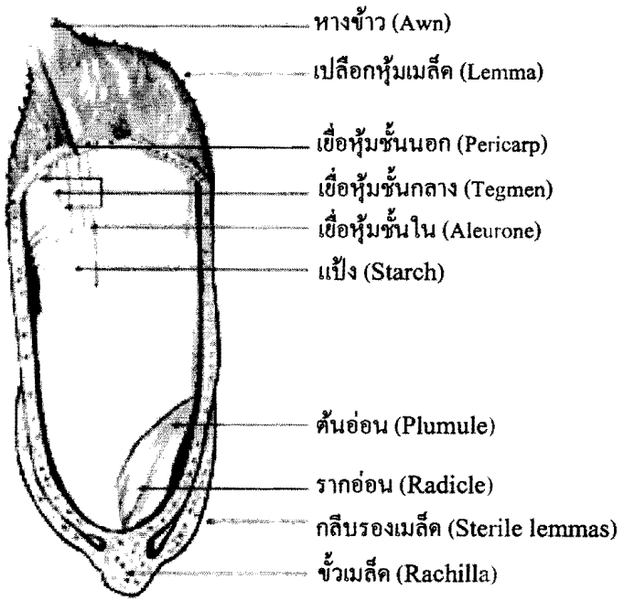
บทที่ 2
ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 ข้าว

ข้าว (rice) เป็นพืชน้ำล้มลุกเขตร้อน ชอบขึ้นในที่ดินเหนียวมีน้ำท่วมขัง มีบางพันธุ์ที่สามารถขึ้นได้ในที่ดอน เรียกว่า "ข้าวไร่" ข้าวมีลำต้นกลวงและแตกเป็นข้อเจริญเติบโตแบบแตกกอ ใบยาวเรียวสากคายเหมือนใบตะไคร้ หรือใบหญ้าคา ดอกออกเป็นช่อดอกรวมที่ปลายยอด เรียกว่า "รวงข้าว" ผลหรือเมล็ดเมื่อยังอ่อนจะมีสีเขียวหลังจากแก่แล้วจะมีสีเหลืองทอง โครงสร้างของเมล็ดประกอบด้วย 2 ส่วนหลักคือ ส่วนที่ห่อหุ้มเรียกว่า แกลบ (hull หรือ husk) และส่วนที่รับประทานได้เรียกว่า ข้าวกล้อง (caryopsis หรือ brown rice) โครงสร้างแสดงดังภาพที่ 2.1



ภาพที่ 2.1 โครงสร้างเมล็ดข้าว

2.1.1 แกลบ

แกลบ คือ ส่วนเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดข้าว ประกอบด้วย เปลือกหุ้มเมล็ด (lemma) กลีบรองเมล็ด (sterile lemmas) หางข้าว (awn) และขั้วเมล็ด (rachilla) ได้จากกระบวนการกะเทาะเปลือกข้าวเปลือกให้เป็นข้าวกล้อง มีองค์ประกอบทางเคมีส่วนใหญ่คือ เส้นใยหยาบ และแร่ธาตุหลัก คือ ซิลิกา ซึ่งมีราคาและมูลค่าสูง เพราะเป็นสารที่มีประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายแขนงเช่น ใช้เป็นสารช่วยเพิ่มแรงตึงผิว และการกระจายตัวของยาชนิดที่เป็นของเหลว ใช้เป็นสารช่วยเร่งปฏิกิริยาเคมีในอุตสาหกรรมน้ำมันและปิโตรเคมี ใช้เป็นฉนวนกันความร้อน ใช้เป็นสารดูดจับความชื้น ซึ่งจะช่วยในการเก็บรักษาอาหารแห้ง หรืออาหารกรอบให้คงทน ใช้ดูดซับสารเคมีอันตราย ใช้กรองน้ำดื่มกรองอากาศที่มีสารพิษ หรือฝุ่นละอองขนาดเล็ก เป็นต้น

2.1.2 ข้าวกล้อง

ข้าวกล้องหรือเมล็ดข้าวที่เอาเปลือกออกแล้ว มีสีน้ำตาลอ่อน เมื่อผ่าตามยาวจะพบส่วนต่างๆ ดังนี้

2.1.2.1 เยื่อหุ้มชั้นนอก (pericarp หรือ fruit coat) ประกอบด้วยเนื้อเยื่อ 3 ชั้น คือ Epicarp, Mesocarp และ Endocarp เยื่อหุ้มชั้นนอกมีลักษณะเป็นเส้นใย (fibrous) ผนังเซลประกอบด้วยโปรตีน (protein) เซลลูโลส (cellulose) และ เฮมิเซลลูโลส (hemicelluloses)

2.1.2.2 เยื่อหุ้มชั้นกลาง (tegmen หรือ seed coat) ที่อยู่ถัดไปจากเยื่อหุ้มชั้นนอก ประกอบด้วย เนื้อเยื่อสองชั้นเรียงกันเป็นแถว เป็นที่อยู่ของสารประเภทไขมัน (fatty material)

2.1.2.3 เยื่อหุ้มชั้นในหรือเยื่ออาลูโรน (aleurone) เป็นส่วนที่ห่อหุ้มข้าวสารหรือแป้ง (starchy endosperm) และ คัพภะหรือจมูกข้าว (embryo) เยื่ออาลูโรนเป็นส่วนที่มีโปรตีนสูง

2.1.2.4 ส่วนที่เป็นแป้ง (starch endosperm) หรือส่วนที่เป็นข้าวสาร อยู่ชั้นในสุดของเมล็ดประกอบด้วยแป้งเป็นส่วนใหญ่และมีโปรตีนอยู่บ้าง

2.1.2.5 คัพภะ (embryo) ซึ่งเป็นส่วนที่จะเจริญเป็นต้นข้าว ประกอบด้วย ต้นอ่อน (plumule) รากอ่อน (radicle) เป็นส่วนที่มีส่วนที่มีโปรตีนและไขมันสูง

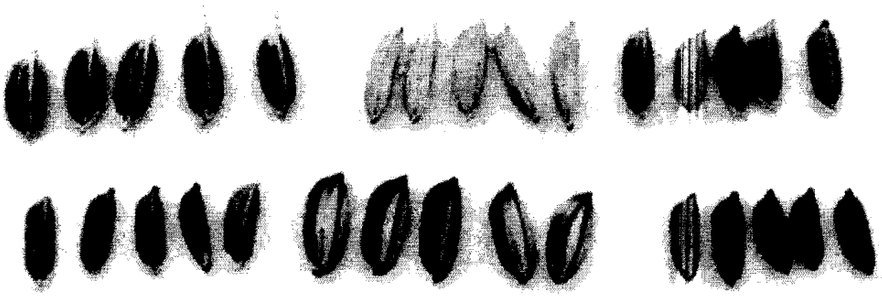
2.2 คุณภาพข้าว

ข้าวถูกนำไปหุงต้มทั้งเมล็ดเพื่อบริโภค ความนิยมในการบริโภคข้าวขาวเป็นปัจจัยสำคัญในการตัดสินคุณภาพข้าว นอกจากนี้ในการค้าข้าวมักพิจารณาจากคุณลักษณะทางกายภาพเป็นหลัก เนื่องจากเป็นสิ่งที่ปรากฏเด่นชัดคุณภาพข้าวสามารถแบ่งประเภทได้ดังนี้ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2555)

2.2.1 คุณภาพทางกายภาพ

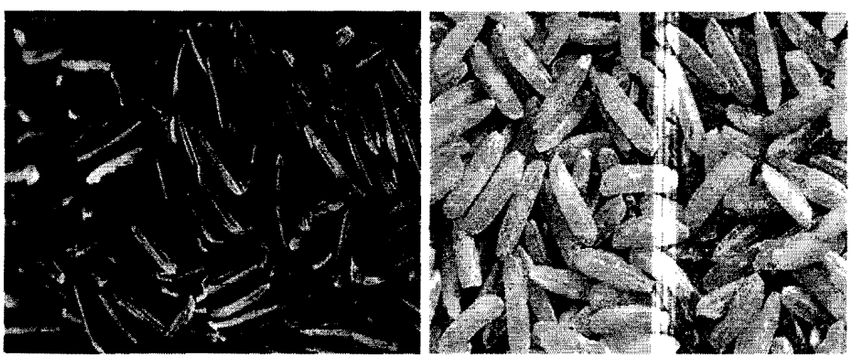
คุณภาพทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติภายนอกของเมล็ดที่สามารถตรวจสอบด้วยสายตาได้ การซื้อขายข้าวใช้คุณสมบัติเมล็ดข้าวในการจำแนกเกรดข้าว เนื่องจากมีความชัดเจนและตรวจสอบได้รวดเร็วซึ่งจำแนกได้ดังนี้

2.2.1.1 สีข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์ ซึ่งมีสีขาวหรือฟาง มีส่วนในการตั้งชื่อพันธุ์ข้าวในอดีต สีข้าวเปลือกจะพบมีสีขาว ฟาง ม่วง และดำ แสดงดังภาพที่ 2.2



ภาพที่ 2.2 ความแตกต่างสีข้าวเปลือก

2.2.1.2 สีข้าวกล้อง เมื่อกะเทาะเปลือกข้าวออกเป็นข้าวกล้อง สีของข้าวกล้องส่วนใหญ่มีสีขาว บางพันธุ์มีสีแดงน้ำตาลหรือสีม่วงจนเกือบดำดังภาพที่ 2.3 ซึ่งถือว่าเป็นสีที่มีคุณภาพเฉพาะ และนิยมบริโภคเพื่อคุณภาพทางด้านโภชนาการหรือเป็นขนมหวาน เช่น ข้าวแดง ข้าวเหนียวดำ ข้าวกล้องบางชนิดจะมีราคาสูง แต่ถ้าปนข้าวขาวคุณภาพและราคาจะด้อยลง



ภาพที่ 2.3 สีของข้าวกล้อง

2.2.1.3 ขนาดของเมล็ด วัดจากความยาว กว้าง และความหนาของเมล็ด แต่ในการพิจารณาคุณภาพเมล็ดโดยทั่วไป จะหมายถึงความยาวของเมล็ด มาตรฐานข้าวไทยกำหนดชั้นของเมล็ดเป็น 4 ขนาด เช่นเดียวกับมาตรฐานกำหนดชั้นของเมล็ดของสหรัฐอเมริกา แต่มีขนาดแตกต่างกัน ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา แสดงดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 ชั้นของเมล็ดข้าวตามมาตรฐานข้าวไทยและสหรัฐอเมริกา

ชั้นของเมล็ด	มาตรฐานข้าวไทย (มม.)	มาตรฐานข้าวสหรัฐอเมริกา (มม.)
เมล็ดยาวชั้น 1(extra-long)	> 7.0	> 7.50
เมล็ดยาวชั้น 2 (long)	6.6-7.0	6.61-7.50
เมล็ดยาวชั้น 3 (medium)	6.2-6.6	5.51-6.60
เมล็ดสั้น (short)	< 6.2	< 5.50

2.2.1.4 รูปร่างเมล็ด การประเมินรูปร่างเมล็ดจะประเมินจากอัตราส่วนความยาวต่อความกว้างของเมล็ด มีรายละเอียดแสดงดังตารางที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 รูปร่างเมล็ดข้าว

รูปร่างเมล็ด	ความยาว/ความกว้าง
เรียว (slender)	> 3.0
ปานกลาง (medium)	2.0-3.0
ป้อม (bold)	< 2.0

2.2.1.5 ข้าวท้องไข่ (chalky grain) ลักษณะข้าวท้องไข่จะเป็นจุดขุ่นขาวทึบแสงในเมล็ดข้าว ซึ่งเกิดจากการจับตัวกันอย่างหลวมๆ ของผลึกแป้ง (starch granule) กลุ่มแป้ง (starch compound) และโปรตีน (protein body) ทำให้เกิดช่องอากาศเล็กๆ ภายในเมล็ด จึงเห็นเป็นลักษณะขุ่นขาว ซึ่งไม่นิยมในวงการค้าข้าว

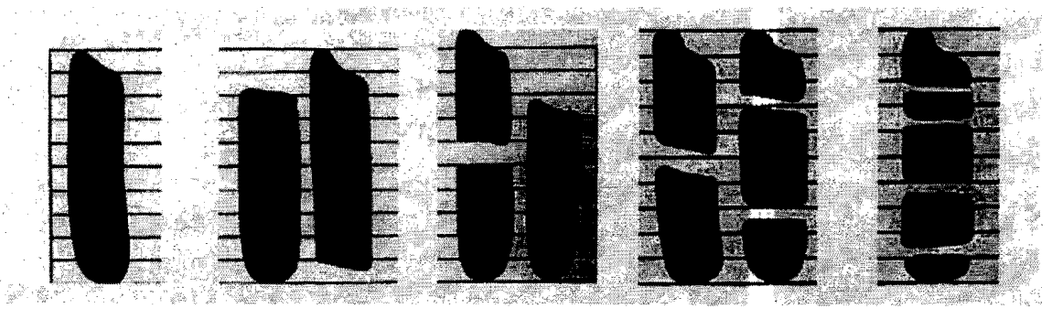
2.2.2 คุณภาพการสีข้าว

คุณภาพการสีข้าวจะประเมินจากปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ข้าวที่มีคุณภาพการสีดี เมื่อผ่านกระบวนการขัดสีแล้ว จะได้เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง และมีปริมาณข้าวหักน้อย ดังนั้นการประเมินคุณภาพการสีข้าว จึงเกี่ยวข้องกับสิ่งที่ได้จากการสีข้าว ได้แก่

2.2.2.1 แกลบ เป็นส่วนผสมของเปลือกเมล็ด กลีบเลี้ยง ฟาง และขั้วเมล็ดมีน้ำหนักเท่ากับ 20-24 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเปลือก

2.2.2.2 รำ เป็นส่วนผสมของเยื่อหุ้มเมล็ด คัพภะ และผิวนอกของข้าวสารมีน้ำหนัก 8-10 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักข้าวเปลือก

2.2.2.3 ข้าวสาร มีน้ำหนักประมาณ 68-70 % ของน้ำหนักข้าวเปลือก ข้าวสารที่ได้จากการขัดขาวจะถูกนำไปคัดแยก เป็นข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าวและข้าวหัก ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวที่ได้ขึ้นอยู่กับคุณภาพข้าวเปลือกก่อนสี หากข้าวเปลือกมีคุณภาพดี จะได้ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง ลักษณะเมล็ดข้าวสารที่ผ่านการสีแสดงดังภาพที่ 2.4



ข้าวเต็มเมล็ด	ต้นข้าว	ข้าวหักใหญ่	ข้าวหัก	ปลายข้าว
แบ่งเป็น 10 ส่วน	8–9.9 ส่วน	5–7.0 ส่วน	2.5–4.9 ส่วน	< 2.5 ส่วน

ภาพที่ 2.4 ลักษณะเมล็ดข้าวสารที่ผ่านการสี

คุณภาพการสีข้าวที่ดีจะมีข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวสูง โดยต้องมีข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมากกว่า 50 % ปัจจัยที่มีผลต่อการแตกร้าวของเมล็ดข้าวในกระบวนการสีคือ การเก็บเกี่ยวและการนวดอย่างไม่เหมาะสม การลดความชื้นเมล็ดด้วยอัตราเร็วที่ไม่เหมาะสม และข้าวที่แห้งแล้วได้รับความชื้นซ้ำ (rewetting) ซึ่งเมล็ดข้าวที่มีความชื้นลดลงจะเกิดการหดตัว แต่เมื่อได้รับความชื้นอีกครั้งจะเกิดการขยายตัว พฤติกรรมเช่นนี้ทำให้เกิดการแตกร้าวได้

2.2.3 คุณภาพในการซื้อขาย

สิ่งที่กำหนดราคาข้าวในการซื้อขายนั้น มีดังนี้

2.2.3.1 ความชื้น ความชื้นมีบทบาทสำคัญในการกำหนดราคาข้าว ข้าวที่เก็บเกี่ยวในระยะที่เหมาะสมและลดความชื้นอย่างเหมาะสม (13-15 %w.d.) จะมีราคาสูง เนื่องจากไม่ต้องเสียค่าใช้จ่ายในการลดความชื้น และสูญเสียน้ำหนักข้าวเปลือกหลังการลดความชื้น

2.2.3.2 ลักษณะทางกายภาพของข้าวเปลือก หลังการกะเทาะและขัดสีข้าวสาร ได้แก่ การประเมินสีข้าวกล้อง ท้องไข่ ความใสขุ่นของเมล็ดข้าวและสิ่งเจือปนอื่นๆ เช่น ข้าวแดง ข้าวเหลือง ข้าวเสีย หรือข้าวชนิดอื่นปน เป็นต้น ซึ่งลักษณะเหล่านี้จะเป็นตัวกำหนดราคาข้าว

2.2.3.3 คุณภาพการสี จะเพื่อประเมินผลของการแปรสภาพจากข้าวเปลือกเป็นข้าวสาร ปริมาณข้าวรวม ข้าวเต็มเมล็ด ต้นข้าว ข้าวหักขนาดต่างๆ และปลายข้าว ซึ่งผลได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อ จะเป็นค่าที่โรงสีใช้ประเมินผลที่ได้จากการแปรสภาพในโรงสีจริง โดยทั่วไปโรงสีจะตั้งเกณฑ์ขั้นต่ำของผลที่ได้จากการขัดสีของข้าวที่รับซื้อ

2.2.3.4 ประเภทของข้าว ข้าวคุณภาพดีเป็นความต้องการของตลาดและเป็นที่นิยมของผู้บริโภคมักมีราคาสูง

2.2.4 มาตรฐานสินค้าข้าวหอมมะลิไทย

ข้าวหอมมะลิไทย (Thai Hom Mali Rice หรือ Thai Jasmine Rice หรือ Thai Fragrant Rice) เป็นข้าวกล้องหรือข้าวขาวที่แปรรูป มาจากข้าวเปลือกเจ้าพันธุ์ข้าวหอมที่ไวต่อช่วงแสง ซึ่งผลิตในประเทศไทยในฤดูนาปี และกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ประกาศรับรองแล้ว เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 พันธุ์ กข 15 พันธุ์ กข 23 และชัยนาท 1 เป็นต้น กระทรวงพาณิชย์ได้ประกาศ กำหนดให้ข้าวหอมมะลิไทยเป็นสินค้ามาตรฐาน โดยทั่วไปจะต้องมีลักษณะเป็นข้าวเมล็ดยาว มีความขาว ท้องไข่น้อยโดยธรรมชาติ ไม่มีแมลงที่ยังมีชีวิตอยู่ ขนาดเมล็ดมีความยาวเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ด ที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 7.00 มิลลิเมตร อัตราส่วนความยาวเฉลี่ยต่อความกว้างเฉลี่ยของข้าวเต็มเมล็ดที่ไม่มีส่วนใดหักต้องไม่ต่ำกว่า 3.2 : 1 คุณสมบัติทางเคมีต้องมีปริมาณอมิโลส ไม่ต่ำกว่าร้อยละ 13 และไม่เกินร้อยละ 18 ที่ระดับความชื้นร้อยละ 14 มีค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง ระดับ 6-7 ตามมาตรฐานข้าวหอมมะลิไทย ได้แบ่งประเภทข้าวหอมมะลิ ออกเป็น 2 ประเภท คือ ข้าวขาว และข้าวกล้อง มีรายละเอียด ดังนี้

2.2.4.1 ประเภท ข้าวขาว ได้แบ่งมาตรฐานข้าวออกเป็น 8 ชนิด ได้แก่

1) ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 1
2) ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 2
3) ข้าวขาว 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 3

4) ข้าวขาว 5 เปอร์เซ็นต์

5) ข้าวขาว 10 เปอร์เซ็นต์

6) ข้าวขาว 15 เปอร์เซ็นต์

7) ข้าวขาวหักเอวันเลิศพิเศษ

8) ข้าวขาวหักเอวันเลิศ

2.2.4.2 ประเภท ข้าวกล้อง ได้แบ่งมาตรฐานข้าวออกเป็น 6 ชนิด ได้แก่

1) ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 1

2) ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 2

3) ข้าวกล้อง 100 เปอร์เซ็นต์ ชั้น 3

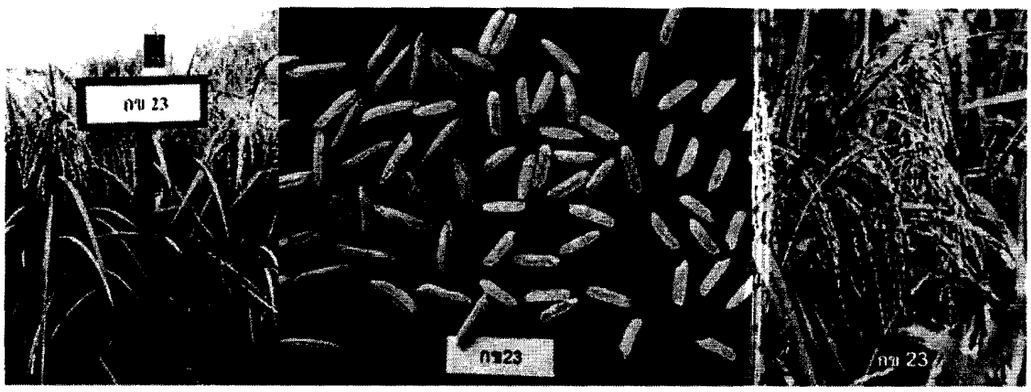
4) ข้าวกล้อง 5 เปอร์เซ็นต์

5) ข้าวกล้อง 10 เปอร์เซ็นต์

6) ข้าวกล้อง 15 เปอร์เซ็นต์

2.2.5 คุณลักษณะของข้าวเปลือกพันธุ์ กข 23

ข้าวเปลือกหอมมะลิ พันธุ์ กข 23 (RD 23) ตามประวัติ เป็นข้าวเจ้าที่ได้จากการผสมพันธุ์ข้าวสามทาง ระหว่างข้าวพันธุ์ กข 7 และไออาร์ 32 กับข้าวพันธุ์ กข 1 ที่สถานีทดลองข้าวสุพรรณบุรี เมื่อปี พ.ศ. 2521 ปลูกคัดเลือกและเปรียบเทียบผลผลิตจนได้สายพันธุ์ SPRLR76002-168-1-1 ซึ่งคณะกรรมการวิจัยและพัฒนา กรมวิชาการเกษตร ให้การรับรองใช้ขยายพันธุ์เป็นพันธุ์และให้ชื่อว่า กข 23 ดังภาพที่ 2.5



ภาพที่ 2.5 ลักษณะของพันธุ์ข้าว กข 23

คุณลักษณะเด่นประจำพันธุ์ เป็นข้าวเจ้าต้นเตี้ย สูงประมาณ 115-120 เซนติเมตร มีความไม่ไวต่อช่วงแสง สามารถปลูกได้ทั้งนาปีและนาปรัง ลักษณะของลำต้นและใบมีสีเขียวอ่อนใบธงตั้งและค่อนข้างยาวแตกกอดีมีรวงข้าวอยู่ใต้ใบข้าวเปลือกมีสีฟาง ระยะในการพักตัวของเมล็ดประมาณ 5 สัปดาห์ มีท้องไข่น้อยมาก ซึ่งอายุการเก็บเกี่ยวประมาณ 125 วัน โดยมีค่าอมิโลส ปริมาณ 25-30 % คุณภาพเมื่อข้าวหุงสุกจะร่วนนุ่มปานกลาง และรสชาติดี มีเมล็ดยาวเรียว ซึ่งเมล็ดข้าวกล้องมีขนาด 2.2 x 7.3 x 1.8 มิลลิเมตร (กว้าง x ยาว x หนา) ให้ผลผลิตสูงโดยประมาณ 800 กิโลกรัมต่อไร่ ทั้งในสภาพที่มี และไม่มีโรคใบหงิกระบาด ข้าวเจ้าประเภทนี้ มีความต้านทานต่อเพลี้ยกระโดดสีน้ำตาล โรคใบหงิก โรคขอบใบแห้ง แต่ไม่ต้านทานโรคใบสีส้มและโรคไหม้ เหมาะสำหรับการเพาะปลูกในพื้นที่ที่มีชลประทานหรือควบคุมระดับน้ำได้ทุกภาค และหากระยะเวลาการเก็บเกี่ยวต่างกันจะมีเปอร์เซ็นต์ความชื้นข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว ตามตารางที่ 2.3

ตารางที่ 2.3 ความชื้นเมล็ดขณะเก็บเกี่ยวผลผลิตข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวอายุการเก็บรักษาเป็นเมล็ดพันธุ์ของข้าว กข 23 ที่เก็บเกี่ยวระยะเวลาต่างกัน 5 ระยะ (กรมวิชาการเกษตรและสำนักงานเศรษฐกิจอุตสาหกรรม, 2547)

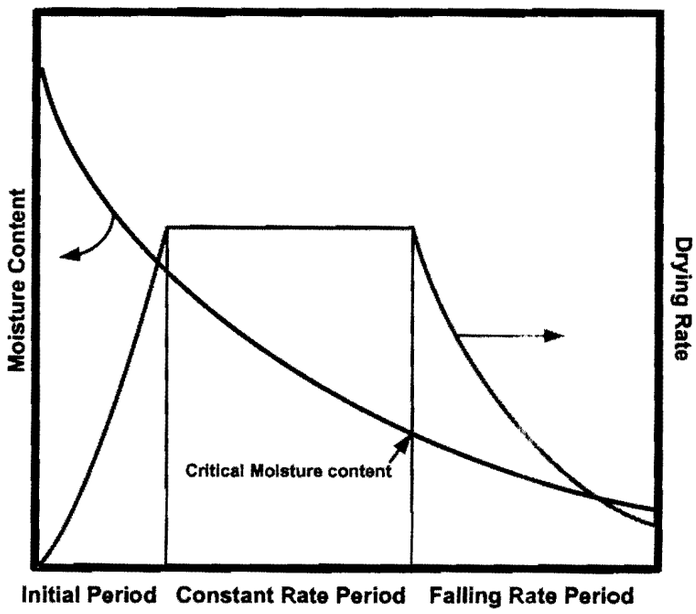
อายุเก็บเกี่ยวนับจากวันออกดอก (วัน)	ความชื้นขณะเก็บเกี่ยว (% w.b.)	ผลผลิต/ไร่ (กก.)	ข้าวเต็มเมล็ดและและต้นข้าว (%)	อายุการเก็บรักษาเป็นเมล็ดพันธุ์ (เดือน)
21	27.66	698.40	36.80	9
28	21.88	693.80	37.32	9
35	17.24	629.70	27.34	7
42	16.65	611.60	24.04	7
49	16.57	645.20	19.58	5

2.3 การอบลดความชื้นข้าวเปลือก

การอบลดความชื้นคือ การถ่ายเทความให้กับวัตถุดิบ ที่ต้องการอบแห้งเพื่อให้ความชื้นที่อยู่ในเนื้อวัตถุดิบ ระเหยออกสู่บรรยากาศภายนอก โดยอาศัยหลักการนำความร้อนและพาความร้อน ซึ่งความร้อนที่ให้จะถ่ายเทไปยังผิวของวัตถุดิบโดยการพาความร้อน จากนั้นโมเลกุลเล็กๆที่อยู่ภายในเนื้อวัตถุดิบจะรับความร้อนและถ่ายเทให้กับโมเลกุลที่อยู่ติดกัน จะมีการนำความร้อนจนทั่วทั้งเนื้อวัตถุดิบจะมีอุณหภูมิเท่ากัน จากนั้นอุณหภูมิของวัตถุดิบจะเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ จนถึงอุณหภูมิที่ค่า

ค่าหนึ่ง น้ำที่อยู่ในเนื้อวัตถุดิบจะเปลี่ยนสถานะกลายเป็นไอ ขณะเดียวกันความดันไอที่ผิวนอกของวัตถุดิบก็ต่ำกว่าความดันไอด้านใน จึงเกิดความดันไอแตกต่างระหว่างผิวนอกและด้านใน เป็นผลให้ไอน้ำเคลื่อนที่ผ่านช่องว่างระหว่างโมเลกุลเล็กๆ หรือรูพรุนออกสู่อากาศภายนอก

ในกระบวนการอบแห้ง จะแบ่งออกเป็น 3 ช่วง คือ ช่วงการปรับสภาวะเบื้องต้น (Initial Adjustment) ช่วงอัตราการแห้งคงที่ (Constant Rate Period) และช่วงอัตราการอบแห้งลดลง (Falling Rate Period) แสดงดังภาพที่ 2.6 ช่วงเริ่มต้น วัตถุดิบจะมีน้ำเป็นองค์ประกอบจำนานมาก ซึ่งบริเวณผิวที่เปียกชื้นสัมผัสกับอากาศร้อน ความชื้นที่อยู่เนื้อวัตถุดิบจะค่อยๆ ปรับสภาพให้มีอุณหภูมิเท่ากับอากาศร้อน ในขณะเดียวกันอัตราการอบแห้งก็จะค่อยๆ เพิ่มขึ้น จนถึงช่วงอัตราการแห้งคงที่ช่วงนั้น น้ำภายในเนื้อวัตถุดิบ จะระเหยออกมาอย่างต่อเนื่อง ความเร็วของการอบแห้งจะคงที่ จนถึงจุดจุดหนึ่งที่อัตราเร็วของการอบแห้งเริ่มลดลง ซึ่งหมายความว่า ความชื้นลดลงต่ำกว่าความชื้นวิกฤต (Critical Moisture Content) น้ำจากภายในวัตถุดิบ จะเคลื่อนมายังผิวและระเหยออกสู่อากาศ ไอน้ำจะระเหยออกเรื่อยๆ กระทั่งที่ผิวมีไอน้ำมาหล่อเลี้ยงไม่สม่ำเสมอ เป็นผลให้อัตราการอบแห้งลดลง เมื่อเวลาผ่านไปความชื้นจะลดลง จนความชื้นของอากาศภายนอกเท่ากับความชื้นของวัตถุดิบน้ำจะไม่สามารถระเหยออกมาได้อีก



ภาพที่ 2.6 ช่วงการอบแห้ง

กระบวนการลดความชื้นเป็นกระบวนการที่สำคัญ ในการรักษาคุณภาพเมล็ดพืชหลังการเก็บเกี่ยว มีหลายวิธีขึ้นอยู่กับความต้องการและความเหมาะสมของผู้ใช้งาน การลดความชื้นข้าวเปลือกมีวิธีต่างๆ ดังนี้

2.3.1 การลดความชื้นโดยใช้ความร้อนจากธรรมชาติ

การใช้ความร้อนจากธรรมชาติ เช่น แสงอาทิตย์ ลม เป็นแหล่งความร้อน ในการลดความชื้นเมล็ดพืช เป็นวิธีการที่ประหยัด ไม่ยุ่งยาก แต่ต้องใช้แรงงานและพื้นที่จำนวนมากในการตากแห้ง และไม่สามารถควบคุมตัวแปรที่มีผลต่อคุณภาพของเมล็ดพืชพันธุ์ได้ หากการตากแห้งเมล็ดพืชในพื้นที่การเกษตร จะทำให้เกิดการสูญเสียน้ำหนักและคุณภาพ โดยการสูญเสียน้ำหนักเกิดจากการร่วงหล่นขณะตาก และขนย้าย ส่วนการสูญเสียด้านคุณภาพเกิดการเปลี่ยนแปลงความชื้นภายในเมล็ดสลับกัน ซึ่งตอนกลางวันเมล็ดพืช ได้รับอุณหภูมิสูงจากแสงแดด ทำให้ความชื้นของเมล็ดลดลง ขณะที่ช่วงกลางคืนอุณหภูมิลดต่ำลง ความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงขึ้นเมล็ดพืชจึงดูดความชื้นกลับเข้าไปอีกครั้ง การเปลี่ยนแปลงความชื้นดังกล่าวทำให้เกิดการร้าวในเมล็ด นอกจากนี้ยังได้รับผลกระทบจากสภาพแวดล้อม เช่น มีเปียกน้ำค้างในเวลากลางคืนหรือเปียกฝนในระหว่างการตาก การลดความชื้นโดยใช้ความร้อนจากธรรมชาติ แสดงดังภาพที่ 2.7

ภาพที่ 2.7 การลดความชื้นโดยใช้ความร้อนจากธรรมชาติ

การตากเมล็ดพืชบนลานตากแห้ง ปัจจุบันการเกี่ยวข้าวเกษตรนิยมใช้รถเกี่ยวนวดแทนการใช้แรงงานคน เกิดภาระงานค่าใช้จ่ายส่วนที่ต้องลดความชื้นเมล็ดพืชก่อนนำไปแปรสภาพหรือจำหน่าย ซึ่งเกษตรกรนิยมตากเมล็ดพืชบนลานตากแห้ง มีข้อควรปฏิบัติดังนี้

2.3.1.1 การตากควรมีวัสดุที่สะอาด และแห้งรองรับ เช่น ผ้าใบ หรือเสื่อที่สานด้วยไม้ไผ่ ไม่ควรตากกับพื้นซีเมนต์ หรือถนนโดยตรง เพราะเมล็ดอาจได้รับความร้อน จากพื้นที่ตากสูงเกินไป ทำให้เกิดการแตกร้าวภายในเมล็ดได้ ถ้าตากในลานนวดก็ควรจะมีวัสดุรองรับ

มิฉะนั้นจะมีปัญหา เรื่องสิ่งสกปรกเจือปนสูง และความชื้นจากลานดิน ก็จะมารวมอยู่ที่ผิวดินหรือเมล็ดที่อยู่ล่างสุด ทำให้เมล็ดที่ติดกับผิวดินมีความชื้น ควรใช้วัสดุสะอาดและแห้งรองรับเมล็ดพืช

2.3.1.2 ความหนาของข้าวเปลือกที่ตากไม่ควรตากหนาเกินไป ควรหนาประมาณ 5 เซนติเมตร เพราะการตากหนาเกินไปจะทำให้การระบายอากาศในกองไม่ดี ข้าวแห้งช้าการตากบางเกินไป อาจทำให้อุณหภูมิของข้าวที่ตากสูงเกินไปถ้าถึง 55-70°C จะมีผลต่อคุณภาพการสีเพราะเกิดการแตกร้าวขึ้นภายในเมล็ด และมีโอกาสเกิดเมล็ดเหลืองขึ้นได้ ระหว่างการตาก ควรหมั่นกลับกองข้าวทุกๆ 2 ชั่วโมง หรือวันละ 4 ครั้ง หรือเกลี่ยข้าวเปลือกบ่อยๆครั้ง จะช่วยให้ลดความชื้นได้อย่างรวดเร็วสม่ำเสมอและข้าวมีคุณภาพดี

2.3.1.3 เวลากลางคืนต้องมีวัสดุปกคลุมกองข้าวเปลือกเพื่อป้องกันน้ำค้างหรือฝน

2.3.1.4 ระยะเวลาการตากไม่ควรจะตากนานเกินไป จะใช้ระยะเวลาตากเท่าไรขึ้นอยู่กับความชื้นเริ่มต้น ความหนาบางของข้าวขณะตาก และความบ่อยครั้งในการกลับ ตลอดจนระดับความชื้นที่ต้องการ แต่โดยทั่วๆไปถ้ามีความชื้นลดเหลือประมาณ 12-14 % ก็หยุดตากสำหรับข้าวที่จะเก็บไว้เป็นเมล็ดพันธุ์ เมล็ดพันธุ์ที่จะเก็บรักษาได้นาน และยังคงมีความงอกสูงนั้น ก่อนเก็บรักษาความชื้นของเมล็ดจะต้องต่ำ และขณะเก็บรักษาก็จะต้องพยายามรักษาให้ระดับความชื้นของเมล็ดต่ำอยู่เสมอ ดังนั้นเมล็ดพันธุ์ข้าวที่จะเก็บไว้ทำพันธุ์ ควรจะตากแดดเพื่อลดความชื้นให้ต่ำเหลือประมาณ 9–10 % แล้วค่อยนำไปเก็บรักษาไว้ ซึ่งจะใช้เวลาในการตากนานเท่าไรขึ้นอยู่กับสภาวะแดดความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ และความชื้นเริ่มต้นของข้าวที่ตาก แต่โดยปกติจะตากประมาณ 3-4 แดดก็สามารถลดความชื้นของข้าวลงเหลือ 9-10 % ได้ถ้ามีแดดจัดๆ

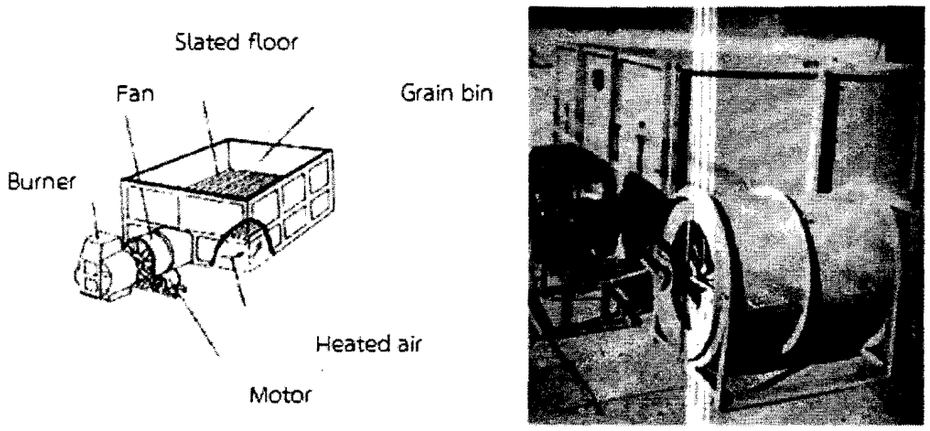
2.3.2 วิธีการลดความชื้นโดยใช้เครื่องอบลดความชื้น

วิธีการลดความชื้นเมล็ดพืชโดยใช้เครื่องอบลดความชื้น สามารถปฏิบัติได้ทุกสภาวะอากาศไม่ว่าฝนจะตกหรือมีแสงแดดน้อย ไม่ต้องเปลืองลานตาก สามารถควบคุมการลดความชื้นให้อยู่ในระดับที่ต้องการได้อย่างถูกต้อง ใช้ระยะเวลาลดความชื้นไม่มากและยังสามารถควบคุมป้องกันความเสียหายต่อคุณภาพข้าวและน้ำหนักได้ดีกว่าแบบธรรมชาติ แต่จะมีค่าใช้จ่ายค่อนข้างสูงและมีข้อปฏิบัติยุ่งยาก เครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีใช้อยู่ภายในประเทศ (สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว, 2555) มีดังนี้

2.3.2.1 เครื่องอบแห้งแบบกระบะ

เครื่องอบแห้งแบบกระบะ หลักการอบจะทำการอบแห้งแบบเป็นงวดงวด (Batch) มีอุณหภูมิอากาศอบแห้ง ประมาณ 49-71°C โดยจะใช้อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 6-11 $m^3/min/m^3$ of paddy ชั้นข้าวเปลือกหนา ประมาณ 1 m เครื่องอบแห้งชนิดนี้ มีข้อดี คือ การจัดการง่าย ไม่ยุ่งยาก แต่ข้อเสีย คือ เกิดการกระจายความร้อนไม่ทั่วถึง ข้าวเปลือกที่อยู่ด้านล่างจะร้อนและแห้ง

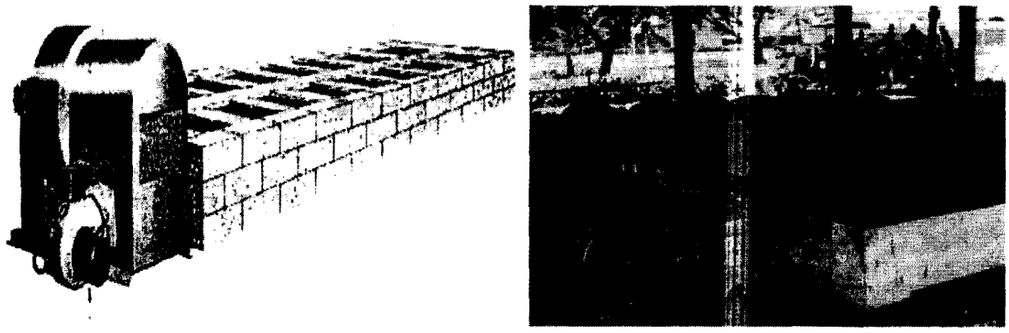
มากกว่าส่วนที่อยู่ด้านบนทำให้ข้าวเปลือกมีความชื้นไม่สม่ำเสมอโดยเฉพาะข้าวเมล็ดยาวแบบข้าวไทย จะมีโอกาสแตกหักได้ง่ายมาก เพราะตลอดเวลาการอบเมล็ดข้าวเปลือก จะไม่มีการพลิกตัวซึ่งมีลักษณะดังภาพที่ 2.8



ภาพที่ 2.8 เครื่องอบแห้งแบบกระบะ

2.3.2.2 เครื่องอบลดความชื้นเมล็ดพืชแบบเมล็ดพืชบรรจุในกระสอบ

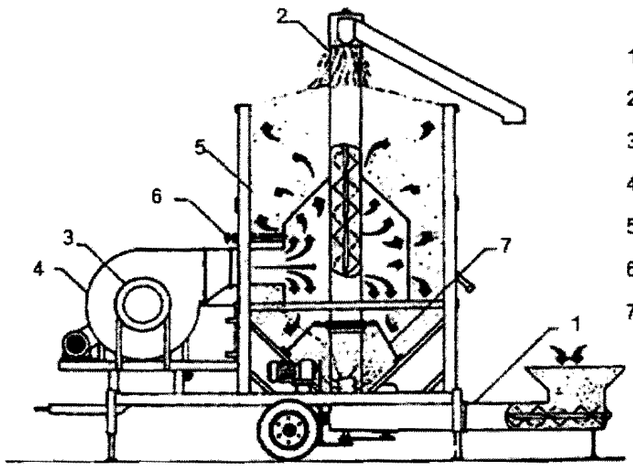
การอบลดความชื้นด้วยเครื่องลดความชื้นแบบเมล็ดพืชบรรจุในกระสอบส่วนมากนิยมใช้กับการอบเมล็ดพันธุ์ ตัวเครื่องประกอบด้วย ห้องลมร้อนซึ่งจะเจาะช่องไว้สำหรับวางกระสอบเมล็ดพืช ลมร้อนจะเป่าผ่านช่องว่างระหว่างเมล็ดพืชที่บรรจุในกระสอบป่าน ส่วนใหญ่อุณหภูมิที่ใช้อบจะไม่เกิน 45°C ใช้อัตราการไหลจำเพาะของอากาศร้อน 4 m^3/min/50 kg of paddy และในระหว่างการอบจะต้องพลิกกลับกระสอบ แสดงในภาพที่ 2.9



ภาพที่ 2.9 เครื่องอบลดความชื้นแบบเมล็ดพืชบรรจุในกระสอบ

2.3.2.3 เครื่องลดความชื้นแบบถังหมุนเวียน

เครื่องลดความชื้นแบบนี้ถังบรรจุเมล็ดพืชจะทำด้วยตะแกรงเป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้ง ส่วนกลางของถังจะมีท่อลมทำด้วยตะแกรง เป็นรูปทรงกระบอกซ้อนอยู่ภายในลมร้อนอุณหภูมิ 60-80°C จะถูกเป่าให้ผ่านเมล็ดพืชหนา 0.5 เมตร ตามแนวรัศมีผ่านรูตะแกรงออกสู่ภายนอก เมล็ดพืชที่อยู่ด้านล่างจะถูกลำเลียงขึ้นไปด้านบนใหม่หลายเที่ยวจนกว่าจะแห้ง เครื่องอบลดความชื้นแบบนี้ จึงต้องใช้ปริมาณลมร้อนจำเพาะสูง และเครื่องอบแบบนี้ได้มีการสร้างจำหน่ายเมื่อประมาณสิบปีมาแล้ว แต่ไม่ได้รับความนิยมเนื่องจากปัญหาเรื่องฝุ่นละอองที่ฟุ้งกระจายรบกวนผู้ปฏิบัติงานและผู้ที่อยู่ใกล้เคียง รวมทั้งการสึกหรอของระบบลำเลียงซึ่งใช้เกลียวลำเลียงในแนวตั้ง แสดงตามภาพที่ 2.10



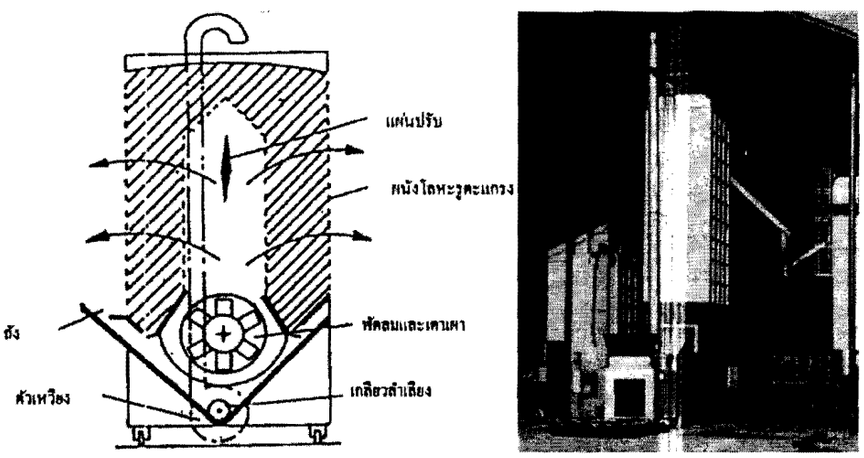
ภาพที่ 2.10 เครื่องอบลดความชื้นแบบถังหมุนเวียน

2.3.2.4 เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์

เครื่องลดความชื้นแบบนี้ มองภายนอกจะเห็นถังบรรจุเมล็ดพืชเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้งส่วนใหญ่ความสูงมากกว่า 3 เมตร การบรรจุเมล็ดพืชจะต่อเข้ากับท่อลมร้อนทางด้านข้างซึ่งมีเตาลมร้อนและพัดลม เป็นส่วนประกอบ ส่วนล่างของถังบรรจุเมล็ดจะมีชุดควบคุมการไหลของเมล็ดพืช เครื่องลดความชื้นแบบนี้แบ่งออกได้ 2 แบบ คือ

1) เครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์แบบไม่ไหลลุกเคล้า โดยภายในถังบรรจุเมล็ดพืช ของเครื่องลดความชื้นแบบนี้ ประกอบด้วย ช่องบรรจุเมล็ดพืชที่ด้านข้างทั้ง 2 ด้านเป็นตะแกรง เพื่อให้ลมผ่านได้อย่างน้อย จะต้องมีช่องบรรจุเมล็ดพืช 2 ช่อง ซึ่งตรงส่วนกลางจะเป็นห้องลมร้อนซึ่งจะพัดผ่านเมล็ดพืชออกแนวข้างทั้ง 2 ช่อง เครื่องลดความชื้นแบบนี้มีข้อเสีย คือเมล็ด

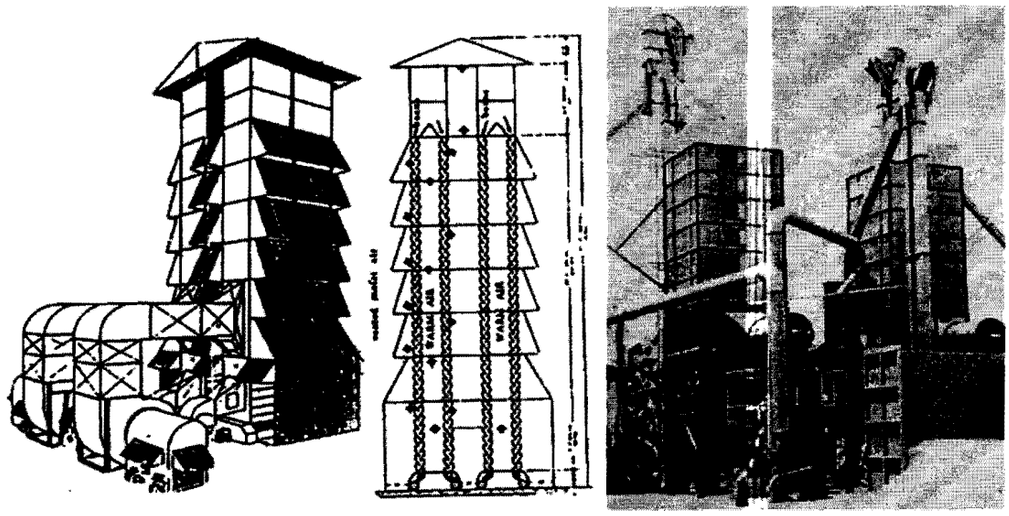
พืชที่อยู่ชิดห้องลมร้อน จะแห้งเร็วกว่าทางด้านลมออก จึงต้องใช้ปริมาณความเร็วลมสูง คือ 112-262 m^3/min/Ton of paddy เพื่อให้ความแตกต่างความชื้นของเมล็ดพืช ส่วนที่ติดห้องลมร้อนกับด้านลมออกมีค่าน้อยอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้ต่ำ คือประมาณ 54°C เครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์แบบไม่ไหลคลุกเคล้าแสดงดังภาพที่ 2.11



ภาพที่ 2.11 เครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์ชนิดเมล็ดพืชไม่ไหลคลุกเคล้า

2) เครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์แบบไหลคลุกเคล้าซึ่งเครื่องลดความชื้นแบบนี้ต่างจากแบบข้างต้นคือ แบบข้างต้นระหว่างห้องลมร้อนกับช่องบรรจุเมล็ดพืชจะเป็นตะแกรง ในส่วนเครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์แบบไหลคลุกเคล้า จะเป็นแผ่นทึบที่ทำเป็นแนวกลับทิศการไหลของเมล็ดพืชสลับไปมา ซึ่งในระหว่างแผ่นทึบนี้จะมีช่องว่างให้ลมไหลผ่านได้เมล็ดพืชที่ไหลจากด้านบน สู่ด้านล่างจะมีโอกาสที่สัมผัสลมร้อนเท่าๆ กัน เนื่องจากเมล็ดพืชไหลกลับไปกลับมา เครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์แบบไหลคลุกเคล้า แสดงดังภาพที่ 2.12

เครื่องลดความชื้นแบบคอลัมน์ทั้ง 2 แบบนี้ จะสามารถใช้งานได้ 2 ลักษณะ คือ แบบแรกใช้อบแบบเป็นครั้งหรืองวด โดยในขั้นแรกจะบรรจุเมล็ดพืชจนเต็มถัง จากนั้นจึงเปิดพัดลมและเตาลมร้อน ในขณะเดียวกันก็หมุนเวียนเมล็ดพืชส่วนที่อยู่ด้านล่างขึ้นไปสู่ด้านบนของถังบรรจุเมล็ดพืชหลายๆครั้ง จนเมล็ดพืชแห้งได้ความชื้นตามที่ต้องการ จึงถ่ายเทเมล็ดพืชออกจากถังเก็บ การใช้งานในลักษณะที่สองคือ แบบไหลต่อเนื่องเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูง จะผ่านเข้าสู่ถังอบจากด้านบนลงล่างเพียงเที่ยวเดียว ความชื้นจะลดลงในระดับหนึ่ง จากนั้นนำไปเก็บในถังพัก ทิ้งไว้ระยะหนึ่งเพื่อปรับสภาพความชื้นภายในเมล็ดพืชเอง อย่างน้อย 4 ชั่วโมง โดยทั่วไประหว่าง 4-24 ชั่วโมง จากนั้น จึงนำกลับมาผ่านเครื่องอบใหม่ทำในลักษณะนี้จนกว่าเมล็ดพืชจะแห้ง

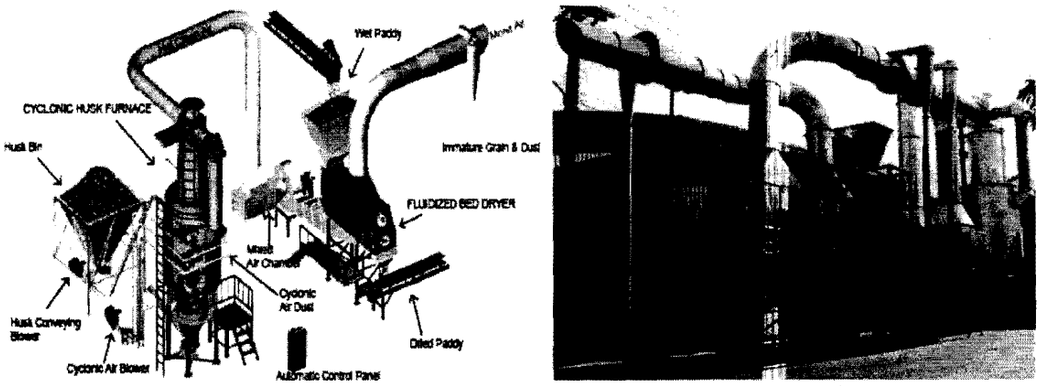


ภาพที่ 2.12 เครื่องอบลดความชื้นแบบคอลัมน์ชนิดเมล็ดพืชไหลลุกเคล้า

2.3.2.5 เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบด

เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบด (Fluidized Bed Dryer) ได้มีการพัฒนาและสร้างออกจำหน่ายในประเทศเมื่อไม่นาน การอบลดความชื้นรูปแบบนี้เมล็ดพืชจะถูกลำเลียงลงในเครื่องอบบนตะแกรง โดยด้านล่างตะแกรงความหนาไม่เกิน 10 เซนติเมตร ความเร็วลม 1.9 m/s ซึ่งทำให้เมล็ดพืชลอยตัวได้ จะมีลมร้อนที่มีความเร็วและปริมาณมากพอ ที่จะทำให้เมล็ดพันธุ์ลอยตัวพร้อมกับการเคลื่อนตัวไปออกที่ด้านหน้า โดยข้าวเปลือกที่ออกจะมีความชื้นลดลงอย่างสม่ำเสมอการอบด้วยเครื่องอบแบบนี้ จะสามารถลดความชื้นได้ 4-8 จุดต่อรอบ การอบแบบนี้เป็นการอบเร่ง โดยการใช้ลมร้อนที่มีอุณหภูมิสูง ประมาณ 60-130°C และใช้ปริมาณลมสูงถึง 900-2500 m^3/min/Ton of paddy ส่วนของห้องอบจะเป็นห้องปิดมีตะแกรงอยู่ด้านล่าง ที่ปลายทั้ง 2 ด้านจะมีอุปกรณ์สำหรับป้อนเมล็ดพืชเข้า และช่วงระยะเวลาที่เมล็ดพืชสัมผัสอากาศลมร้อนจะสั้นประมาณ 3-5 นาที เหมาะสำหรับใช้ลดความชื้นเมล็ดพืชที่มีความชื้นสูงมากกว่า 25-30 เปอร์เซ็นต์ความชื้นหรือมากกว่า เนื่องจากเครื่องลดความชื้นแบบนี้ ใช้ปริมาณลมและความร้อนสูงในการเป่าผ่านเมล็ดพืชระยะเวลาอันสั้น เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการใช้ลมร้อนจึงมีการนำเอาความร้อนที่ผ่านเมล็ดพืชแล้วกลับมาทำให้ร้อนใหม่ประมาณ 80 % ส่วน 20 % เป่าทิ้งไป เมล็ดพืชเมื่อผ่านเครื่องลดความชื้นแบบนี้เพียงเที่ยวเดียว ความชื้นจะลดลง 5-10 % ทำให้มีอัตราการทำงานสูง เหมาะกับตลาดกลางที่มีปริมาณข้าวเปลือกความชื้นสูงเข้ามาในปริมาณมาก เมล็ดพืชที่ผ่านเครื่องลดความชื้นแบบนี้แล้ว จะทำให้ความชื้นลดลงมาสม่ำเสมอกัน แต่เมล็ดพืชที่ออกจากเครื่องอบนี้จะมีอุณหภูมิสูงมาก ดังนั้นจะต้องนำไปผ่านเครื่องปรับสภาพข้าวเพื่อลดความร้อนและคลายความชื้นในเมล็ดพืชลง

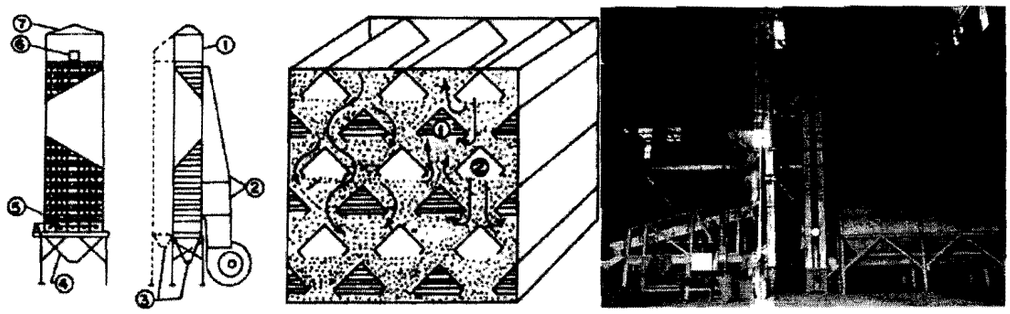
ก่อนที่จะส่งไปสู่ขบวนการอื่นๆ หรือนำไปอบแห้งในยุ้งเก็บที่มีการเป่าอากาศผ่านกองเมล็ดพืชก็ได้ เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบดแสดงดังภาพที่ 2.13



ภาพที่ 2.13 เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบฟลูอิไดซ์เบด

2.3.2.6 เครื่องอบแห้งแบบข้าวเปลือกไหลคลุกเคล้า

เครื่องลดความชื้นแบบไหลคลุกเคล้า(*Louisiana State University*, LSU) ซึ่งทั่วไปเรียกว่า แบบแอลเอสยู เครื่องลดความชื้นแบบนี้ ดูภายนอกมีลักษณะเช่นเดียวกันกับแบบคอลัมน์ คือ ถังบรรจุเมล็ดพืชจะเป็นแบบถังทรงสี่เหลี่ยมแนวตั้ง เมล็ดพืชจะไหลจากด้านบนลงล่าง โดยมีอุปกรณ์ควบคุมการไหลของเมล็ด ภายในถังอบประกอบด้วย ท่อลมเป็นชั้นๆ แต่ละชั้นจะมีท่อลมหลายท่อ ท่อลมแต่ละชั้นจะเป็นท่อลมร้อนเข้า และท่อลมออกสลับกันท่อลมร้อนเข้านี้จะพัดผ่านเมล็ดพืชในถังอบและไหลออกทางท่อลมออกที่อยู่ชั้นด้านบนและด้านล่างท่อลมแต่ละท่อจะมีลักษณะเป็นรางคว่ำ ด้านบนแหลม ด้านล่างเปิดว่างในแนวขนานกับพื้นยาวตลอดถัง ที่ปลายรางด้านหนึ่งจะเจาะช่องต่อเข้ากับห้องรวบรวมลม ส่วนปลายอีกด้านหนึ่งจะปิดท่อลมแต่ละชั้น จะมีช่องที่เจาะเข้ากับห้องรวบรวมลมสลับกัน โดยชั้นหนึ่งจะต่อเข้าทางด้านห้องลมร้อนเข้า และอีกชั้นหนึ่งจะต่อเข้ากับห้องลมออกเครื่องลดความชื้นแบบนี้ จะทำให้เมล็ดพืชไหลกลับไปกลับมา และมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนเข้าและลมชื้นที่เป่าออกสลับกันเท่ากันตลอดทั้งถังบรรจุเมล็ดพืชใช้ปริมาณลมในอัตรา 44-97 m^3/min/Ton of paddy บางครั้งอาจสูงถึง 112–180 m^3/min/Ton of paddy และอุณหภูมิลมร้อนที่ใช้จะได้สูงกว่าแบบคอลัมน์คือ 66°C สำหรับการใช้งานก็เช่นเดียวกันกับแบบคอลัมน์คือใช้อบแบบเป็นครั้งหรืองวดและอบแบบไหลต่อเนื่อง แสดงตามภาพที่ 2.14



ภาพที่ 2.14 เครื่องอบแห้งข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้า

การพิจารณาลดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบลดความชื้นประเภทต่างๆ ต้องคำนึงถึงปัจจัยหลายๆด้าน ทั้งความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกที่ใช้อบ ปริมาณข้าวเปลือกอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการอบลดความชื้น อัตราการไหลของอากาศและเมล็ดข้าวเปลือกใช้อบลดความชื้นตลอดจนพลังงานเชื้อเพลิงรูปแบบต่างๆ สรุปดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกประเภทต่างๆ ที่มีใช้ในประเทศ

ลำดับ	ประเภทเครื่องอบ	ข้อดี	ข้อด้อย
1	แบบกระบะ	ต้นทุนต่ำ ง่ายไม่ยุ่งยาก อุณหภูมิอบแห้งประมาณ 49-71 C	เกิดการกระจายตัวของความร้อนได้ไม่ทั่วถึงกัน ซึ่งจะทำให้เมล็ดข้าวเปลือก มีความชื้นลดลงอย่างไม่สม่ำเสมอเท่ากัน และเมล็ดข้าวเปลือกมีโอกาสแตกหักได้
2	แบบกระสอบ	ต้นทุนต่ำ ง่ายไม่ยุ่งยาก โดยลมร้อนจะเป่าผ่านช่องระหว่างเมล็ดข้าวเปลือกในกระสอบ และอุณหภูมิที่ใช้ในการอบลดความชื้นต่ำไม่เกิน 45 °C	ในระหว่างการอบลดความชื้นต้องทำการพลิกกลับ กระสอบบรรจุข้าวเปลือกเป็นระยะ

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกประเภทต่างๆ ที่มีใช้ในประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ประเภทเครื่องอบ	ข้อดี	ข้อด้อย
3	แบบถังหมุนเวียน	ถังบรรจุทำด้วยตะแกรง เป็นรูปทรงกระบอกแนวตั้ง มีท่อลมทำด้วยตะแกรงรูปทรงกระบอกซ้อนอยู่ภายใน เพื่อให้ลมร้อนเป่าผ่านตามแนวด้านข้าง เมล็ดข้าวเปลือกจะถูกลำเลียงให้ขึ้นลงหมุนเวียนหลายเที่ยวจนกว่าจะแห้ง	จะมีฝุ่นละอองกระจาย รบกวนผู้ปฏิบัติงาน ในระบบลำเลียงข้าวเปลือก มีการสึกหรอง่าย เนื่องจากการใช้เกลียวเป็นตัวลำเลียงในแนวตั้ง และไม่เป็นที่นิยมของผู้ใช้
4	แบบคอลัมน์	เป็นแบบอบครั้งเดียวหรืองวด โดยจะบรรจุข้าวเปลือกจนเต็มถัง จากนั้นจึงเปิดพัดลมและเตาลมร้อน เมล็ดข้าวจะหมุนเวียนส่วนที่อยู่ด้านล่างขึ้นไปสู่ด้านบนของถังหลายๆ ครั้งจนกว่าข้าวเปลือกจะแห้งได้ความชื้นตามที่ต้องการ และใช้อบข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงได้	เมล็ดข้าวเปลือกที่อยู่ชิดห้องลมร้อนจะแห้งเร็วกว่าทางด้านลมออก จึงต้องใช้ปริมาณความเร็วลมสูง เพื่อให้ความแตกต่างความชื้นของเมล็ดข้าวเปลือกลดลง
5	แบบฟลูอิดไดซ์เบด	ข้าวเปลือกที่อบมีการเคลื่อนที่ผสมอากาศร้อนสม่ำเสมอ เกิดการถ่ายเทความร้อนถ่ายเทมวลสูง สามารถลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูง ให้ลดลงประมาณ 8–10 % w.d ในเวลา 1.5–2 นาทีต่อรอบ และสามารถใช้ร่วมกับเครื่องอบแบบอื่นๆได้	ความเร็วของอากาศร้อนที่ใช้ในการอบไม่สามารถเพิ่มหรือลดลง ซึ่งจะทำให้วัสดุหลุดลอยออกจากห้องอบแห้งหรือไม่เกิดลักษณะของฟลูอิไดเซชั่น เมื่อเกิดการผสมกันอย่างรวดเร็ว ข้าวเปลือกอยู่ในเบดสั้นเกินไป ทำให้คุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ไม่ตรงตามที่ต้องการ การบำรุงรักษายุ่งยาก และมีความสิ้นเปลืองพลังงาน

ตารางที่ 2.4 เปรียบเทียบข้อดีข้อด้อยของเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกประเภทต่างๆ ที่มีใช้ในประเทศ (ต่อ)

ลำดับ	ประเภทเครื่องอบ	ข้อดี	ข้อด้อย
6	แบบไหลคลุกเคล้า	เมล็ดข้าวเปลือกจะไหลกลับไปกลับมา และมีโอกาสสัมผัสกับลมร้อนเข้า และลมชื้นที่เป่าออกสลับกัน เท่ากันตลอดทั้งถังบรรจุ โดยทิศทางการเคลื่อนที่ของลมร้อนมีทุกทิศทาง จึงทำให้ข้าวเปลือกได้รับความร้อนอย่างสม่ำเสมอและสามารถลดความชื้นได้อย่างต่อเนื่องไม่ทำให้เมล็ดข้าวแตกร้าวเสียหาย	เมล็ดข้าวเปลือกที่ใช้อบลดความชื้นต้องผ่านการทำความสะอาดแยกสิ่งเจือปนออกก่อนเข้าเครื่องอบ และต้องมีผู้ควบคุมการทำงานของเครื่องอย่างสม่ำเสมอ

2.4 ปัจจัยที่มีผลต่อการอบลดความชื้นเมล็ดพืช

การอบลดความชื้นข้าวเปลือกเป็นการทำให้น้ำที่อยู่ในเมล็ดเคลื่อนที่ออกมายังบริเวณผิวของเมล็ดและทำให้น้ำบริเวณผิวเมล็ดระเหยไปสู่อากาศภายนอก ปัจจัยที่มีผลต่อการอบลดความชื้นประกอบด้วย

2.4.1 ความชื้นของเมล็ดพืช ที่จะทำการลดความชื้น ความชื้นเริ่มต้นของเมล็ดพืชแต่ละชนิดจะแตกต่างกันไปตามชนิดพืช ส่วนความชื้นระดับสุดท้ายที่เหลืออยู่ในเมล็ดจะไม่เท่ากันแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ของการนำเมล็ดไปใช้ประโยชน์

2.4.2 อัตราการไหลของอากาศ ที่จะพาความชื้นออกจากเมล็ด ถ้าอัตราการไหลของอากาศร้อนมีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความสามารถในการเคลื่อนย้ายน้ำออกจากวัสดุเร็วขึ้น และทำให้เกิดการปั่นป่วนของอากาศในห้องอบลดความชื้น อากาศจึงสัมผัสกับวัสดุได้ดี

2.4.3 อุณหภูมิที่ใช้ในการอบลดความชื้น อิทธิพลของอุณหภูมิที่มีผลต่อการลดความชื้น ถ้าอากาศมีความชื้นคงที่ อุณหภูมิที่สูงขึ้น จะทำให้อากาศมีความสามารถในการรองรับไอน้ำเพิ่มขึ้น มีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่ และอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้การแพร่กระจายของน้ำดีขึ้นมีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งลดลง แต่การใช้อุณหภูมิสูงเพื่อให้อัตราการลดความชื้นของเมล็ดพืชเร็วขึ้น จะทำให้เกิดผลกระทบต่อคุณภาพทางกายภาพ เคมีของ

เมล็ดและทำให้เมล็ดแตกราว นอกจากนั้นอัตราการทำให้เมล็ดเย็นตัวลงหลังจากการให้ความร้อนแล้วส่งผลกระทบต่อการแตกร้าวได้เช่นกัน

2.4.4 ความชื้นสัมพัทธ์อากาศ หรือความสามารถในการรับไอน้ำของอากาศ อากาศที่มีไอน้ำอยู่มากแล้วจะรับไอน้ำได้น้อยและจะมีผลต่ออัตราการอบแห้งในช่วงอัตราการอบแห้งคงที่

หลักการอบลดความชื้นเมล็ดพืชโดยทั่วไปมักใช้อากาศที่มีอุณหภูมิสูงและความชื้นสัมพัทธ์ต่ำเป็นตัวกลางในการอบแห้ง เนื่องจากสามารถอบแห้งได้รวดเร็วและได้ความชื้นของเมล็ดพืชต่ำตามที่ต้องการในขณะที่อากาศร้อนเคลื่อนที่ผ่านชั้นเมล็ดพืช จะเกิดการถ่ายเทความร้อนและถ่ายเทมวลพร้อมกันความร้อนจากอากาศจะถ่ายเทไปยังเมล็ดพืช และทำให้น้ำที่บริเวณผิวของเมล็ดเข้าไปอยู่ในอากาศเป็นผลให้อากาศมีอุณหภูมิลดลง และมีความชื้นสัมพัทธ์เพิ่มขึ้น ส่วนเมล็ดพืชจะมีความชื้นต่ำลง และหากความชื้นลดลงมากพอแล้ว อุณหภูมิของเมล็ดพืชก็สูงขึ้นด้วย จนในที่สุดเมล็ดพืชจะมีอุณหภูมิเท่ากับอากาศที่ใช้ในการอบแห้ง และเมื่อความชื้นลดลงจนถึงความชื้นสมดุลแล้ว ความชื้นของเมล็ดพืชก็จะไม่ลดลงอีก

2.5 ปริมาณความชื้น

ความชื้นในวัสดุเป็นตัวบ่งชี้ถึงปริมาณของน้ำที่มีอยู่ในวัสดุ เมื่อเทียบกับมวลของวัสดุชื้นหรือแห้ง สามารถนำเสนอได้ 2 ลักษณะ คือ

2.5.1 ความชื้นมาตรฐานเปียก คำนวณได้จากสมการที่ (2.1)

$$M_w = \left(\frac{w - d}{w} \right) \times 100 \qquad (2.1)$$

เมื่อ

M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก, % w.b.

w คือ มวลของวัสดุเปียก, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

2.5.2 ความชื้นมาตรฐานแห้ง คำนวณได้จากสมการที่ (2.2)

$$M_w = \left(\frac{w - d}{d} \right) \times 100 \qquad (2.2)$$

เมื่อ

M_d คือ ความชื้นมาตรฐานแห้ง, % d.b.

w คือ มวลของวัสดุเปียก, kg

d คือ มวลของวัสดุแห้ง, kg

การวัดปริมาณความชื้นของเมล็ดพืชในการซื้อขายนิยมใช้ปริมาณความชื้นแบบมาตรฐานเปียก ส่วนในกรณีการวิเคราะห์กระบวนการอบแห้งทางทฤษฎีนิยมใช้ปริมาณความชื้นแบบมาตรฐานแห้ง

2.6 การวิเคราะห์สมรรถนะเครื่องอบลดความชื้น

ในงานศึกษาวิจัยนี้ จะทำการประเมินสมรรถนะการอบลดความชื้นข้าวเปลือก โดยใช้เครื่องอบลดความชื้นแบบไหลคลุกเคล้า ซึ่งจะเป็นการประเมิน ค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของระบบเป็นหลัก

2.6.1 ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ

เป็นค่าที่แสดงถึงประสิทธิภาพในการใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะ พลังงานความร้อนจำเพาะ และพลังงานรวมจำเพาะของระบบ แสดงได้ด้วยปริมาณพลังงานที่ใช้ในการอบลดความชื้นหารด้วยปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าวเปลือก ซึ่งมีความสัมพันธ์ดังสมการที่ (2.3)

$$SEC = \frac{E_E + E_T}{M_P} \tag{2.3}$$

เมื่อ

SEC คือ ความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ, MJ/kg

E_E คือ ปริมาณการใช้พลังงานไฟฟ้า, MJ

E_T คือ ปริมาณการใช้พลังงานความร้อน, MJ

M_P คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าวเปลือก, kg

2.6.2 ต้นทุนการอบลดความชื้น

การวิเคราะห์ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการอบลดความชื้นข้าวเปลือก (Drying Cost, DC) คำนวณได้จาก ผลรวมของต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้ากับต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานความร้อนหารด้วยปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าวเปลือก แสดงดังสมการที่ (2.4)

$$CD = \frac{C_E + C_T}{M_P} \quad (2.4)$$

เมื่อ

DC คือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายในการอบลดความชื้นข้าวเปลือก, Baht/kg

C_E คือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานไฟฟ้า, Baht

C_T คือ ต้นทุนค่าใช้จ่ายด้านพลังงานความร้อน, Baht

M_P คือ ปริมาณน้ำที่ระเหยจากข้าวเปลือก, kg

2.7 การทดสอบคุณภาพข้าว

คุณภาพข้าวที่นำมาพิจารณาทดสอบในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย

2.7.1 ชั้นคุณภาพข้าวเปลือก

ชั้นคุณภาพข้าวเปลือก สามารถแบ่งเป็น 5 ชั้นคุณภาพ ตามคุณภาพการสี (ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว) ตามตารางที่ 2.4 ทั้งนี้ในทางการค้าข้าวเปลือกชั้นที่ 1 ที่มีข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวจากการสี สูงกว่าร้อยละ 44 อาจจัดแบ่งเป็นคุณภาพย่อยเพิ่มเติมได้โดยให้เป็นไปตามข้อตกลงของคู่ค้า

ตารางที่ 2.5 ชั้นคุณภาพข้าวเปลือก

ชั้นที่	ร้อยละของข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวจากการสี
1	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 44
2	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 42
3	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 40
4	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 38
5	ไม่น้อยกว่าร้อยละ 36

2.7.2 เปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว

การหาเปอร์เซ็นต์ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว มีขั้นตอนการทดสอบดังนี้

2.7.2.1 นำตัวอย่างข้าวเปลือกมามาทำความสะอาดและคัดแยกสิ่งเจือปนออกจากตัวอย่าง แล้วแบ่งออกด้วยกรวยสุ่มแยกออกเป็น 3 กอง

2.7.2.2 วัดความชื้นข้าวเปลือกด้วยเครื่อง Steinlite จำนวน 3 ครั้ง ต่อ 1 ตัวอย่าง บันทึกค่าความชื้นข้าวเปลือก

2.7.2.3 นำข้าวเปลือกที่วัดความชื้นแล้วไปชั่งน้ำหนักข้าวเปลือกให้ได้จำนวน 200 กรัม นำมากะเทาะข้าวเปลือกกะเทาะซ้ำ 2 ครั้ง จะได้ข้าวกล้องและแกลบ บันทึกค่าน้ำหนักข้าวกล้อง

2.7.2.4 นำข้าวกล้องมาขัดขาวโดยใช้เครื่องเครื่องขัดขาวเป็นเวลา 1 นาทีครึ่งนาทีแรกใส่ตุ้มน้ำหนัก 1000 กรัม ครึ่งนาทีหลังเอาตุ้มน้ำหนักออกจะได้ข้าวสารและรำ บันทึกน้ำหนักข้าวสารไว้

2.7.2.5 นำข้าวสารทั้งหมดมาแยกต้นข้าวและข้าวหักออกจากกัน โดยใช้เครื่องแยกเมล็ดแล้วนำต้นข้าวมาคัดแยกข้าวกักด้วยมืออีกครั้งหนึ่งบันทึกน้ำหนักต้นข้าวไว้

การคำนวณหาปริมาณต้นข้าวหรือเปอร์เซ็นต์ต้นข้าว (ต้นข้าวหมายถึง เมล็ดข้าวสารที่มีความยาวตั้งแต่แปดในสิบของข้าวเมล็ดสมบูรณ์) สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ต้นข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักต้นข้าว}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \qquad (2.5)$$

การหาปริมาณข้าวหักหรือเปอร์เซ็นต์ข้าวหัก สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวหัก} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสาร} - \text{น้ำหนักต้นข้าว}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \qquad (2.6)$$

การหาปริมาณแกลบหรือเปอร์เซ็นต์แกลบ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์แกลบ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก} - \text{น้ำหนักข้าวกล้อง}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \qquad (2.7)$$

การหาปริมาณรำหรือเปอร์เซ็นต์รำ สามารถคำนวณได้ดังนี้

$$\text{เปอร์เซ็นต์รำ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวกล้อง} - \text{น้ำหนักข้าวสาร}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100 \qquad (2.8)$$

ตารางที่ 2.6 คุณภาพการสีข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว

คุณภาพการสี	ร้อยละ ข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าว
ดีมาก	มากกว่า 50
ดี	40-50
พอใช้	30-39
ต่ำ	น้อยกว่า 30

2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Soponronnarit and Prachayawarakorn (1994) ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกโดยใช้เทคนิคฟลูอิไดเซชัน โดยทำการศึกษาตัวแปร ที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพของข้าวเปลือกการอบแห้ง และการใช้พลังงาน ซึ่งพบว่า อัตราการอบแห้งจะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการไหลจำเพาะของอากาศและอุณหภูมิของอากาศที่ใช้อบแห้งเพิ่มขึ้น การใช้พลังงานลดลงเมื่อลดอัตราการไหลจำเพาะของอากาศหรือเพิ่มอัตราการหมุนเวียนของอากาศกลับมาใช้ใหม่ การอบแห้งข้าวเปลือกเพื่อให้ได้คุณภาพที่ดีไม่ควรใช้อุณหภูมิอบแห้งเกิน 115°C และความชื้นสุดท้ายหลังการอบแห้งไม่ต่ำกว่า 24-25 %d.b. ส่วนค่าใช้จ่ายในการอบแห้งเท่ากับ 2.0 baht/kg water evap.

Soponronnarit et al. (1995) ได้เสนอแนวทางที่เหมาะสม ในการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกในเขตร้อน โดยแบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงแรกอบแห้งแบบเร็วโดยใช้เครื่องอบแบบใช้อากาศร้อน หรือตากบนลาน เพื่อลดความชื้นลงเหลือ 18 %w.d แล้วนำมาอบแห้งต่อในช่วงที่ 2 ในโรงเรือนเก็บข้าวเปลือก เพื่อลดความชื้นลง จนถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ประมาณ 13-14 %w.d สำหรับการอบแห้งในช่วงที่ 2 นั่นเป็นการอบแห้งในถังเก็บข้าวในการอบแห้งเนื่องจากการอบแห้งแบบนี้ ไม่มีการเคลื่อนย้ายเมล็ดพืช ระหว่างการอบและการเก็บรักษา จึงต้องอบแห้งโดยทำให้เกิดความแตกต่างของความชื้นเมล็ดพืชในถังเก็บที่น้อยที่สุด อากาศอบแห้งที่มีอุณหภูมิต่ำ ใกล้เคียงกับอุณหภูมิอากาศแวดล้อม เพราะหากใช้อากาศร้อน จะทำให้เมล็ดพืชด้านล่างสุดแห้งเกินไป การอบแห้งที่ใช้อากาศ และอัตราการไหลของอากาศต่ำ จะใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างนาน เมื่อความชื้นเริ่มต้นสูง ดังนั้นจึงมีโอกาสเป็นไปได้ ที่ข้าวเปลือกอบแห้งด้วยวิธีนี้อาจเสียหายเนื่องจากเชื้อรา หรือข้าวเปลือกมีคุณภาพต่ำลง

Soponronnarit et al. (1996) ได้ศึกษาสภาวะในการอบแห้งข้าวเปลือก ด้วยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบด โดยใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ควบคู่กับผลการทดลอง ซึ่งพิจารณาที่อัตราผลการผลิตสูง ความสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ และข้าวที่ได้มีคุณภาพอยู่ในเกณฑ์ที่ดี จากผลการศึกษาพบว่า

ควรอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 115 °C ความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก 30 %d.b. ความชื้นสุดท้าย 24 %d.b. มีอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม 30°C มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศแวดล้อม 70 % ความสูงของเบด 0.1 m อัตราการไหลจำเพาะของอากาศ 0.043 kg/s-kg of paddy สัดส่วนอากาศเวียนกลับเท่ากับ 80 % มีอัตราส่วนระหว่างพลังงานที่ใช้ระเหยน้ำต่ออัตราการผลิตต่ำสุด โดยความสิ้นเปลืองพลังงานปฐมภูมิจำเพาะ 7.9 MJ/ kg water evap. และมีค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง 2.05 baht/kg water evap.

Soponronnarit et al. (1995) ได้เสนอแนวทางที่เหมาะสม ในการอบแห้งเมล็ดข้าวเปลือกในเขตร้อน โดยแบ่งการอบแห้งออกเป็น 2 ช่วง คือ ในช่วงแรกอบแห้งแบบเร็วโดยใช้เครื่องอบแบบใช้อากาศร้อน หรือตากบนลาน เพื่อลดความชื้นลงเหลือ 18 %w.d. แล้วนำมาอบแห้งต่อในช่วงที่ 2 ในโรงเรือนเก็บข้าวเปลือก เพื่อลดความชื้นลง จนถึงระดับที่ปลอดภัยต่อการเก็บรักษา ประมาณ 13-14 %w.d สำหรับการอบแห้งในช่วงที่ 2 นี้เป็นการอบแห้งในถังเก็บข้าวเปลือก เนื่องจากการอบแห้งแบบนี้ ไม่มีการเคลื่อนย้ายเมล็ดพืช ระหว่างการอบและการเก็บรักษา จึงต้องอบแห้งโดยให้เกิดความแตกต่างความชื้น ของเมล็ดพืชในถังเก็บน้อยที่สุด อากาศที่อบแห้งมีอุณหภูมิต่ำใกล้เคียงอุณหภูมิของอากาศแวดล้อม เพราะหากใช้อากาศที่ร้อนสูง จะทำให้เมล็ดพืชด้านล่างสุดแห้งเกินไป การอบแห้งที่ใช้อากาศและอัตราการไหลของอากาศต่ำ จะใช้เวลาในการอบแห้งค่อนข้างนาน เมื่อมีความชื้นเริ่มต้นสูง ดังนั้นจึงมีโอกาสเป็นไปได้ ที่ข้าวเปลือกที่อบแห้งด้วยวิธีนี้ อาจจะเสียหายเนื่องจากเชื้อรา หรือข้าวเปลือกมีคุณภาพต่ำลง

Soponronnarit and Chinsakoltanakorn, (1986) ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือก โดยการเปลี่ยนแปลงขั้นตอนในการอบลดความชื้นข้าวเปลือก ซึ่งขั้นตอนแรกใช้เครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบไหลคลุกเคล้า โดยใช้อุณหภูมิเฉลี่ย 57.5, 55.4 และ 55.7 ° C ตามลำดับ จากนั้นจะเป่าด้วยอากาศร้อนในกองเก็บข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 60.4 ° C จากการทดลองพบว่า ข้าวเปลือกที่ความชื้น 23.6 %w.d เมื่อลดลงเหลือความชื้น 12.0 %w.d มีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะเท่ากับ 4.726 MJ/ kg water evap. และมีต้นทุนการอบลดความชื้น 126.36 baht/kg water evap. สำหรับการอบแห้งช่วงที่ 2 การเป่าด้วยอากาศร้อนในห้องเก็บ จะมีค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ เท่ากับ 2.88 MJ/ kg water evap. และมีต้นทุนการอบลดความชื้นเท่ากับ 77 baht/kg water evap.

มนตรี หวังจิ (2540) ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิไดซ์เบด ขนาดกำลังการผลิต 10 Ton/hr พบว่า ที่อัตราการป้อนข้าวเปลือกเท่ากับ 9.5 Ton/hr ความสูงเบด 15 เซนติเมตร อัตราการไหลของอากาศอบแห้ง 5.57 m^3/s มีความเร็วของอากาศในห้องอบแห้ง 2.23 m/s อุณหภูมิอบแห้งอยู่ในช่วง 115-130 °C มีระยะเวลาที่ข้าวเปลือกอยู่ในห้องอบแห้ง 1.4 นาที และอัตราส่วนอากาศจะเวียนกลับ เท่ากับ 69 % จะสามารถลดความชื้นของข้าวเปลือกจาก 29 %d.b.

ลงเหลือ 23 %d.b. โดยมีอัตราการใช้พลังงานไฟฟ้าในรูปพลังงานปฐมภูมิ 302.56 MJ/hr อัตราการใช้พลังงานความร้อน จากเชื้อเพลิงน้ำมันเตา 1,175.67 MJ/hr รวมอัตราการใช้พลังงานปฐมภูมิ 1,478.23 MJ/hr และค่าใช้จ่ายในการดำเนินการอบแห้ง เท่ากับ 0.54 baht/kg water evap.

วุฒิทัต ตันติเวสส (2543) ได้เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่มีความชื้นสูงและที่ช่วงอุณหภูมิสูงด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชัน จากการศึกษาพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งได้แก่ อุณหภูมิอากาศเข้าห้องอบแห้ง และอัตราการไหลจำเพาะของอากาศ นอกจากนั้นยังได้ศึกษาถึงคุณภาพของเมล็ดข้าวโพด โดยใช้แนวทางการลดความชื้นเมล็ดข้าวโพดอย่างเป็นระบบ โดยเริ่มตั้งแต่การอบแห้งอย่างรวดเร็ว ด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันในช่วงอุณหภูมิอากาศเข้าห้องอบแห้ง 150-170°C ตามด้วยการเก็บในที่อับอากาศ ที่อุณหภูมิของเมล็ดพืชหลังการอบแห้งเป็นระยะเวลา 40 นาที และการเป่าอากาศแวดล้อม เข้าในกองเมล็ดข้าวโพดตามลำดับ คุณภาพของเมล็ดข้าวโพด พิจารณาจากปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน เปอร์เซ็นต์การปริแตก เปอร์เซ็นต์การร้าว และสีของเมล็ด จากการศึกษาพบว่า ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ไม่ลดลงในช่วงการทดลองดังกล่าว การปริแตกและการร้าวของเมล็ดขึ้นอยู่กับความชื้นสุดท้ายของการอบแห้ง แต่ไม่ขึ้นอยู่กับอุณหภูมิอากาศเข้าห้องอบแห้ง และระยะเวลาในการอับอากาศ และสีของเมล็ดขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการอับอากาศ แต่ไม่ขึ้นอยู่กับความชื้นสุดท้ายของเมล็ดหลังการอบแห้งและอุณหภูมิอากาศเข้าห้องอบแห้ง

กษมา เจนวิจิตรสกุล (2543) ได้ศึกษาแนวทางที่เหมาะสมในการอบแห้งข้าวโพดโดยเทคนิคสเปาเต็ดเบดสองมิติ โดยพิจารณาตัวแปรที่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าวโพดหลังการอบแห้ง พัฒนาสมการทางคณิตศาสตร์สำหรับทำนายการอบแห้งข้าวโพด และหาค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศร้อนกับเมล็ดข้าวโพด โดยทำการทดลองอบแห้งเมล็ดข้าวโพดที่ความชื้นเริ่มต้นประมาณ 38 %d.b.อุณหภูมิอากาศที่ทางเข้าห้องอบแห้ง 130, 140 และ 150 °C ปริมาณข้าวโพด (hold-up) เท่ากับ 20, 25 และ 30 kg ผลการศึกษาพบว่า ตัวแปรหลักที่มีอิทธิพลต่ออัตราส่วนความชื้น คือ อุณหภูมิอากาศอบแห้ง และปริมาณข้าวโพดในห้องอบแห้ง สมการของ Lewis มีความเหมาะสม และสะดวกในการทำนายการอบแห้ง ตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อคุณภาพเมล็ดข้าวโพดหลังการอบแห้งในด้านการร้าว การแตก และสีของเมล็ด คือ ความชื้นสุดท้ายของเมล็ดข้าวโพดซึ่งไม่ควรมีค่าต่ำกว่า 22 23 %d.b. เพราะจะทำให้เกิดการร้าวและแตกหักเพิ่มขึ้น จากผลการพัฒนาสมการทำนายสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน ระหว่างอากาศร้อนกับเมล็ดข้าวโพดในช่องสเปาต์ h(,s) และประสิทธิผลรวมทั้งห้องอบแห้งนั้น h(,eff) พบว่า เป็นฟังก์ชันกับความสูงเบด Reynolds number และ Prandtl number โดย h(,s) และ h(,eff) มีค่าอยู่ระหว่าง 83-137 $W/m^3-°C$ และ 12-33 $W/m^3-°C$ ตามลำดับ

กรกช ภู่ไพบูลย์ (2545) ได้ทำการศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือก โดยใช้เครื่องอบแห้งพัลส์ฟลูอิไดซ์เบด โดยได้ประเมินสมรรถนะและวิเคราะห์การใช้พลังงาน ค่าใช้จ่ายในการอบแห้ง และทดสอบคุณภาพข้าว รวมทั้งเปรียบเทียบผลการทดลองที่ได้จากการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งพัลส์ฟลูอิไดซ์เบดกับการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด โดยมีเงื่อนไขการทดลองคืออุณหภูมิอบแห้ง 144-154 ° C ความสูงเบด 11.6-12.3 cm. และความเร็วของอากาศเข้าห้องอบแห้ง 1.6-1.8 m/s ผลการศึกษาพบว่า เครื่องอบแห้งพัลส์ฟลูอิไดซ์เบดสามารถอบแห้งข้าวเปลือกจากความชื้นเริ่มต้น ประมาณ 29 %d.b. เหลือ ประมาณ 24 %d.b. โดยคุณภาพข้าวเปลือกไม่เปลี่ยนมากนัก มีค่าใช้จ่ายในการอบแห้งข้าวเปลือกเฉลี่ย 0.53 baht/kg water evap.ใช้พลังงานความร้อนจำเพาะเฉลี่ยอยู่ในช่วง 6.23-9.37 MJ/ kg water evap. และใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะเฉลี่ยอยู่ในช่วง 0.18-0. MJ/ kg water evap. การอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งพัลส์ฟลูอิไดซ์เบดจะมีปริมาณการใช้พลังงานความร้อนจำเพาะเฉลี่ยใกล้เคียงกับการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด แต่ใช้พลังงานไฟฟ้าจำเพาะเฉลี่ยน้อยกว่าเครื่องอบแห้งฟลูอิไดซ์เบด

อิศเรศ ธุชกัลยา (2543) ทำการออกแบบ สร้าง และทดสอบเครื่องอบแห้งข้าวเปลือกโดยเทคนิคฟลูอิไดซ์เบดด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง โดยพิจารณาถึงอิทธิพลของตัวแปรต่างๆ ที่มีผลต่อการอบแห้งและคุณภาพข้าวเปลือก โดยทำการอบที่ความชื้นเริ่มต้น 25-43 %d.b. จนได้ความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 16-28 %d.b. ความสูงเบดข้าวเปลือก 10-15 cm อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่ง 150-170°C ความดันไอน้ำในระบบอบแห้ง 106.1 kPa ผลการศึกษาพบว่า ความเร็วต่ำสุดของไอน้ำร้อนยวดยิ่งที่ทำให้ข้าวเปลือกเกิดฟลูอิไดซ์เบด มีค่าประมาณ 2.6 m/s อุณหภูมิไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีอิทธิพลต่ออัตราการอบแห้งมากกว่าความสูงเบดข้าวเปลือก ในการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง สามารถลดความชื้นได้ต่ำถึง 18 % d.b. โดยที่เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวไม่เปลี่ยนแปลง ถ้าลดความชื้นต่ำกว่านี้เปอร์เซ็นต์ต้นข้าวจะลดลงอย่างรวดเร็ว กรณีเปรียบเทียบกับผลการอบแห้งด้วยลมร้อน โดยใช้เทคนิคเดียวกันของวิจัยที่ผ่านมา พบว่า ข้าวที่ผ่านการอบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งมีเปอร์เซ็นต์ ต้นข้าวสูงกว่าการอบแห้งด้วยอากาศร้อนประมาณ 30 % และข้าวที่อบแห้งด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่ง มีสีคล้ำกว่าข้าวที่อบแห้งด้วยอากาศร้อน แต่สีอ่อนกว่าข้าวนึ่งที่ได้จากโรงสีข้าวนึ่ง

สุพิชฌาย์ มีสุขเจ้าสำราญ (2551) ได้ศึกษาการอบแห้งข้าวเปลือกด้วยเครื่องอบแห้งแบบหล่นอิสระ โดยศึกษาผลของระยะเวลาพัก อุณหภูมิ และความเร็วอากาศอบแห้งที่มีต่ออัตราอบแห้ง อัตราสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะ และคุณภาพผลิตผลหลังการอบแห้ง โดยอบแห้งข้าวเปลือกด้วยอุณหภูมิเท่ากับ 40 60 100 130 และ 150°C ความเร็วอากาศอบแห้ง 1 2 และ 3 m/s สำหรับระยะเวลาพักข้าวเปลือกเท่ากับ 1 2 และ 4 นาที ผลการศึกษาพบว่า เมื่ออุณหภูมิและความเร็วอากาศอบแห้งสูงทำให้สามารถอบแห้งข้าวเปลือกได้อย่างรวดเร็ว และส่งผลให้ลดการใช้พลังงานรวมจำเพาะลดลง

โดยความเร็วอากาศอบแห้งจะให้ผลมากที่อุณหภูมิสูง ในส่วนของระยะเวลาการพัก พบว่าการพักที่นานกว่าจะให้อัตราอบแห้งที่สูงกว่าเสมอ ข้าวเปลือกที่อบแห้งด้วยระยะเวลาพักมากกว่า หรือเท่ากับ 1 นาที จะมีปริมาณต้นข้าวและความขาวของข้าวสารใกล้เคียงกับตัวอย่างอ้างอิง และแตกต่างอย่างชัดเจนเมื่อเทียบกับข้าวเปลือกที่อบแห้งอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากการพักช่วยคลายความเค้นที่กระทำกับเมล็ด จึงไม่เกิดการแตกหักขณะทำการขัดสี และยังพบว่าเงื่อนไขการทำงานที่ดีที่สุดของเครื่องอบแห้งแบบหล่นอิสระ คือ ที่อุณหภูมิ 130°C ความเร็วอากาศ 3 m/s และระยะเวลาพัก 4 นาที

ธัญญาพร ปัตตาชารี (2553) ศึกษาผลกระทบของอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้ง และอัตราส่วนภาระ (อัตราการป้อนวัสดุต่ออัตราการไหลของอากาศร้อน) ที่มีต่อสมรรถนะของเครื่องอบแห้งแบบกระแสชน โดยการทดลองจะลดความชื้นข้าวเปลือกที่มีความชื้นเริ่มต้นประมาณ 20-30 %d.b. เงื่อนไขการทดลองจะใช้อุณหภูมิของอากาศร้อน ระหว่าง 70-110 °C ความเร็วลมของอากาศคงที่ 25 m/s อัตราส่วนภาระระหว่าง 0.1-0.6 จากการศึกษาพบว่า เครื่องอบแห้งนี้สามารถลดความชื้นของวัสดุลดลงได้สูงสุดประมาณ 6 %d.b. และมีอัตราการระเหยของน้ำเชิงปริมาตรสูงสุดที่ 963.7 kg water evap./ m^3-hr สัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรเท่ากับ 1,832.5 W/m^3-K ที่อุณหภูมิของอากาศขาเข้า 110°C และอัตราส่วนภาระเท่ากับ 0.56 ค่าเวลาเฉลี่ยที่วัสดุอยู่ในระบบมีค่าประมาณ 1 วินาที ซึ่งค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของพัดลมความดันสูงมีค่าสูงกว่าค่าความสิ้นเปลืองพลังงานจำเพาะของเครื่องกำเนิดความร้อนเฉพาะที่อุณหภูมิ 70 และ 90°C และยังพบว่าค่าความชื้นสุดท้ายจากการทดลองและการทำนายด้วยการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรไร้มิติมีความแตกต่างกันไม่เกิน1.53 % เมื่อเปรียบเทียบคุณภาพของข้าว กับข้าวเปลือกที่ลดความชื้นด้วยการตากลมที่อุณหภูมิห้อง พบว่ามีปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและต้นข้าวมีความแตกต่างกันไม่เกิน 17 % ความขาวของข้าวสารมีค่าแตกต่างกันไม่เกิน 9 %

จากงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่าส่วนใหญ่ได้ศึกษาการอบลดความชื้นข้าวเปลือกโดยใช้เครื่องอบแบบฟลูอิไดซ์เบด และแบบสเปาเต็ดเบด ซึ่งใช้อุณหภูมิในการอบแห้งค่อนข้าวสูง (มากกว่า 100 °C) โดยมีปัจจัยที่มีผลต่อสมรรถนะเครื่องอบลดความชื้น คือ อุณหภูมิ อัตราการไหลอากาศ และสัดส่วนการนำอากาศกลับมาใช้ใหม่ อย่างไรก็ตามจากข้อมูลงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่ายังขาดข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับเครื่องอบลดความชื้นข้าวเปลือกแบบไหลลุกเคล้า ซึ่งมีการใช้งานเป็นจำนวนมากในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการประเมินสมรรถนะเครื่องอบลดข้าวเปลือกและหาแนวทางการเพิ่มสมรรถนะเครื่องอบลดข้าวเปลือก เพื่อลดต้นทุนการอบข้าวเปลือกและคุณภาพของข้าวสาร