บทที่ 3
อุปกรณ์และวิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การวางแผนการทดลอง

วางแผนการทดลองแบบ สุ่มสมบูรณ์ (CRD : Completely Randomized Design) โดยมีทรีตเมนต์คือ อุณหภูมิ 3 อุณหภูมิ คือ อุณหภูมิอากาศแวดล้อม (Control) , 10 องศาเซลเซียส และ 15 องศาเซลเซียส ทำการเก็บรักษาศึกษาการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมี และกายภาพของข้าว เป็นระยะเวลา 6 เดือน

3.2 อุปกรณ์และระบบควบคุมอุณหภูมิ

3.2.1 อุปกรณ์

3.2.1.1 ถังเก็บข้าวเปลือก เป็นถังทำด้วยสังกะสี มีเส้นผ่าศูนย์กลางถัง 0.6 เมตร สูง 1.05 เมตร สำหรับชุดควบคุมอุณหภูมิตัวถังหุ้มด้วยฉนวนใยแก้วกันความร้อนหนา 2 นิ้ว ภายในถังแบ่งออกเป็น 2 ส่วน ดังนี้ ด้านส่วนบน สำหรับบรรจุข้าวเปลือก สูง 0.85 เมตร ด้านล่างเป็นห้องลม สูง 0.2 เมตร ทั้งสองส่วนถังกั้นด้วยตะแกรง รูเปิดกลม เส้นผ่านศูนย์กลาง 1.1 มิลลิเมตร ด้านข้างถังเจาะรูขนาด เส้นผ่าศูนย์กลาง 1 เซนติเมตร เพื่อวัดอุณหภูมิภายในถังเก็บโดยมีความสูง 0.15 , 0.30 และ 0.45 เมตร จากตะแกรง

3.2.1.2 ท่อลม เป็นท่อ PVC มี 2 ส่วน ท่อลมอากาศขาเข้า มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 7.62 เซนติเมตร มีวาล์วควบคุมความเร็วลม (volume damper) โดยควบคุมให้อัตราการไหลออกอากาศ 1.70 เมตร^3/นาที ไหลผ่านชั้นข้าวเปลือก และท่อลมอากาศออก มีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 10.16 เซนติเมตร

3.2.1.3 ระบบทำความเย็น ประกอบด้วย

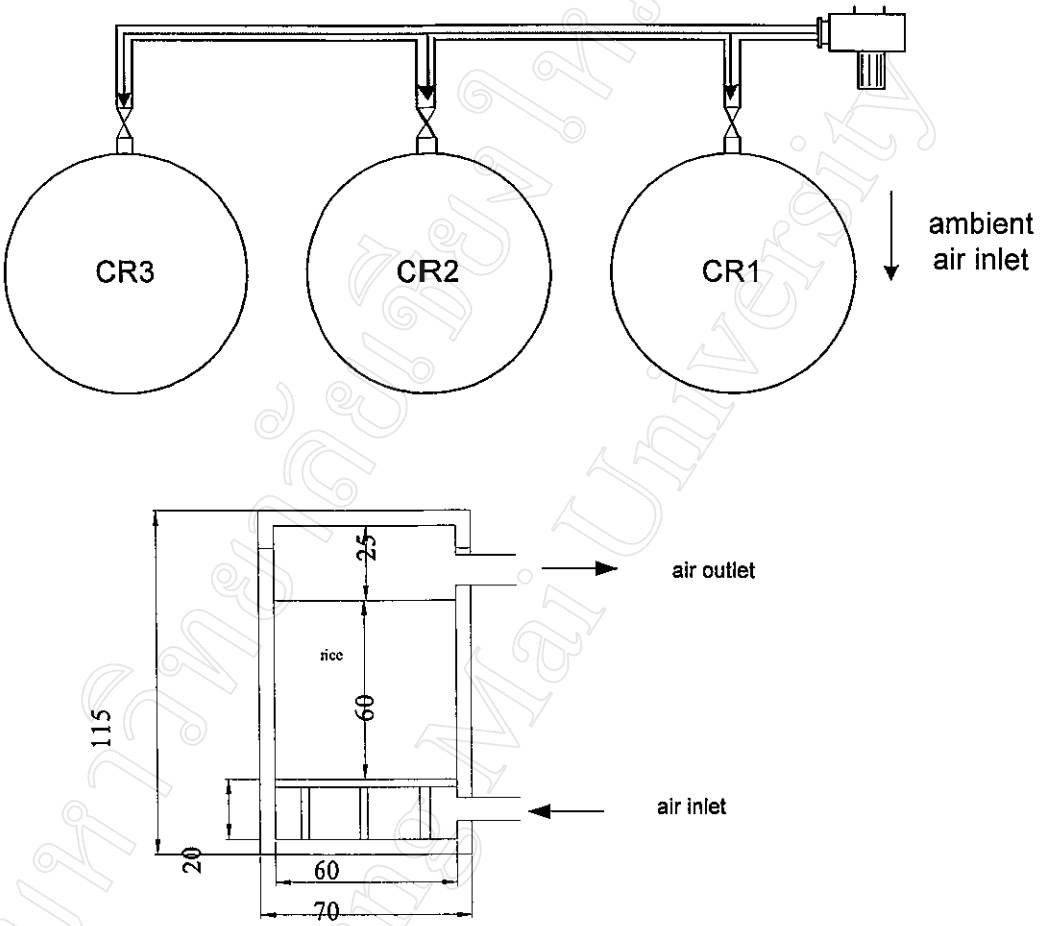
- ชุดทำความเย็นขนาด 56,000 Btu/hr
- พัดลมคอยล์เย็น 95 วัตต์
- สารทำความเย็น Chlorodifluoromethane (R-22)

3.2.1.4 ห้องทำความเย็น ขนาด 1 ลูกบาศก์เมตร มี Polystyrene หนา 3 นิ้วเป็นฉนวน

3.2.1.5 พัดลมแบบเหวี่ยง (Centrifugal fan) ขนาด 1 hp 3000 rpm

3.2.3 วิธีการระบายความร้อนด้วยอากาศแวดล้อม

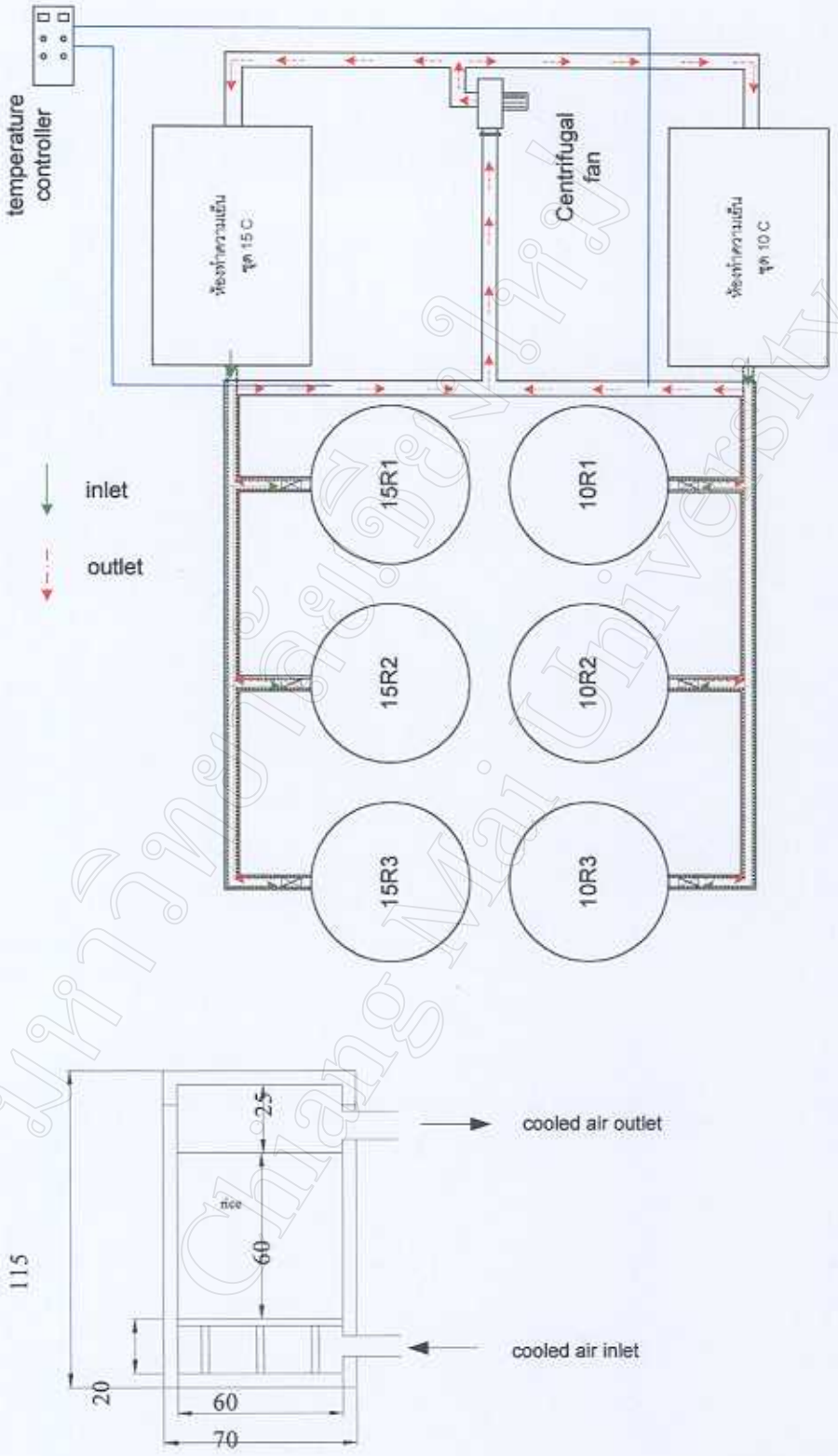
ทำการเป่าลมอากาศแวดล้อมผ่านจากส่วนล่างของถังผ่านทะลุชั้นข้าวเปลือก ทำการระบายอากาศเป็นระยะเพื่อให้อุณหภูมิภายในถังเก็บให้ได้ใกล้เคียงกับอากาศแวดล้อม ดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ชุดการระบายความร้อนด้วยอากาศแวดล้อม

3.2.2 วิธีการเป่าลมเย็นและการควบคุมอุณหภูมิในชุดควบคุมอุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส

ทำการเป่าลมเย็นตลอดเวลาผ่านจากส่วนล่างของถังผ่านทะลุชั้นข้าวเปลือก อากาศที่ผ่านชั้นข้าวเปลือกแล้วจะวนกลับไปยังระบบทำความเย็นเพื่อลดอุณหภูมิก่อนนำกลับมาใช้ใหม่ การควบคุมอุณหภูมิภายในถังเก็บโดยการควบคุมอากาศที่ออกจากถังเก็บ ให้อุณหภูมิภายในถังเก็บได้อุณหภูมิ 10 และ 15 องศาเซลเซียส ดังรูปที่ 3.2



รูปที่ 3.2 ชุดอุปกรณ์ทำความเย็น และระบบควบคุมอุณหภูมิ 10 และ15 องศาเซลเซียส

3.3 การเตรียมวัตถุดิบ

นำข้าวเปลือกพันธ์ขาวดอกมะลิ 105 จำนวน 1,000 กิโลกรัม จากสหกรณ์การเกษตรอำเภอสันป่าตอง จังหวัดเชียงใหม่ โดยมีความชื้นเริ่มต้นประมาณ ร้อยละ 13.21 ทำความสะอาดโดยผ่านเครื่องทำความสะอาดที่ใช้ลมและตะแกรง (air-screen cleaner) คัดเอาสิ่งปนเปื้อน เช่น ฟางข้าว หญ้า และฝุ่นออก รวมไปถึงเมล็ดลีบออก บรรจุลงในถังเก็บประมาณถังละ 100 กิโลกรัม

3.4 การเก็บข้อมูล

3.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ ณ บริเวณต่าง ๆ ดังต่อไปนี้ โดยบันทึกทุกวัน

3.1.1 อุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศภายในบริเวณที่วางถังเก็บ โดยใช้เครื่องมือ Thermoanemometer (testo 445)

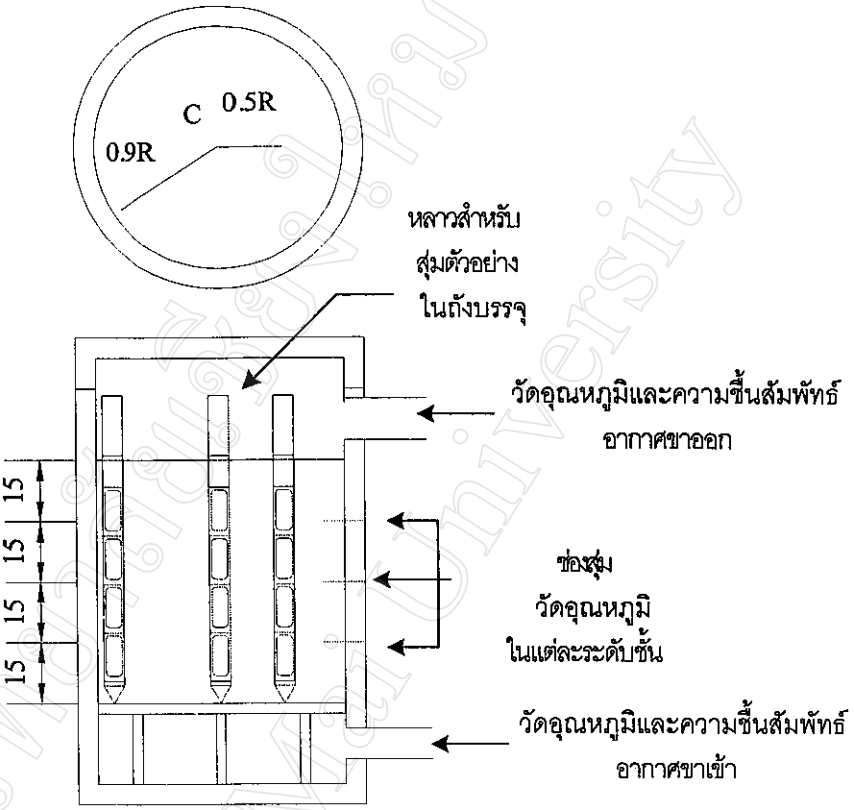
3.1.2 อุณหภูมิ ความชื้นสัมพัทธ์ ของอากาศขาเข้าและขาออกจากถังเก็บ โดยใช้เครื่องมือ Thermoanemometer (testo 445) ดังรูป 3.3

3.1.3 อุณหภูมิตามจุดต่าง ๆ ของถังเก็บดังต่อไปนี้ ในแนวดิ่งวัดที่ระดับความสูง 0.15 , 0.30 และ 0.45 เมตร จากตะแกรง และแนวระนาบ ที่จุดศูนย์กลางถังและ 0.9 ของรัศมีถังเก็บ (27 เซนติเมตร) โดยใช้เครื่องมือ Thermoanemometer (testo 445) และ เทอร์โมมิเตอร์ ดังรูป 3.3

3.2 สมบัติทางกายภาพและทางเคมี ของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร

3.2.1 ความชื้นข้าวเปลือก ทำการสุ่มตามจุดต่าง ๆ ภายในถัง ดังต่อไปนี่ ในแนวดิ่ง ที่ระดับความสูง 0.15 , 0.30 , 0.45 เมตร และ 0.60 เมตร จากตะแกรง และแนวระนาบ ที่จุดศูนย์กลางถัง , 0.5 ของรัศมีถังเก็บ(15 เซนติเมตร) และ 0.9 ของรัศมีถังเก็บ (27 เซนติเมตร) อบในตู้อบ โดยตั้งอุณหภูมิที่ 103 ± 2 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 17 ± 1ชั่วโมง แล้วนำเข้าโหลดูดความชื้นเพื่อให้เย็น ดังรูป 3.3

3.2.2 ค่า Water activity ของข้าวเปลือก โดยใช้เครื่องวัดและบันทึกค่า Water activity testo 650



รูปที่ 3.3 การเก็บตัวอย่างที่นำไปวัดความชื้นและวัดอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ภายในถังเก็บ

3.2.3 ปริมาณต้นข้าว และปริมาณปลายข้าว

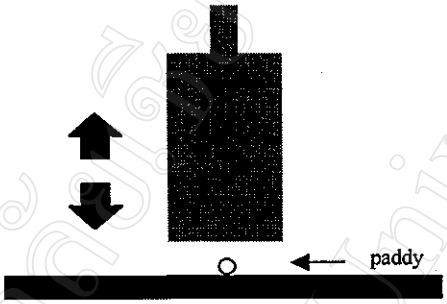
สุ่มข้าวเปลือกออกมาจากถัง จากนั้นแบ่งตัวอย่างโดย Conical divider ใช้ตัวอย่าง ประมาณ 100 กรัม นำเมล็ดข้าวไปกะเทาะเปลือกออก โดยเครื่อง กะเทาะแบบลูกยาง จากนั้นนำไปขัดขาวโดยเครื่องขัดชนิดแกนเหล็ก โดยใช้เวลาในการขัด 30 วินาที นำไปแยกต้นข้าวออกจากปลายข้าวโดยใช้เครื่องแยกชนิด ถังหมุน (Cylinder separator) ขนาดของรูแยกมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร เป็นเวลา 1 นาที

$$\text{ร้อยละต้นข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวสารเต็มเมล็ด}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100$$

$$\text{ร้อยละปลายข้าว} = \frac{\text{น้ำหนักปลายข้าว}}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือก}} \times 100$$

3.2.4 จุดแตกหัก (Bioyield point : fracturability) ของข้าวเปลือก

กดเมล็ดข้าวเปลือก 1 เมล็ด โดยเครื่อง Texture analyzer (TA – XT2I) ใช้หัวกดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 25 มิลลิเมตร ตั้งให้ระยะห่างจากตัวอย่าง 5 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1 มิลลิเมตร /วินาที ความเร็วของหัวกดหลังการทดสอบ 10 มิลลิเมตร /วินาที กดชิ้นตัวอย่างเป็นระยะทาง 0.50 ในด้านหนาของข้าวเปลือก (50% strain)



รูปที่ 3.4 การเตรียมตัวอย่างขณะทำการวัด จุดแตกหัก (Bioyield point : fracturability)

3.2.5 สีของ ข้าวเปลือก ข้าวกล้อง และข้าวสาร โดยเครื่องวัดสี Minolta รุ่น CR-10 วัดออกมาในค่า L^* ,a^* ,b^*

3.2.6 ปริมาณอะไมโลส (งามชื่น ,2541) ดังภาคผนวก ก

3.2.7 ปริมาณสารหอม (Mahatheetanont *et al.* ,2001) ดังภาคผนวก ข

3.3 คุณภาพในการหุงต้มของข้าวกล้องและข้าวสาร

3.3.1 ปริมาณการดูดน้ำ (Daniels *et al.*,1998)

สุ่มตัวอย่างข้าวกล้องหรือข้าวสาร 20 กรัม ใส่ในกระบอกลวดตาข่าย เส้นผ่าศูนย์กลาง 5.5 เซนติเมตร สูง 7 เซนติเมตร จากนั้นนำไปใส่ลงใน บีกเกอร์ 250 มิลลิลิตร ที่มีน้ำ 200 มิลลิลิตร นำไปต้มใน water bath ที่อุณหภูมิน้ำเดือด (97 องศาเซลเซียส) เป็นระยะเวลา 20 นาที จากนั้นนำขึ้นมาสะเด็ดน้ำทิ้งไว้ประมาณ 10 นาที นำไปชั่งหาปริมาณน้ำหนักที่เพิ่มขึ้น (0.001 กรัม)

$$\text{ปริมาณการดูดน้ำ} = \frac{\text{น้ำหนักข้าวที่เพิ่มขึ้น} - \text{น้ำหนักข้าวเริ่มต้น}}{\text{น้ำหนักข้าวเริ่มต้น}}$$

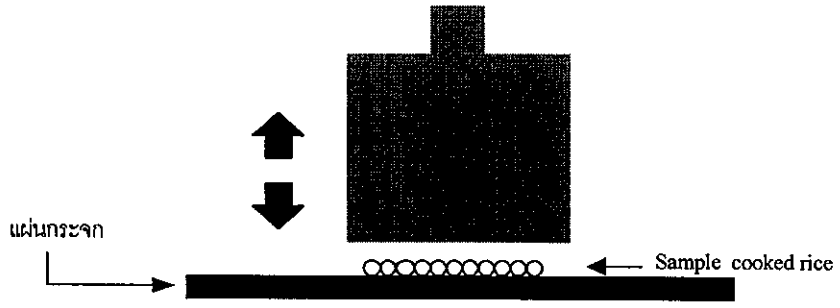
3.3.2 เวลาในการหุงข้าว หุงด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า (National : SR –D10HN) ขนาด 1 ลิตรที่มีระบบอุ่นอัตโนมัติ บันทึกเวลาเมื่อปุ่มหุงหยุดทำงาน

การหุงข้าวสวยใช้อัตราส่วน ข้าวสาร : น้ำ ในอัตราส่วน 1 : 1.2 โดยปริมาตร (Juliano and Perez,1983)

การหุงข้าวกล้องใช้อัตราส่วน ข้าวกล้อง : น้ำ ในอัตราส่วน 1 : 2 โดยปริมาตร

3.3.3 ความนุ่มและความเหนียวของข้าวสุก (Texture Profile Analysis)

โดยเครื่อง Texture analyzer (TA – XT2I) โดยใช้หัวกดทรงกระบอกเส้นผ่าศูนย์กลาง 50 มิลลิเมตร ตั้งให้ระยะห่างจากตัวอย่าง 15 มิลลิเมตร ความเร็วของหัวกดขณะทำการทดสอบ 1 มิลลิเมตร /วินาที ความเร็วของหัวกดหลังการทดสอบ 10มิลลิเมตร /วินาที กดชิ้นตัวอย่างเป็นระยะทาง 0.90 ของความสูงข้าวสุก (90% strain) การเตรียมตัวอย่าง สุ่มข้าวสุกจากหม้อหุงข้าว โดยเลือกข้าวสุกจากบริเวณกลาง ของชั้นข้าวสุก เพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการวัด นำแผ่นกระจกหนา 6 มิลลิเมตร ขนาดกว้าง 12.7 เซนติเมตร ยาว 13.97 เซนติเมตร ตรงกลางตีกรอบรูปสี่เหลี่ยมจตุรัส ขนาด 25 X 25 ตารางมิลลิเมตร จากนั้นเรียงเมล็ดเมล็ดข้าวสุกให้เต็มพื้นที่โดยเรียงเพียงชั้นเดียว ทำการวัด ดังรูป 3.5

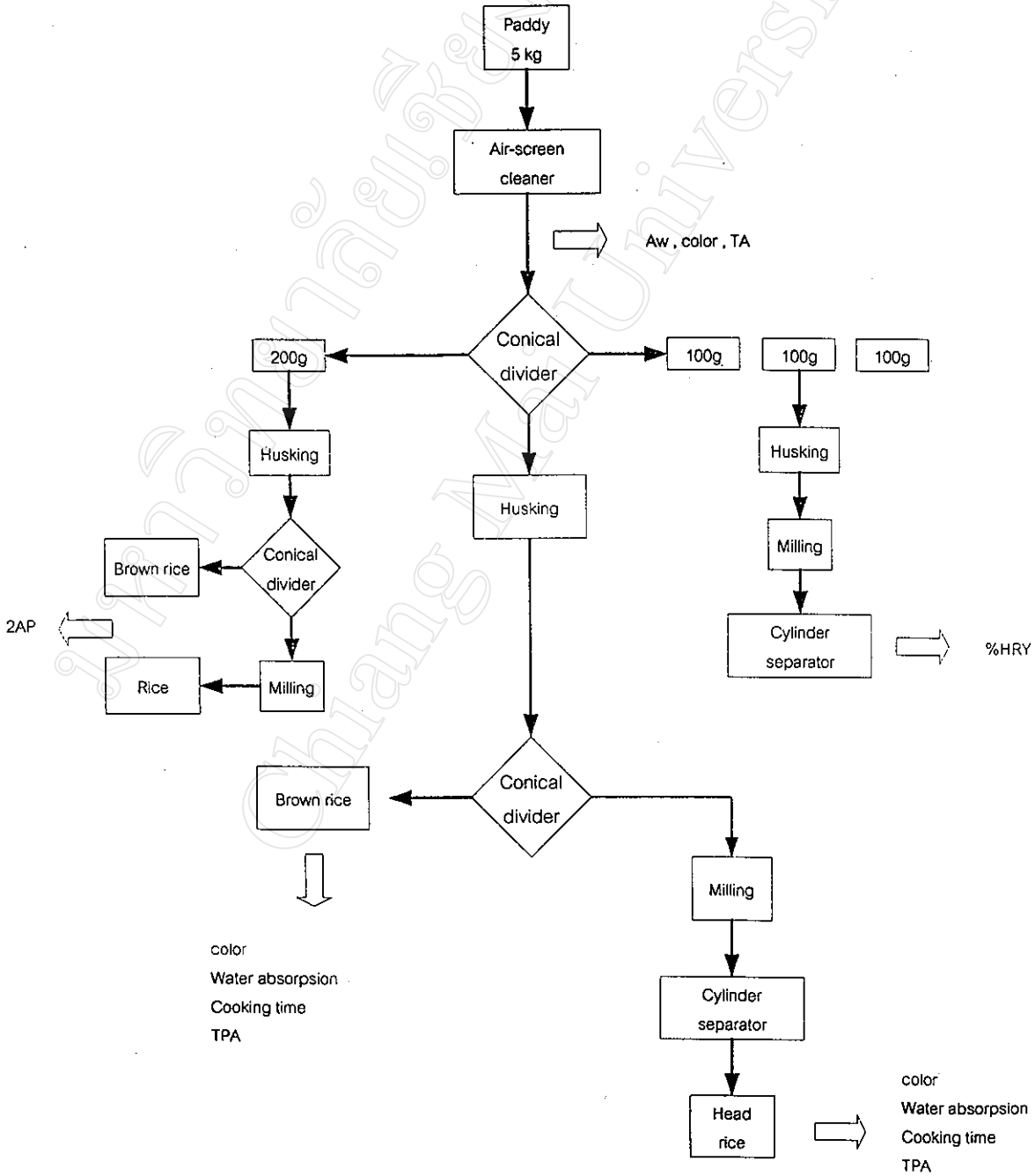


รูปที่ 3.5 การเตรียมตัวอย่างขณะทำการวัด Texture Profile Analysis

3.5 การสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกในถังเก็บ

การสุ่มตัวอย่างข้าวเปลือกในถังเก็บ เพื่อใช้ในการทดลองและเตรียมตัวอย่างในการทดลอง ทำการสุ่มตัวอย่างทุกเดือน โดยเริ่มต้นจากเดือนที่ 0 จนถึงเดือนที่ 6 ทำการสุ่มตัวอย่างออกมาครั้งละประมาณ 5 กิโลกรัม ต่อ1 ถัง โดยสุ่มตามจุดต่าง ๆ ให้ทั่วภายในถังเก็บ

นำข้าวเปลือกที่ได้มาผ่านขั้นตอนต่างๆ ดังต่อไปนี้ แสดงดังรูป 3.6



รูปที่ 3.6 การสุ่มตัวอย่างอย่างข้าวเปลือกในถังเก็บ