในระยะของการเจริญเติบโตใด ๆ ต้องหาวิธีป้องกันกำจัดที่ถูกต้องเหมาะสม

4. มีการจัดการก่อนเก็บรักษาอย่างถูกต้องเหมาะสม การจัดการที่ถูกวิธีและเหมาะสมในระยะก่อนการเก็บรักษาย่อมมีผลทำให้ข้าวนั้นเกิดการสูญเสีย หรือเสื่อมคุณภาพในระหว่างการเก็บรักษาข้างลง เช่น การเก็บเกี่ยวข้าวในระยะที่เหมาะสม คือระยะสุกแก่ทางสรีระวิทยา ไม่เก็บเกี่ยวเร็วหรือช้าเกินไป เมื่อนำไปเก็บรักษาข้าวจะมีคุณภาพการสีดีกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวเร็วหรือช้าเกินไป และในด้านคุณภาพเมล็ดพันธุ์ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะเหมาะสมจะมีอายุการเก็บรักษาเป็นเมล็ดพันธุ์ได้นานกว่าข้าวที่เก็บเกี่ยวอ่อนหรือแก่เกินไป นอกจากนี้การเก็บเกี่ยวในระยะเหมาะสมยังมีส่วนช่วยลดปัญหาเรื่องการทำลายของแมลงศัตรูในโรงเก็บส่วนใหญ่สามารถที่จะเข้าทำลายข้าวได้ตั้งแต่ระยะสุกแก่ของข้าวในแปลง การเก็บเกี่ยวล่าช้ากว่ากำหนดออกไป เท่ากับเป็นการเปิดโอกาสให้แมลงศัตรูเข้าทำลายและวางไข่ตั้งแต่ข้าวอยู่ในแปลงปลูก และจะติดมากับข้าวทำความเสียหายและเพิ่มจำนวนอย่างมากมายในระหว่างการเก็บรักษา หรือในขั้นตอนการนวด ถ้ามีการนวดข้าวอย่างไม่ถูกต้องทำให้เมล็ดข้าวเกิดความเสียหาย เช่น การตั้งเครื่องนวดให้มีจำนวนรอบของลูกนวดเร็วเกินไป เพื่อต้องการให้นวดเสร็จเร็ว จะเกิดข้าวเมล็ดแตกร้าวมาก ทำให้คุณภาพการสีลดลงแล้ว ยังเปิดโอกาสให้แมลงศัตรูข้าวบางชนิดเข้าทำลายได้ง่ายขึ้น จากการทดลองของ ไพฑูรย์และคณะ (2528) พบว่า ค้างวงง (*Sitophilus* sp.) ซึ่งเป็นแมลงศัตรูในโรงเก็บข้าวที่สำคัญชนิดหนึ่ง จะไม่สามารถทำลายข้าวเปลือกที่มีสภาพปกติสมบูรณ์ ไม่มีร่องรอยความเสียหายที่เมล็ดข้าวได้ ดังนั้นในโรงเก็บเราจะไม่ค่อยพบการระบาดของค้างวงงข้าวในระยะแรก ๆ ของการเก็บรักษา จะพบในระยะหลัง เมื่อข้าวเปลือกถูกทำลายเสียหายโดยแมลงศัตรูอื่นแล้ว ค้างวงงถึงจะระบาด แต่ถ้าข้าวเปลือกที่นำเข้าเก็บใหม่ ๆ ได้รับความเสียหายจากการปฏิบัติในขั้นตอนการนวดไม่ดี มีเมล็ดแตกหักเสียหายมาก ค้างวงงก็สามารถเข้าทำลายได้ทันทีเมื่อนำข้าวเข้าเก็บ จึงเป็นเรื่องสำคัญที่จะต้องคำนึงถึงและปฏิบัติให้ถูกต้อง เพื่อป้องกันและลดความเสียหายในขณะที่เก็บรักษาลง

นอกจากนี้การเตรียมสภาพของโรงเก็บก็มีความสำคัญที่จะต้องพิจารณาถึง ก่อนนำข้าวใหม่เข้าเก็บ ต้องทำความสะอาดโรงเก็บ กำจัดข้าวเก่าออกไปมิให้เป็นแหล่งหลบซ่อนของแมลง เมื่อโรงเก็บสะอาดแล้วถ้าเป็นไปได้ควรมีการฉีดพ่นสารเคมีฆ่าแมลง เพื่อป้องกันกำจัดแมลงบริเวณผนังภายในโรงเก็บ เพดาน และรอบ ๆ ผนังโรงเก็บด้านนอก ก่อนนำข้าวใหม่เข้าเก็บ แมลงศัตรู จุลินทรีย์ต่าง ๆ และสัตว์ศัตรูโรงเก็บ เป็นสาเหตุสำคัญอีกประการหนึ่งที่ทำให้ความเสียหายให้กับข้าวที่เก็บรักษาเป็นอย่างมากในแต่ละปี ประมาณกันว่าผลผลิตที่เก็บรักษาไว้จะถูกทำลายเสียหายเนื่องจากแมลงศัตรู นก หนู และจุลินทรีย์ต่าง ๆ สูงถึงร้อยละ 10-30 และในบรรดาศัตรูต่าง ๆ เหล่านี้ แมลงศัตรูในโรงเก็บจัดเป็นศัตรูที่สำคัญและทำความเสียหายมากที่สุด

1. อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในโรงเก็บ เป็นปัจจัยที่สำคัญอีกปัจจัยหนึ่งที่ทำให้ข้าวเก็บรักษาไว้มีความเสียหายเกิดขึ้นหรือไม่ ถ้าอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในโรงเก็บสูงจะทำให้ข้าว มีการเสื่อมคุณภาพเกิดขึ้นเร็ว และช่วยให้แมลงศัตรูและจุลินทรีย์ส่วนใหญ่เจริญเติบโตได้ดี แมลงศัตรูในโรงเก็บส่วนใหญ่จะเจริญเติบโตได้ดีที่ อุณหภูมิระหว่าง 21-35 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ร้อยละ 65-80 ดังนั้น จึงต้องพยายามควบคุมอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศในโรงเก็บให้ต่ำกว่าระดับดังกล่าว ซึ่งในทางปฏิบัติเป็นไปได้ยาก นอกจากจะต้องมีการลงทุนที่สูงจึงจะทำได้ เพราะประเทศไทยตั้งอยู่ในเขตร้อนชื้น อุณหภูมิของอากาศ และความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศโดยเฉลี่ยประมาณ 30 องศาเซลเซียส และร้อยละ 65 ตามลำดับ ซึ่งเป็นระดับที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์และแมลงศัตรูในโรงเก็บ ประกอบกับสภาพและลักษณะโรงเก็บข้าวส่วนใหญ่ในประเทศไทยเป็นแบบโกดัง ( Normal Warehouse) ไม่มีการควบคุมอุณหภูมิหรือความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

2. ลักษณะโรงเก็บและลักษณะการเก็บรักษา โรงเก็บที่ดีจะต้องตั้งอยู่บนที่ดอน และแห้งมีการระบายน้ำดี เพื่อป้องกันน้ำท่วมขัง รอบ ๆ บริเวณโรงเก็บต้องสะอาด โลงเตียนไม่มี ต้นไม้ใหญ่ขึ้นปกคลุม สภาพของตัวโรงเก็บต้องมีผนังปิดมิดชิด แน่นหนา มีหลังคากันแดด กันฝน น้ำค้าง และควรรยกพื้นสูงจากพื้นดิน 80 เซนติเมตร เพื่อให้มีการถ่ายเทอากาศด้านล่าง ตามช่องเปิดต่าง ๆ ควรมีตาข่ายป้องกัน นก หนู และมีระบบระบายอากาศที่ดี

## 2.5 การเปลี่ยนแปลงของเมล็ดข้าวในระหว่างการเก็บรักษา

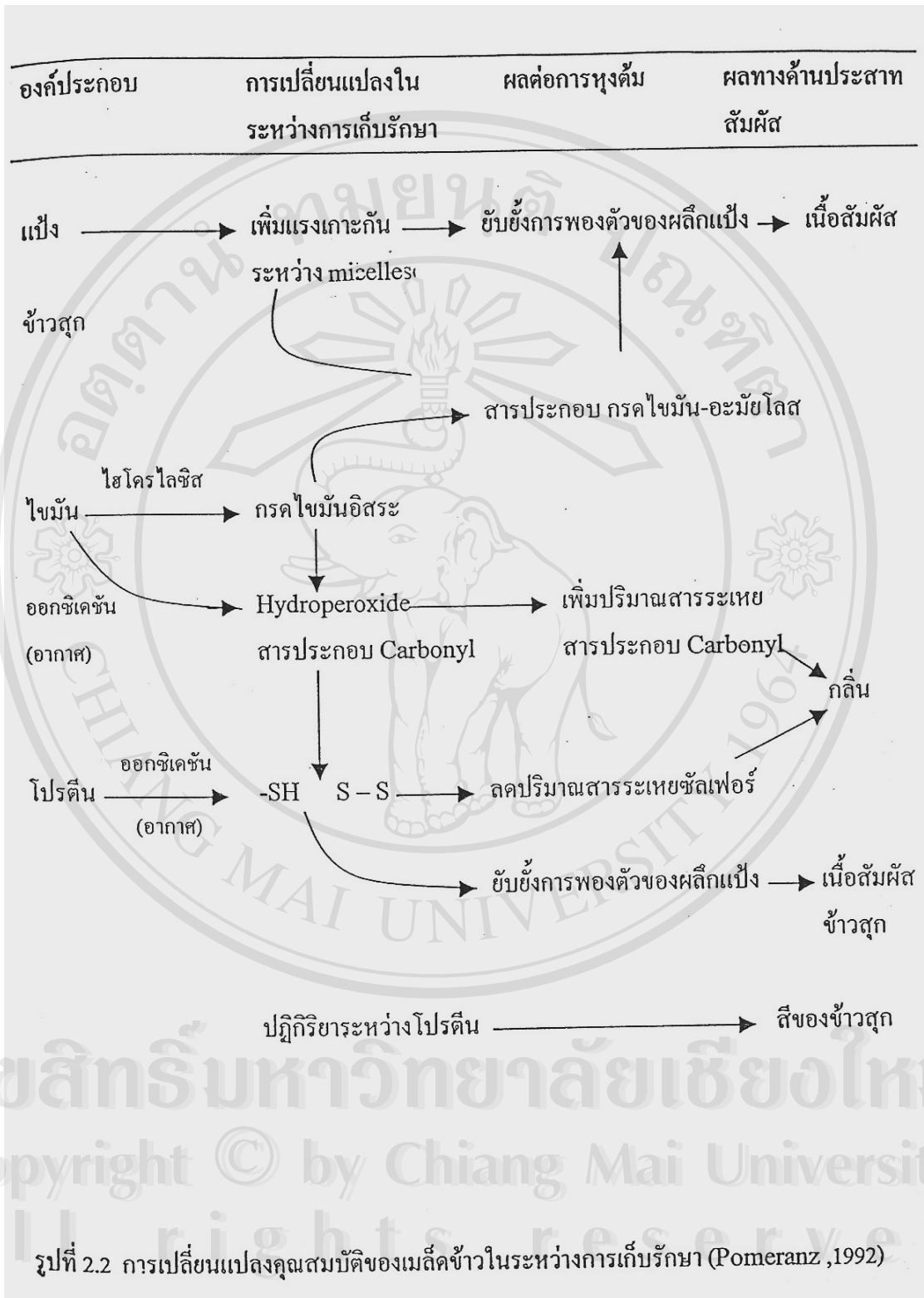
ต้นข้าว (Head rice yield) คือ เมล็ดข้าวที่ความยาวมากกว่า 8 ส่วนใน 10 ส่วนของความยาวของเมล็ด (งามชื่น, 2538) การเก็บรักษาทำให้ข้าวมีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้น นั่นคือเมื่อนำข้าวไปขัดสีจะทำให้ได้ประมาณข้าวเต็มเมล็ดสูงกว่าข้าวใหม่ นอกจากนั้นข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงกว่าจะมีผลทำให้ข้าวมีความแข็งแรงและทนต่อแรงกระแทกได้สูงกว่าข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำกว่า อาจเนื่องมาจากการเก็บรักษาทำให้ผนังเซลล์ของเอนโดสเปิร์มมีความแข็งแรงเพิ่มขึ้น (Shibuya *et al.*, 1982) นอกจากนี้ปริมาณต้นข้าวยังขึ้นอยู่กับชนิดของข้าว พบว่าข้าวเมล็ดสั้นเมื่อนำไปขัดสีปริมาณต้นข้าวที่ได้จะสูงกว่าข้าวเมล็ดยาว ทั้งนี้เนื่องจาก ข้าวเมล็ดสั้นมีความหนาแน่นกว่าจึงทำให้ทนต่อการขัดสีได้สูงกว่าข้าวเมล็ดยาว (Matthews and Spadaro, 1976)

การเก็บรักษาข้าวเป็นขั้นตอนปกติในระหว่างการเก็บเกี่ยวจนถึงการบริโภค ในสหรัฐอเมริกาการเก็บรักษาข้าวนั้นทำเพื่อเปลี่ยนแปลงคุณภาพทางเคมีกายภาพของข้าว เช่น stickiness โดยหลังจากการหุงต้มแล้วเปลี่ยนจากเหนียวไปเป็นค่อนข้างร่วน ซึ่งในการเก็บรักษานั้นจะมีอุณหภูมิประมาณ 10-35 องศาเซลเซียส ปริมาณความชื้นประมาณร้อยละ 10-15 และมีระยะการเก็บรักษา

ตั้งแต่ 2–24 เดือน การเปลี่ยนแปลงนั้นอาจเกิดขึ้นตั้งแต่หลังจากการเก็บเกี่ยวแต่โดยส่วนใหญ่แล้ว การเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพจะเกิดขึ้นในระหว่างการเก็บรักษา (Chrastil, 1994) ข้าวเก่า และข้าวใหม่มีคุณภาพการหุงต้มและรับประทานแตกต่างกัน ซึ่งการเปลี่ยนแปลงนี้จะเกิดขึ้นหลังจาก การเก็บเกี่ยวอย่างน้อย 3-4 เดือน เมื่อเก็บรักษาในที่ที่มีอุณหภูมิสูงกว่า 15 องศาเซลเซียส หากเมล็ด ไม่ถูกทำลายในระหว่างการเก็บรักษาการเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวเก่าเกิดเนื่องจาก 3 องค์ประกอบ คือ แป้ง ไขมัน และโปรตีน (รูปที่ 2.2) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงทางเคมีกายภาพของเมล็ดข้าวขณะการเก็บ รักษา อาจเนื่องมาจากแป้งและโปรตีนในเมล็ดข้าวมีการปรับสภาพการละลายและการเกิดเจลให้มีความคงตัวและละลายน้ำได้น้อยลง มีผลให้ข้าวเก่าต้องการน้ำในการหุงต้มมากกว่าข้าวใหม่ ลักษณะข้าวสุกจะแข็งและร่วนมากกว่าข้าวใหม่ (Indudhara *et al.* 1978) ข้าวที่อยู่ในระหว่าง การเก็บรักษาจะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีโดยเมล็ดแป้งจะเกิดการจับกันแข็งแรงขึ้นและกรดไขมันอิสระที่เกิดจากกระบวนการไฮโดรไลซิสของไขมันจะจับกับอะมัยโลสมีผลทำให้เนื้อสัมผัส ของข้าวสุกเปลี่ยนแปลงไปและไฮโดรเปอร์ออกไซด์ที่เกิดจากกระบวนการออกซิเดชันของไขมัน ไปมีผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารระเหยพวกสารประกอบคาร์บอนิลและสามารถเร่งการเกิดกระบวนการออกซิเดชันของโปรตีนได้ ซึ่งมีผลต่อกลิ่นของข้าวที่อยู่ในระหว่างการเก็บรักษา นอกจากนี้ กระบวนการออกซิเดชันของโปรตีนยังมีผลทำให้โครงสร้างภายในเกิดการเปลี่ยนแปลง มีผลทำให้ การพองตัวของเมล็ดแป้งลดลง ซึ่งทำให้เนื้อสัมผัสของข้าวสุกเปลี่ยนแปลงไปเช่นกัน และยังพบว่า ระยะเวลาที่มีผลต่อความสามารถในการดูดน้ำของข้าวกล้องและข้าวสาร ซึ่งทำให้ระยะเวลาในการหุง ข้าวกล้องและข้าวสารเพิ่มขึ้นตามอายุการเก็บรักษา และปริมาณอะมัยโลสของข้าวจะเพิ่มขึ้น ส่วน ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวสุกนั้น ในช่วง 3 เดือนแรกของการเก็บรักษามีการเปลี่ยนแปลงสูงมาก โดยเดือนที่ 0 ข้าวจะมีความแข็ง (Hardness) น้อยหรือมีความนุ่มมาก หลังจากนั้นความแข็งจะเพิ่มขึ้น ตามอายุการเก็บรักษา (พัศกร, 2546) และจากการศึกษาของอรุณชัย (2543) พบว่าการเก็บรักษาข้าวจะ ทำให้คุณภาพข้าวเปลือกเปลี่ยนไป คือ ช่วงระยะเวลาในการเก็บรักษาเปลี่ยนไป 1 เดือน จะมีผลทำให้ข้าวมีเปอร์เซ็นต์ความแข็งเพิ่มขึ้น 0.006 องค์ประกอบทางเคมีของข้าวจะเปลี่ยนแปลงในระหว่าง 3–4 เดือนแรกของการเก็บรักษาโดยเฉพาะอย่างยิ่งถ้าเก็บไว้ที่อุณหภูมิมากกว่า 15 องศาเซลเซียส ซึ่งการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น เช่น การลดลงของโปรตีนและเมล็ดแป้งที่ละลายน้ำ การเพิ่มขึ้นของ กรดไขมันอิสระจากปฏิกิริยาออกซิเดชันของไขมัน กลิ่นหอมของข้าวหายไป ข้าวจะมีความแข็งเพิ่ม ขึ้นทำให้มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงขึ้น



นอกจากนี้การเก็บรักษาข้าวอาจมีผลทำให้สีของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากกระบวนการหายใจของข้าวเปลือกจะทำให้เกิดความร้อนและความชื้น ซึ่งหากอุณหภูมิในกองสูงและความชื้นอาจมีผลต่อสีของเมล็ด รวมทั้งทำให้เกิดการเจริญของเชื้อราภายในกอง การหายใจของเมล็ดข้าวเมื่อเกิดขึ้นเป็นระยะเวลาสั้นสีของเมล็ดข้าวจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเรียกว่าการเกิดสีเหลือง (yellowing หรือ stackburn) มีรายงานว่า ข้าวที่เก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน จะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเล็กน้อย แต่อย่างไรก็ตามเมล็ดข้าวจะเปลี่ยนเป็นสีเหลืองอย่างเห็นได้ชัดหลังจากเก็บรักษาเป็นเวลา 6 เดือน ถึง 12 เดือน นอกจากระยะเวลาแล้วอุณหภูมิยังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของข้าว จากการศึกษาผลของอุณหภูมิต่อการเก็บรักษาข้าวเปลือกพบว่า ถ้าอุณหภูมิในการเก็บรักษาสูงขึ้น ข้าวก็จะเกิดสีเหลืองสูงตามไปด้วย (Dillahunt *et al.*, 2001 อ้างโดย Siebenmorgen and Meullenet, 2004) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของ Juliano (1985) พบว่า ระยะเวลาในการเก็บรักษายังมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสีของเมล็ดข้าว หลังจากการเก็บรักษาข้าวเป็นเวลา 1 ปี และยังพบว่าในสภาพบรรยากาศปกติที่อุณหภูมิ 2 และ 20 องศาเซลเซียส สีของเมล็ดข้าวสารเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย แต่เมล็ดข้าวที่เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส จะทำให้เมล็ดข้าวเกิดสีเหลือง การเกิดสีเหลืองของเมล็ดข้าวอาจเกิดจากกระบวนการอบแห้งของเมล็ดที่ช้าและไม่เหมาะสม (Sahay and Gangopadhyay, 1985 อ้างโดย Siebenmorgen and Meullenet, 2004) หรือจากการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและระหว่างการเก็บรักษาที่ไม่เหมาะสม การเกิดสีเหลืองของเมล็ดข้าวเปลือกซึ่งเกิดจากการเปลี่ยนสีของเอนโดสเปิร์ม นั้นไม่สามารถมองเห็นได้จนกว่าจะทำการสีเป็นข้าวสารแล้ว (Aibara *et al.*, 1984 อ้างโดย Siebenmorgen and Meullenet, 2004)



## 2.5 คุณภาพข้าว

ปัจจุบันการผลิตข้าวนอกจากจะคำนึงถึงผลผลิตแล้วยังต้องคำนึงถึงคุณภาพเมล็ดควบคู่กัน ซึ่งคำว่า “คุณภาพข้าว” นั้นแบ่งเป็น 4 ประเภท ได้แก่

- คุณภาพการสี (Milling quality)
- คุณภาพการหุงต้ม รับประทานและการแปรรูป (Cooking, eating and processing qualities)
- คุณภาพด้านโภชนาการ (Nutritive quality)
- คุณภาพตามมาตรฐานซื้อขาย

### 2.5.1 คุณภาพการสี (Milling quality)

คุณภาพการสีของข้าวประเมินได้จากปริมาณข้าวเต็มเมล็ด (Whole grain) และต้นข้าว (Head rice) ซึ่งหมายถึง เมล็ดข้าวที่อยู่ในสภาพเต็มเมล็ด ไม่มีส่วนใดหักและให้รวมถึงเมล็ดข้าวที่มีความยาวตั้งแต่ 9 ส่วนใน 10 ส่วนขึ้นไป ซึ่งข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เป็นข้าวที่เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้วได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง มีปริมาณข้าวหัก (Broken rice) น้อยซึ่งข้าวหักหมายถึง เมล็ดข้าวที่มีความยาวมากกว่าข้าวหักเล็กแต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ดและให้รวมถึงเมล็ดข้าวแตกเป็นซีกที่มีเนื้อที่เหลืออยู่ตั้งแต่ร้อยละ 80 ของเมล็ด (กระทรวงพาณิชย์, 2541) ซึ่งคุณภาพการสี เป็นคุณภาพทางกายภาพที่อ้างอิงกับกระบวนการสีข้าว (Rice milling) ถือเป็นกรรมวิธีแยกข้าวสารออกจากเปลือก โดยเริ่มแยกส่วนของข้าวกล้อง (Brown rice) ออกจากเปลือกหุ้มหรือแกลบ (Hull) และขัดสีเยื่อหุ้มส่วนผิวข้าวกล้อง จนได้เป็นข้าวสาร (Milled rice) (จิรวัดน์, 2539) กระบวนการสีประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน (กัญญา, 2545) ได้แก่

1. การทำความสะอาด (Cleaning) เพื่อกำจัดระแเง่ ใบข้าว เมล็ดลีบ เมล็ดวัชพืชและสิ่งเจือปนอื่น ออกจากข้าวเปลือก
2. การกะเทาะ (Shelling หรือ Hulling) เป็นการทำให้เปลือกหุ้มข้าวหลุดออกจากเมล็ด สิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ แกลบและข้าวกล้อง
3. การขัดขาว (Whitening) เพื่อให้รำหลุดจากเมล็ดข้าวกล้อง ซึ่งสิ่งที่ได้จากขั้นตอนนี้คือ รำและข้าวสาร
4. การคัดแยก (Grading) เพื่อแยกข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าวและข้าวหัก ขนาดต่าง ๆ ออกจากกัน

### 2.5.2 ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพการสี

ความสูญเสียข้าวในกระบวนการสีข้าวที่มีผลต่อราคาข้าวสาร คือ การแตกหักของข้าวสาร ข้าวสารที่มีปริมาณการแตกหักมาก จะขายได้ในราคาต่ำกว่าข้าวสารที่มีปริมาณการแตกหักน้อยกว่า สาเหตุของการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีข้าว น่าจะเกิดจากการแตกหักภายในของเมล็ดข้าว การแตกหักภายในของเมล็ดข้าวที่มีอยู่แล้วอาจเกิดจากกรรมวิธีใดๆ ก่อนกระบวนการสีข้าว ซึ่งคุณภาพการสีของข้าวแปรปรวนมากหรือน้อยขึ้นกับลักษณะของพันธุ์ สภาพแวดล้อมและการดูแลรักษาทั้งก่อนและหลังการเก็บเกี่ยว ดังนี้

1. พันธุ์ (Rice variety) คุณภาพการสีของข้าวอาจแปรปรวนได้ตามลักษณะต่างๆ ของพันธุ์ข้าวเช่น พันธุ์ที่มีขนาดเมล็ดยาวมาก มีท้องไข่มาก จะทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวต่ำ หรือพันธุ์ข้าวที่มีเปลือกสีอ่อน เปลือกบาง เมื่อนำไปสีจะทำให้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง
2. การปฏิบัติดูแลก่อนเก็บเกี่ยว การระบายน้ำออกจากแปลงนา ก่อนเก็บเกี่ยว 7-10 วัน เพื่อให้เมล็ดข้าวสุกอย่างสม่ำเสมอ พื้นนาไม่แฉะขณะเก็บเกี่ยวทำให้การเก็บเกี่ยวและการตากสะดวกได้ข้าวแห้งสม่ำเสมอ เมื่อนำไปสีจะได้ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง
3. ระยะเวลาและวิธีการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม การเก็บเกี่ยวข้าวเร็วหรือช้าเกินไปจะทำให้ข้าวมีปริมาณและคุณภาพการสีต่ำ กล่าวคือ ข้าวที่เก็บเกี่ยวในขณะที่เมล็ดยังเขียวการสร้างแป้งยังไม่แน่นเต็มเมล็ด เมื่อดอกแห้งแล้วนำไปสี ข้าวเมล็ดเขียว หรือเมล็ดอ่อนเหล่านี้จะหักปนไปรวมอยู่กับส่วนรำ แกลบและข้าวหัก ทำให้ได้เนื้อข้าวสารและข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว น้อย เช่นเดียวกันหลังจากเมล็ดแก่และแห้งแล้ว หากปล่อยทิ้งไว้ในนา เมล็ดจะถูกแดดในตอนกลางวันและได้รับสภาพชื้นจากน้ำค้างในตอนกลางคืนสลับกันเป็นเวลานาน ๆ ทำให้เกิดรอยร้าวขึ้นในเมล็ดเมื่อนำไปสีข้าวจะหักมาก ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว น้อย การเก็บเกี่ยวข้าวควรกระทำหลังจากข้าวออกดอกแล้วประมาณ 28-35 วัน ขณะที่เมล็ดมีความชื้นประมาณ 22-26 เปอร์เซ็นต์ ลักษณะรวงข้าวจะโน้มลง เมล็ดในรวงมีสีฟางหรือเหลือง โคนรวงอาจมีเมล็ดเขียวบ้างเล็กน้อย ระยะเวลาดังกล่าวนี้เมล็ดจะสุกแก่พอเหมาะ การเก็บเกี่ยวในระยะนี้ได้น้ำหนักเมล็ดสูง ข้าวปริมาณมากและมีคุณภาพการสีดี
4. การตากข้าวเปลือก เป็นการลดความชื้นในเมล็ดให้อยู่ในระดับที่เหมาะสม ซึ่งเมื่อนำไปสีจะทำให้ข้าวมีคุณภาพการสีสูงและเก็บรักษาไว้ได้นานเต็มคุณภาพข้าว การตากข้าวควรทำได้ทั้งก่อนและหลังการนวด แต่ควรคำนึงถึงคุณภาพของข้าวที่ตาก คือ ต้องทำให้ข้าวแห้งอย่างสม่ำเสมอ ความชื้นในเมล็ด 12 - 14 เปอร์เซ็นต์ สะอาด ไม่มีสิ่งเจือปน แต่ไม่ควรตากนานเกินไป

5. การนวดข้าว เป็นการทำให้เมล็ดข้าวหลุดจากรวงในแต่ละท้องถิ่นมีวิธีการปฏิบัติแตกต่างกันเช่น นวดโดยการฟาด ใช้สัตว์ย่ำ นวดโดยใช้รถไถและนวดด้วยเครื่องจักรเป็นต้น การนวดนี้อาจทำให้เกิดรอยร้าวในเมล็ดข้าวซึ่งมีผลต่อคุณภาพการสี ข้าวหักมากขึ้น

6. การเก็บรักษา เป็นขั้นตอนการปฏิบัติหลังจากเก็บเกี่ยว นวดและตาก เกษตรกรจะเก็บรักษาข้าวไว้เพื่อรอให้ราคาดีจึงจะขาย หรือเก็บไว้บริโภค การเสื่อมคุณภาพในระยะนี้สาเหตุส่วนใหญ่เกิดจากการทำลายของเชื้อรา การเกิดข้าวเมล็ดเหลืองหรือเมล็ดเสีย ซึ่งจะมีผลต่อคุณภาพการสีทำให้ได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวน้อยลง

7. กระบวนการขัดสี ขั้นตอนสำคัญในการสีข้าวที่มีผลต่อคุณภาพการสี คือ การกะเทาะเปลือกหรือการขัดขาวใน 2 ขั้นตอนนี้ ักัญญา (2545) สรุปว่าข้าวจะหักมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับ

1. การตั้งระยะห่างระหว่างลูกยางหรือหินกากเพชรในเครื่องกะเทาะและระหว่างหินกากเพชรกับแท่นยางหรือแท่งเหล็กในเครื่องขัดข้าว ถ้าตั้งชิดเกินไปจะทำให้ข้าวหักมากขึ้น
2. อัตราการหมุนของลูกยางหรือหินกากเพชร ถ้าหมุนเร็วมากข้าวจะหักมาก
3. อัตราการไหลของข้าวสู่เครื่องกะเทาะหรือเครื่องขัด ถ้าสูงข้าวจะหักมาก
4. ระยะเวลาในการขัดสี ถ้าขัดนานข้าวจะหักมาก

### 2.5.3 กระบวนการสีข้าว

กระบวนการสีข้าวเป็นเทคนิคในการขัดเนื้อเยื่อที่เป็นชั้นรำของข้าวกลิ้งออกไป ประกอบด้วยเยื่อหุ้มผล (pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seedcoat) เยื่ออาลูโรน (aleurone layer) ส่วนที่เป็นแป้ง (starchy endosperm) และคัพพะ (embryo) ซึ่งมีอยู่ประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์ของข้าวเปลือก ขบวนการขัดเอาเนื้อเยื่อชั้นนอกที่ติดกับเมล็ดข้าวออกไปนั้นมียู่ 2 ขบวนการคือ ขบวนการขัดสี (abrasive process) และขบวนการเสียดสี (friction process) ขบวนการขัดสีอาศัยความคมของหินทำการขัดถู ตัดเฉือนเอาส่วนที่เป็นเนื้อเยื่อชั้นนอกออก ส่วนขบวนการเสียดสีจะอาศัยการเสียดสีกันเองของเมล็ดข้าวที่เกิดจากการอัดตัวกันภายในเครื่องขัดขาวทำให้เนื้อเยื่อชั้นนอกถูกลอกออกดังรูปที่ 2.3 (พรทิพย์, 2533)



ขบวนการเสียดสี



ขบวนการขัดสี

รูปที่ 2.3 ขบวนการขัดขาว (พรทิพย์, 2533)

กระบวนการสีข้าวนับว่าเป็นขั้นตอนที่สำคัญในปัจจุบันเพราะเห็นการผลิตข้าวสารให้ได้คุณภาพที่จะต้องเป็นไปตามความต้องการของผู้บริโภคทั้งในและต่างประเทศ ซึ่งกระบวนการได้รับการพัฒนามาตามลำดับของการเติบโตของประชากรโลก และมีการนำเอาเครื่องจักรกลเข้ามาใช้อย่างมากในกระบวนการสี กระบวนการสีข้าว (ในที่นี้จะหมายถึงการนำข้าวเปลือกที่ได้หลังจากการนวดแยกออกจากต้นและรวงข้าวแล้ว ซึ่งอาจจะหมายรวมถึงข้าวเปลือกที่นำออกมาจากยุ้งเพื่อจะทำการสี) ประกอบด้วยขั้นตอนพื้นฐาน 4 ขั้นตอน ตามลำดับดังนี้

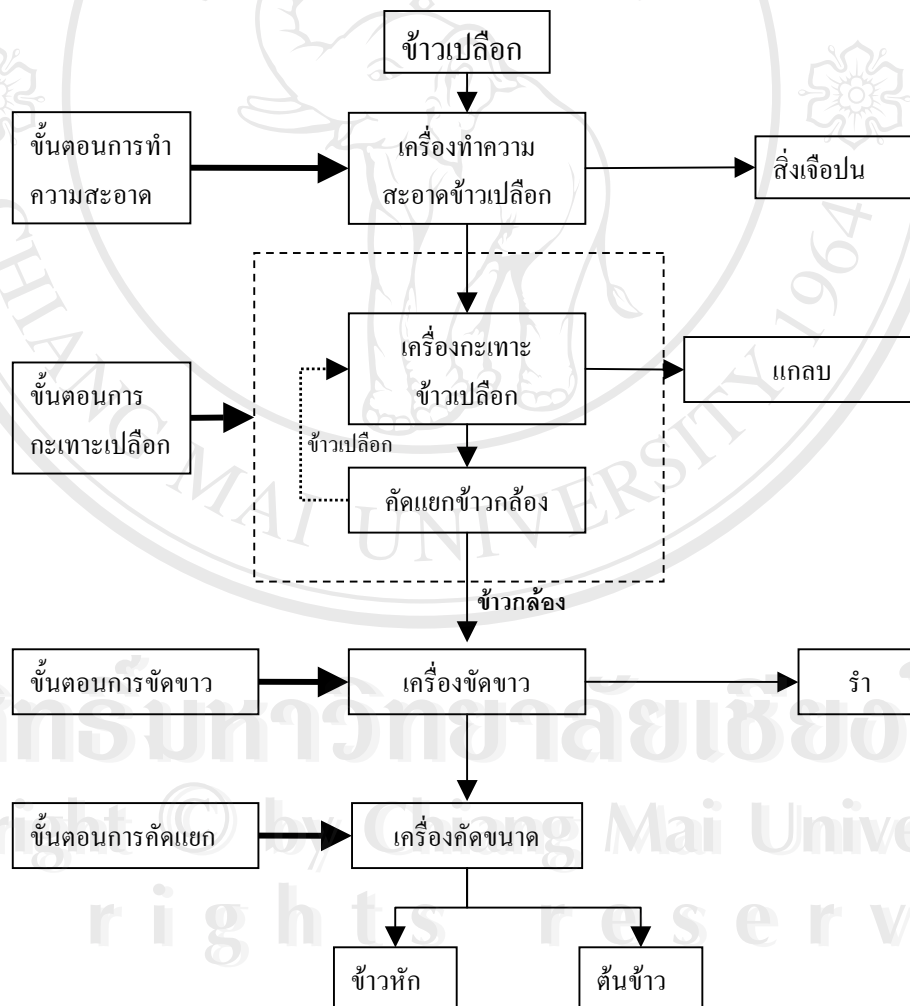
1. การทำความสะอาด เป็นการนำเอาข้าวเปลือก ซึ่งก่อนจะส่งเข้าไปเอาเปลือกออกนั้นจะต้องทำความสะอาด เพื่อกำจัดระแเง หรือสิ่งปลอมปนอื่นๆ อันได้แก่ ใบข้าว เมล็ดลีบ กระจวด หิน ดิน ทราย เมล็ดวัชพืช สิ่งมีชีวิตหรือซากสิ่งมีชีวิตคือแมลงต่างๆ เป็นต้น ทำให้ได้ข้าวเปลือกที่สะอาดมีขนาดสมบูรณ์ถูกต้องเพื่อเตรียมการลำเลียงส่งให้กระบวนการกระทาะต่อไป การทำความสะอาด อาจจะใช้วิธีการต่าง ๆ เช่น ใช้ตระแกรงร่อน โดยต้องมีขนาดตระแกรงที่เหมาะสม ใช้ลมประกอบกันช่วยพัดพาสิ่งปนเปื้อนหลุดไปกับลม ซึ่งขนาดของแรงลมต้องเหมาะสม หากแรงลมมากเกินไปจะมีการสูญเสียเมล็ดดีไปกับลม

2. การกระทาะ เป็นขั้นตอนที่จะมีแรงเกิดขึ้นมากระทำต่อเมล็ดข้าวเปลือกเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นแรงเฉือน (Shear) หรือแรงกระทะ (Impact) จนทำให้เปลือกข้าวหลุดออกจากเมล็ดข้าว จะต้องมีการออกแบบที่ดีว่าการให้แรงเฉือนหรือแรงกระทะต่อเมล็ดข้าวกล้องมีค่าเพียงพอที่จะทำให้เปลือกหลุดพอดี ไม่มากเกินไปจนแรงเหล่านี้ทำความเสียหายต่อเมล็ดข้าวกล้องที่ได้จนแตกหักเสียหาย หลังจากผ่านกระบวนการกระทาะออกมาจะได้ แกลบ ข้าวกล้องเต็มเมล็ด และข้าวกล้องที่แตกหักปนออกมา จะมากหรือน้อยนั้นจะขึ้นอยู่กับคุณภาพของกลไกการกระทาะ และชนิดของข้าว รวมทั้งคุณภาพของข้าวที่นำมาสี ทั้งนี้ที่ออกมาจากกระบวนการกระทาะก็จะต้องเลือกขนาดตระแกรง และขนาดแรงลมที่เหมาะสมเพื่อให้ได้ข้าวกล้องที่สะอาด และต้องลดการสูญเสียไปกับลมด้วยหากใช้แรงลมมากเกินไป ตรงกันข้ามหากใช้แรงลมต่ำไปก็จะได้ข้าวกล้องเมล็ดเต็มที่มีแกลบและเมล็ดหักปน ซึ่งจะส่งผลเสียต่อช่วงขัดขาวต่อไป

3. การขัดขาว เป็นกระบวนการที่ตามมาภายหลังจากการกระทาะและทำความสะอาดแล้ว กระบวนการการขัดขาวจะเป็นการกระทำที่ใช้แรงเฉือนเป็นส่วนมาก มีแรงเกิดขึ้นกระทำต่อเมล็ดมากอีกครั้งในช่วงนี้ การแตกหักมีขึ้นได้อีก ปริมาณการแตกหักจะมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการ เช่น ใช้วิธีการขัดขาวไม่เหมาะสม ความเร็วมากเกินไป ช่องว่างของบริเวณที่ขัดไม่เหมาะสม ปริมาณเมล็ดข้าวป้อนเข้าช่องขัดหนาแน่นเกินไป ชนิดข้าวก็มีผลเช่น ข้าวเมล็ดยาวหรือเมล็ดสั้น เป็นต้น คุณภาพข้าว เช่นมีความชื้นน้อย ข้าวแห้งมาก เมล็ดข้าวมีท้องไข่มาก เป็นต้น วัตถุประสงค์หลักของกระบวนการขัดขาว เพื่อเอาส่วนที่เป็นสีเคลือบเมล็ดข้าวออกไป

ทำให้ได้เมล็ดข้าวที่มีสีขาวสะอาด ซึ่งส่วนที่ถูกขัดออกไปนั้นมีคุณค่าทางอาหารสูง สิ่งที่ขัดออกไปเรียกว่า รำ (Bran) ดังนั้นผลผลิตที่ได้ออกมาจากกระบวนการขัดขาว ได้แก่ รำ และข้าวสารนั่นเอง อาจจะมีบางส่วนของข้าวสารที่ไม่อาจทนแรงในการขัด เกิดการแตกหักเป็นข้าวหักออกมา จึงต้องมีการแยก ข้าวหักและข้าวเต็มเมล็ด

4. การคัดแยก กล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการจำเป็นที่อาจจะแยกจากกระบวนการต่างๆ ที่กล่าวมาแล้ว หรืออาจจะรวมอยู่ในตอนท้ายของกระบวนการเมื่อได้ข้าวขาวแล้วก็ได้ อย่างไรก็ตาม กระบวนการคัดแยกจะต้องทำหน้าที่ได้อย่างสมบูรณ์ ได้แก่ แยกข้าวขาวเต็มเมล็ดออกมา แยกข้าวหัก แยกแกลบ และรำ เพราะผลผลิตที่แยกออกมาล้วนแต่มีคุณค่า และยังมีราคาถือว่าเป็นสินค้าอยู่



รูปที่ 2.4 กระบวนการสีข้าว

#### 2.5.4 ผลผลิตจากกระบวนการสี

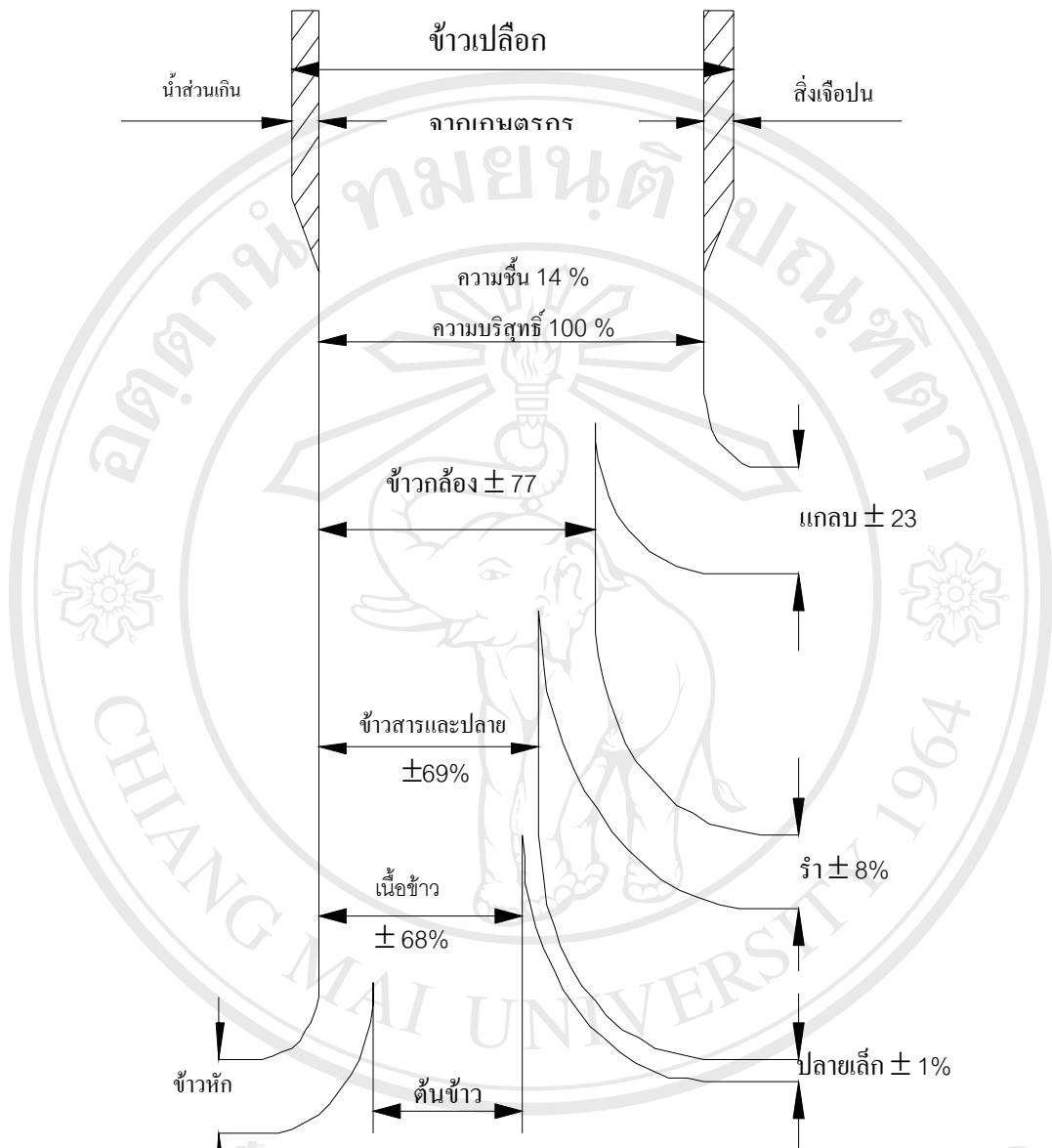
- แกลบ เป็นส่วนผสมของ เปลือกเมล็ด หาง ข้าวเมล็ด กลีบเลี้ยง รวมแล้วประมาณ 20-24 % ของน้ำหนักข้าวเปลือก แกลบมีองค์ประกอบส่วนใหญ่เป็น คาร์โบไฮเดรตที่เป็นพวกเซลลูโลสและกึ่งเซลลูโลสอยู่ถึง 68.2 % โดยมีแป้ง (Starch) ปนอยู่น้อยมาก ทั้งนี้เพราะเป็นโครงสร้างโดยธรรมชาติของเมล็ดอยู่แล้วที่ได้แยกแป้งไปอยู่ส่วนอื่นของเมล็ด จะมีมาปนกับแกลบในกระบวนการปฏิบัติการสีข้าวก็เพราะการปนมาของข้าวหักหรือข้าวป่นเท่านั้น

- รำ เป็นส่วนที่ได้ออกมา เป็นส่วนของเยื่อหุ้มผล (Pericarp) เยื่อหุ้มเมล็ด (Areurone layer) คัพพะ (Embro) และผิวส่วนนอกๆ ของเอนโดสเปิร์มของเนื้อข้าวสารที่หลุดออกมา รำที่ได้ออกมามีประมาณ 8-10 % ของข้าวเปลือก รำนับเป็นส่วนที่มีคุณค่าทางอาหารสูงที่สุดที่ได้จากกระบวนการสีข้าว

- ข้าวสาร เป็นผลผลิตหลักของกระบวนการสี ซึ่งเป็นส่วนที่มนุษย์นำมาบริโภคเป็นอาหารหลัก กล่าวได้ว่าข้าวสารมีอยู่เป็นประมาณ 68-70 % ของข้าวเปลือก ข้าวสารนี้คือส่วนของเอนโดสเปิร์ม ซึ่งประกอบด้วยแป้งมากกว่า 90 % และมีโปรตีนเพียงเล็กน้อย

เมื่อผ่านกระบวนการสีข้าวจะได้ส่วนประกอบคือ แกลบประมาณ 23 เปอร์เซ็นต์ ข้าวกล้องประมาณ 77 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำข้าวกล้องไปขัดขาวจะได้รำประมาณ 8 เปอร์เซ็นต์ และได้ข้าวสารรวมปลายเล็กประมาณ 69 เปอร์เซ็นต์ แต่หลังจากผ่านตะแกรงร่อนปลายเล็กออกแล้วจะได้รับเนื้อข้าวสารทั้งสิ้นจำนวนประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ เนื้อข้าวสารที่ได้จะถูกนำไปแยกออกเป็นต้นข้าวและปลายข้าวขนาดต่างๆ ดังรูปที่ 2.4 แต่ถ้าข้าวมีการแตกร้าวก่อนกระบวนการสี จะทำให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวที่ได้รับมีปริมาณลดลง





ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Copyright © by Chiang Mai University

รูปที่ 2.5 ผลของการสีข้าวที่มีคุณภาพดี (Harry and van Ruiten, 1981)

All rights reserved

หากจะพิจารณาความสูญเสียที่เกิดขึ้นเฉพาะหลังการเก็บเกี่ยวแล้วพบว่า การสูญเสียที่เกิดขึ้นจะเกิดมากที่สุดในช่วงกระบวนการสีข้าว และตามด้วยการขนส่ง การเก็บรักษา และการลดความชื้น (De Padua and Dant, 1974) ขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้เกิดสูญเสียเนื่องจากการแตกหักของเมล็ดข้าวคือ การแปรสภาพข้าวหรือการสีข้าว ได้แก่ 4 ขั้นตอนหลักคือ ขั้นตอนการทำความสะอาดข้าวเปลือก การกะเทาะเปลือก การขัดขาว และการคัดขนาดเมล็ดข้าว (ผดุงศักดิ์, 2535) ซึ่งสาเหตุของการแตกหักของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีข้าวที่มีอยู่ในปัจจุบัน มิใช่แต่เพียงชนิดของข้าวแต่ยังหมายรวมถึงคุณภาพข้าวเปลือกที่ได้ก่อนการทำการสี รวมไปถึงเทคโนโลยีที่ใช้ร่วมในระหว่าง การสี เช่นการใช้เครื่องกะเทาะ เครื่องขัดขาว เครื่องแยกเมล็ด จากการศึกษาของประสันต์ (2542) การแตกหักของข้าวในโรงสีขนาดใหญ่ในเขตจังหวัดขอนแก่น พบว่าการแตกหักของเมล็ดข้าวหอมมะลิเท่ากับ 28.96 เปอร์เซ็นต์ แบ่งเป็นการแตกหักที่ขั้นตอนการกะเทาะเปลือก 3.62 เปอร์เซ็นต์ และ 25.34 เปอร์เซ็นต์ ที่ขั้นตอนการขัดขาว เห็นได้ว่าขั้นตอนการขัดขาวเป็นขั้นตอนที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าวมากที่สุด ซึ่งมีสาเหตุมาจากคุณภาพข้าวก่อนการขัดขาวและกระบวนการขัดขาว

การขัดขาว คือ การขัดเอาชั้นรำออกจากข้าวกล้อง ซึ่งเครื่องขัดขาวมี 3 แบบ คือ แบบลูกหินขัดขาวกรวยแกนตั้ง แบบลูกหินขัดขาวแกนนอนและแบบลูกเหล็กขัดขาวแกนนอน (Araullo, *et al.* 1976) เครื่องขัดขาวแบบลูกหินขัดขาวกรวยแกนตั้งเป็นแบบที่ใช้กันทั่วไป เครื่องขัดขาวแบบหินแกนนอนได้พัฒนาขึ้นภายหลัง เหมาะสำหรับข้าวเมล็ดสั้น และเครื่องขัดขาวแบบลูกเหล็กแกนนอนเป็นแบบที่ทำงานระหว่างการขัดขาวและการขัดเงา (ผดุงศักดิ์, 2535) เครื่องขัดขาวทำงานโดยหลักการ การขัดถู การตัดเฉือน การเจียรระไนและการบดอัดซึ่งมีแรงมากกระทำกับเมล็ดข้าวโดยตรง (Toshihiko, 1990) เพื่อขัดเอาชั้นรำออกจากเมล็ดข้าวกล้องและให้ได้ความขาวตามมาตรฐานข้าวขาว

จากการศึกษาของเขาวเรศ (2540) พบว่าความชื้นของข้าวเปลือกและอุณหภูมิหรือความร้อนระหว่างการสีเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดการแตกหักของเมล็ดข้าว ในระหว่างการสีที่ระดับความชื้นของข้าวเปลือกที่ให้คุณภาพหลังการสีของข้าวดีที่สุดคือ 12 - 14 % wet basis โดยให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ข้าวหักต่ำที่สุด และเมื่อความชื้นสูงหรือต่ำกว่า 12 - 14 % wet basis จะให้คุณภาพการสีของข้าวต่ำลง และพบว่าระดับอุณหภูมิขณะสีที่ 34 องศาเซลเซียส (เป็นระดับอุณหภูมิต่ำสุดในการทดลอง) ให้คุณภาพการสีสูงสุด คือมีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวสูงสุด และเปอร์เซ็นต์ข้าวหักต่ำที่สุดและเมื่อระดับอุณหภูมิขณะสีสูงขึ้นจะมีผลทำให้คุณภาพการสีของข้าวลดต่ำลงอันเนื่องมาจากการแตกหักของเมล็ดข้าวระหว่างการสี ซึ่งสอดคล้องกับ Zhang

and Brusewitz (1994) ที่รายงานว่าอุณหภูมิระหว่างการสีเป็นปัจจัยหนึ่งที่ทำให้คุณภาพหลังการสีแปรปรวนและทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดเสียหาย

Mohapatra and Bal (2004) กล่าวว่า ประเทศในเขตร้อน เช่น อินเดีย ซึ่งเป็นประเทศที่มีอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่เหมาะสม ในการทำการเพาะปลูกข้าว แต่มีปัญหาผลผลิตที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ข้าวหักสูงมากในกระบวนการสี ในระหว่างการสีส่วนของรำถูกขัดออกในขณะที่เดียวกันนั้นก็ทำให้เมล็ดข้าวมีอุณหภูมิสูงขึ้น ก็จากอุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ทำให้เมล็ดข้าวมีอุณหภูมิหลังการสีสูงกว่า 45 องศาเซลเซียส และความเสียหายจะเกิดขึ้นมากที่สุด ในช่วงฤดูร้อน คือมีอุณหภูมิประมาณ 40-50 องศาเซลเซียส ซึ่งอุณหภูมิในระหว่างการสีเป็นสาเหตุทำให้ผลผลิตที่ได้มีเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลง มีผลต่อคุณภาพของข้าวด้วย ซึ่งในกระบวนการสีเมล็ดข้าว จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเกิดขึ้นภายในเครื่องสี ส่งผลทำให้เมล็ดข้าวที่ผ่านการสีจะมีอุณหภูมิสูงขึ้น นอกจากนี้ อุณหภูมิที่เพิ่มขึ้นยังมีผลกับคุณสมบัติของเมล็ด ซึ่งมีองค์ประกอบของ แป้ง โปรตีน และไขมัน ทำให้เมล็ดเกิดการแตกหัก และอุณหภูมิสาเหตุสำคัญของการแตกหักอีกด้วย (Juliano, 1985; Ernest and Porankiewicz, 1999)

และจากการศึกษาของ Mohapatra and Bal (2004) พบว่าเปอร์เซ็นต์ต้นข้าวมีความสัมพันธ์เชิงลบกับอุณหภูมิของเมล็ดข้าวหลังการสี คือเมื่อเมล็ดข้าวหลังการสีมีอุณหภูมิ 35 องศาเซลเซียส ทำให้ข้าวแตกหักร้อยละ 1.5-2 เมื่ออุณหภูมิเมล็ดข้าวมีความแตกต่างกับอุณหภูมิของอากาศมากกว่า 5 องศาเซลเซียส ส่งผลให้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวลดลงจากร้อยละ 81 เหลือเพียงร้อยละ 73 ดังนั้นการลดอุณหภูมิในกระบวนการขัดขาว ซึ่งสามารถทำได้โดย การลดอุณหภูมิเมล็ดข้าว หรือการรักษาอุณหภูมิเครื่องสีให้ต่ำจะช่วยให้คุณภาพการสีดีขึ้น และในระหว่างการสีควรมีการตรวจสอบความเครียดของเมล็ดข้าวที่เกิดจากความร้อน ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญของการแตกหัก

## 2.6 การร้าวของเมล็ดข้าว

Hall (1980) อ้างโดย เขาวเรศ (2544) กล่าวว่า การร้าวของเมล็ดข้าวมีสาเหตุ 3 ประการดังนี้

1. ความแตกต่างระหว่างความชื้นระหว่างเมล็ดข้าวกับสภาพแวดล้อม
2. ความแตกต่างระหว่างความชื้นที่ผิวเมล็ดกับความชื้นภายในเมล็ด
3. ความแตกต่างระหว่างความชื้นที่ผิวเมล็ดกับภายในเมล็ดและที่ผิวเมล็ดกับสภาพแวดล้อม

จิรวัดน์ (2544) กล่าวว่า การแตกหักของเมล็ดข้าวเกิดขึ้น 2 ลักษณะ คือ 1. การแตกหักจากระบบการสีและระดับการสีของกระบวนการสีโดยตรง เนื่องจากโครงสร้างของเมล็ด เช่น ขนาดรูปร่าง หรือความทนต่อการแตกหักของเมล็ดที่ถูกขัดสี 2. การแตกหักจากเมล็ดที่มีรอยร้าวอยู่ภายในข้าวเปลือก ซึ่งมักจะเป็นเพราะความเครียดจากการเปลี่ยนแปลงความชื้นในเมล็ด เมื่อนำไปสีจะทำให้แตกหักออกจากกัน สาเหตุสำคัญของการแตกหักที่มีอยู่ก่อนการสี คือการเกิดรอยร้าวเนื่องจากความเครียดจากความแตกต่างของความชื้นภายในเมล็ดและลักษณะพันธุกรรม (Kunze and Calderwood, 1985) และ Henderson (1954) พบว่า การดูดและคายความชื้นจะชักนำให้เกิดการร้าวในเมล็ด กล่าวคือ เมื่อผิวส่วนนอกเมล็ดดูดน้ำหรือได้รับอุณหภูมิสูงจนทำให้ผิวนั้นร้าวออก ซึ่งสอดคล้องกับ Srinivas *et al.* (1994) รายงานว่า ความชื้นและอุณหภูมิจะก่อให้เกิดแรงเครียดและการแตกร้าวของส่วนเอ็นโดสเปิร์ม (Endosperm) ในเมล็ดข้าว