



รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง"

โดย นางสาวสุนัน ปานสาคร และคณะ

วันที่ 14 กันยายน พ.ศ. 2546

รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์

โครงการ "การวิจัยและพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง"

คณะผู้วิจัย

สังกัด

- | | | |
|---|------------------------|---|
| 1 | นางสาวสุนัน ปานสาคร | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล |
| 2 | นายจตุรงค์ ลังกาพินธุ์ | สถาบันเทคโนโลยีราชมงคล |
| 3 | นายธำนิษฐ์ การภักดี | บริษัท ไรซ์ เอ็นจิเนียริง ซัพพลาย จำกัด |
| 4 | นายณพวีร์ พุ่มโต | บริษัท ไรซ์ เอ็นจิเนียริง ซัพพลาย จำกัด |

สนับสนุนโดยสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย (สกว.)

บทคัดย่อ

กระบวนการหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง โดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์ KDML-105, พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยการแช่ข้าวกล้องในน้ำ (Soaking) ที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70 และ 80 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นให้ความร้อนโดยใช้ไอน้ำอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที แล้วลดความชื้นที่เพิ่มขึ้นโดยวิธีการผึ่งไว้ตามธรรมชาติ ที่อุณหภูมิประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นของข้าวกล้องลดลงอยู่ที่ประมาณ 12-13 เปอร์เซ็นต์ หลังจากกระบวนการทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมนั้นแล้ว ทำการตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ เปอร์เซ็นต์ข้าวตัง ค่าความขาวของเมล็ดข้าว ค่าความเหลืองของเมล็ดข้าว ปริมาณการดูดซึมน้ำ ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวหุงสุกแล้ว และเวลาในการหุงสุกของข้าว รวมทั้งการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี คือ วิตามิน B2 และวิตามิน E นำผลการทดสอบที่ได้เปรียบเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีกับข้าวหนึ่งที่มีขายอยู่แล้วในท้องตลาด

จากผลการทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตข้าวกล้องหนึ่ง โดยเปรียบเทียบกับข้าวหนึ่งในท้องตลาดรวมทั้งคุณลักษณะทางกายภาพภายนอก พบว่าข้าวกล้องหนึ่งพันธุ์ KDML-105 สภาวะที่เหมาะสม คือ การแช่ข้าวในน้ำร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70°C 2 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่ 105°C เวลา 10-20 นาที แล้วตามด้วยการ Shade dry เพื่อลดความชื้นสำหรับข้าวพันธุ์ชัยนาท จะให้สภาวะที่เหมาะสมแตกต่างจาก KDML-105 คือ การแช่ข้าวกล้องที่อุณหภูมิเริ่มต้น 80°C เวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เวลา 20 นาทีแล้วลดความชื้นด้วยการ Shade dry และสุดท้ายข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 แช่ในน้ำร้อนที่อุณหภูมิเริ่มต้น 70°C เวลา 4 ชั่วโมง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เวลา 15-20 นาที แล้วตามด้วยการ Shade dry

ผลการตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี พบว่าไม่สามารถตรวจสอบพบค่าวิตามิน E ไม่ว่าจะเป็นข้าวพันธุ์ KDML-105 พันธุ์ชัยนาท และสุพรรณบุรี 1 รวมทั้งข้าวหนึ่งในท้องตลาด สำหรับวิตามิน B2 นั้น พบว่าการใช้ข้าวกล้องหนึ่งแทนข้าวเปลือกจะให้ค่าวิตามิน B2 ในปริมาณที่ลดลงอย่างเห็นได้ชัด เมื่อเทียบจากข้าว 100 กรัม

ABSTRACT

An optimum processing condition for brown parboiled rice preparation was studied by using three different brown rice varieties of (1) KDML 105, (2) Chai Nat and (3) Supanburi 1. Raw brown rice was put into water whose temperature was at about 70°C and 80 °C in an initial soaking step. After that, the soaking water was heated up by means of saturated steam at 105 °C for 10 minutes, 15 minutes and 20 minutes. Further, reducing moisture level of the processed brown rice was carried out by shade-drying method. The temperature employed during shade drying period was constantly controlled to be between 25-30°C. By shade-drying process, moisture content of the processed brown rice was finally brought down to be at about 12-13% .

Determination in physical properties with regards to % yield rice recovery, kernel whiteness and yellowness, absorption capacity, hardness of cooked rice and cooking time was studied. Furthermore, chemical properties in quantitative nutrition analysis of both Vitamin B2 and Vitamin E were determined in comparison to current parboiled rice broadly available in the market.

It was found that the optimum condition to prepare brown parboiled rice was different depending upon rice varieties. For KDML 105, it was studied that raw KDML 105 should be put into soaking water constantly heated at 70 °C for 2 hours. After that, the 70°C soaking water was later heated up by saturated steam at 105 °C for 10-20 minutes. Followed by shade drying process, the moisture content of KDML 105 brown parboiled rice decreased to be at 12-13% in the final end. Different parboiling process was observed for brown Chai Nat as it required to be soaked in soaking water with 80 °C for 4 hours. Further, heating the soaking water for 20 minutes was done by 105 °C saturated steam and shade-dry was proceeded in the final step. Lastly for brown parboiled rice preparation of Supanburi 1, soaking water with 70 °C for 4 hours was conducted. The soaking water was further heated up by 105 °C saturated steam for 15-20 minutes and then was followed by shade-drying in the end.

Regarding the nutrition analysis of Vitamin content, it could not be tested for all three brown rice varieties of KDML 105, Chai Nat and Supanburi 1, including parboiled rice sampled from current market. However, Vitamin B2 was quantitatively analyzed for brown parboiled rice tested. It was reported that Vitamin B2 of parboiled rice prepared from brown rice significantly decreased greater than using paddy when compared at an equivalent amount of 100 grams parboiled rice.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
สารบัญ	ค
สารบัญภาพ	จ
สารบัญตาราง	๗
1 คำนำ	1
- วัตถุประสงค์	2
2 ตรวจเอกสาร	3
2.1 กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งที่สภาวะต่างๆ	3
2.2 กระบวนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำต่อคุณภาพของข้าว	5
2.3 กระบวนการลดความชื้นกับคุณภาพของข้าว	5
2.4 กระบวนการศึกษาคุณภาพของข้าวหุงสุก	6
3 อุปกรณ์และวิธีการวิจัย	7
3.1 ทดสอบเบื้องต้น	7
3.2 เก็บตัวอย่างข้าวเปลือก	8
3.3 ทดสอบ	8
3.4 อุปกรณ์เครื่องมือและวิธีการในการตรวจสอบ	13
3.4.1 การหาค่าปริมาณความชื้น (Moisture Content)	13
3.4.2 เปอร์เซนต์ข้าวตัน (Head Rice yield)	13
3.4.3 สี (Color)	15
3.4.4 ความขาว (Whiteness)	16
3.4.5 เวลาในการหุง (Cooking time)	16
3.4.6 ปริมาณในการดูดซึมน้ำ (Water absorption)	16
3.4.7 ค่าความแข็ง (Hardness)	17
3.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวหนึ่งที่สภาวะต่างๆ	18
3.6 กระบวนการทดสอบคุณภาพข้าวกล้องหนึ่งกับเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม	19
4 ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย	21

4.1	กระบวนการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าว กล้องในห้องปฏิบัติการ ของข้าวพันธุ์หอมมะลิ (KDML-105), พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์สุพรรณบุรี 1	22
4.1.1	สรุปผลการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสม กระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง จากข้าวกล้องพันธุ์ KDML-105	25
4.1.2	สรุปผลการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสม กระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง จากข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท	33
4.1.3	สรุปผลการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสม กระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง จากข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1	40
4.1.4	สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี	44
4.2	กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ การผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือก ในห้องปฏิบัติการของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยใช้สภาวะการทดสอบเช่น เดียวกับหัวข้อ 4.1	46
4.3	กระบวนการทดสอบ การลดปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าว กล้องที่ผ่านกระบวนการหนึ่ง	51
4.4	กระบวนการเก็บรักษาคุณภาพข้าวที่สภาวะต่างๆ	56
4.5	กระบวนการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค	58
4.6	กระบวนการทดสอบ การผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับเครื่องจักรในภาค อุตสาหกรรม	59
5	สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย	62
6	ข้อเสนอแนะ	64
	เอกสารอ้างอิง	65
	ภาคผนวก	67

สารบัญภาพ

ภาพที่	ชื่อ	หน้า
3.1	แสดงกระบวนการดำเนินงานสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ	9
3.2	แสดงวิธีการผลิตข้าวเนื่องจากข้าวกล้องในห้องปฏิบัติการ (Autoclave)	10
3.3	แสดงขั้นตอนกระบวนการทดสอบหาสภาวะที่เหมาะสมของการผลิตข้าวเนื่องจากข้าวกล้อง	12
3.4	แสดงกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้น	13
3.5	แสดงเครื่องกระเทาะข้าวเปลือกที่ใช้ในกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น	14
3.6	แสดงเครื่องคัดเมล็ดข้าวหักที่ใช้ในกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น	14
3.7	แสดงเครื่องขัดขาวเมล็ดข้าวที่ใช้ในกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น	15
3.8	แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าสีของเมล็ดข้าว	15
3.9	แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Cooking time ของเมล็ดข้าว	16
3.10	แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Water absorption ของเมล็ดข้าว	17
3.11	แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Hardness ของเมล็ดข้าว	18
3.12	แสดงกระบวนการเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวกล้องหนึ่งที่ผ่านมากระบวนการกับ Control	19
3.13	แสดงกระบวนการในช่วงทดสอบกับเครื่องจักรใน บริษัท ไรซ์ เอ็นจิเนียริง ซัพพลาย จำกัด	20
4.1	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเนื่องจากข้าวกล้องกับ Head Rice Yield พันธุ์ KDML-105	29
4.2	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเนื่องจากข้าวกล้องกับค่า b-value พันธุ์ KDML-105	29
4.3	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเนื่องจากข้าวกล้องกับ Moisture Content พันธุ์ KDML-105	29
4.4	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเนื่องจากข้าวกล้องกับ Hardness พันธุ์ KDML-105	30

4.5	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Whiteness พันธุ์ KDML-105	30
4.6	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Water Absorption พันธุ์ KDML-105	30
4.7	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Head Rice Yield พันธุ์ชัยนาท	36
4.8	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ b-Value พันธุ์ชัยนาท	36
4.9	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Moisture Content พันธุ์ชัยนาท	36
4.10	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Hardness พันธุ์ชัยนาท	37
4.11	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Whiteness พันธุ์ชัยนาท	37
4.12	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Water Absorption พันธุ์ชัยนาท	37
4.13	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Head Rice Yield พันธุ์สุพรรณบุรี 1	42
4.14	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ b-Value พันธุ์สุพรรณบุรี 1	42
4.15	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Moisture Content พันธุ์สุพรรณบุรี 1	42
4.16	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Hardness พันธุ์สุพรรณบุรี 1	43
4.17	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Whiteness พันธุ์สุพรรณบุรี 1	43
4.18	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสถานะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าว กลี้องกับ Water absorption พันธุ์สุพรรณบุรี 1	43
4.19	แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของของข้าวกลี้องหนึ่งกับ	44

	control ที่สภาวะที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ต่างๆ	
4.20	แสดงขั้นตอนกระบวนการทดสอบของการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกพันธุ์ สุพรรณบุรี 1	46
4.21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเปลือกหนึ่ง กับ Head Rice Yield พันธุ์สุพรรณบุรี 1	49
4.22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเปลือกหนึ่ง กับ b-value พันธุ์สุพรรณบุรี 1	49
4.23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเปลือกหนึ่ง กับ Moisture Content พันธุ์สุพรรณบุรี 1	49
4.24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเปลือกหนึ่ง กับ Hardness พันธุ์สุพรรณบุรี 1	50
4.25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเปลือกหนึ่ง กับ Whiteness พันธุ์สุพรรณบุรี 1	50
4.26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวเปลือกหนึ่ง กับ Water Absorption พันธุ์สุพรรณบุรี 1	50
4.27	แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องในห้องปฏิบัติการ	55
4.28	แสดงคุณภาพของข้าวชนิดต่างๆ ที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษาเป็นเวลา 5 เดือน	57
4.29	แสดงระบบกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งด้วยเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม	60
4.30	แสดงกระบวนการให้ความร้อนในช่วงของการ Steaming และ Drying ใน ชุดกระบวนการให้ความร้อนของข้าวหนึ่งด้วยระบบ Fluidization	61

สารบัญตาราง

ตารางที่	ชื่อ	หน้า
4.1	แสดงค่าของ Dry mass ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่น้ำหนัก 25 g อบที่อุณหภูมิ 130°C 24 ชั่วโมง	21
4.2	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่างๆ ของข้าวพันธุ์ KDML-105	23
4.3	แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแปรในแผนภูมิสำหรับการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวกล้องหนึ่ง	28
4.4	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่างๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท	31
4.5	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่างๆ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	38
4.6	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี (วิตามิน E ,วิตามิน B2) ของข้าวหนึ่งพันธุ์ KDML-105 ,สุพรรณบุรี 1 และ ชัยนาท	45
4.7	แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกที่สภาวะต่างๆ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1	47
4.8	แสดงผลการทดสอบการเก็บรักษาข้าวที่ผ่านกระบวนการต่างๆ	56

บทที่ 1

คำนำ

ปัจจุบันข้าวหอม เป็นที่ต้องการอย่างมากในท้องตลาด ประเทศไทยเป็นประเทศที่เป็นผู้นำทางด้านการค้าข้าวหอม ทั้งในประเทศและต่างประเทศ รวมทั้งข้าวหอมไทยยังเป็นที่รู้จักของคนทั่วโลก และเป็นที่ต้องการของตลาดเป็นอย่างมาก จึงสามารถทำรายได้ให้กับประเทศเป็นจำนวนมหาศาล ปัจจุบันแนวโน้มของตลาดการค้าข้าวไทยพบว่า การค้าข้าวหนึ่งเป็นอีกหนึ่งผลิตภัณฑ์ที่เป็นที่ต้องการของตลาดโลก โดยเฉพาะแถบยุโรป แอฟริกา และเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ เนื่องจากคุณสมบัติของข้าวหนึ่งที่มีปริมาณสารอาหารต่างๆ ที่เกิดจากกระบวนการ 4 กระบวนการหลัก คือ Soaking, Steaming, Drying and Milling (Gariboldi, 1972) สารอาหารต่างๆ เช่น Vitamin B, Vitamin E, Potassium, Niacin, Calcium, Phosphorus เป็นต้น (Feiller and Alary, 1975) ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่ทำให้ข้าวหนึ่งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภค

ข้าวหนึ่งเป็นกระบวนการที่ทำให้คุณสมบัติของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงโครงสร้าง โดยการดูดซึมน้ำ ของอนุภาคเม็ดแป้งจนบวม ทำให้โครงสร้างของเม็ดแป้งไม่สามารถคืนตัวกลับได้ด้วยกระบวนการทั้ง 4 กระบวนการข้างต้น กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งเป็นกระบวนการปรับปรุงคุณภาพของข้าว หรืออาจกล่าวได้ว่าเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่าได้โดยการเกิดเจลลาติไนส์ ของเม็ดแป้ง Ranghavender and Juliano (1970) และ Desikachar and Subrahmanyam(1957) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของข้าวโดยการให้ความร้อนเกิดเป็น Partial Gelatinization

ปัญหาที่พบในกระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง พบว่าช่วงเวลาของกระบวนการ Soaking รวมทั้งอุณหภูมิ ของการ Soaking มีผลต่อสีของเมล็ดข้าว (Bhattacharya and Rao, 1966) ช่วงเวลา ความดัน และอุณหภูมิ ของ กระบวนการ Steaming และ Drying ล้วนแต่มีผลต่อคุณภาพสีทั้งสิ้น (Jengar et al., 1972 ,Feiller and Alary ,1975, Ari et al., 1975, Stipe et al., 1976) ซึ่งข้าวแต่ละพันธุ์ จะใช้สภาวะของกระบวนการที่แตกต่างกันในการผลิตข้าวหนึ่ง และให้คุณภาพข้าวหนึ่งที่ดี รวมทั้งเป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่แตกต่างกัน ดังนั้นจากสภาวะปัจจุบัน ประเทศไทยมีรายได้จากการขายข้าวหนึ่งให้กับตลาดโลก แต่ประสบปัญหาทางด้านคุณภาพของสีของเมล็ดข้าว ยังไม่เป็นที่ต้องการหรือยอมรับเท่าที่ควรของตลาด ส่งผลต่อราคาข้าวหนึ่งที่ต่ำในขณะที่ต้นทุนค่อนข้างสูง จากการที่ผู้วิจัยได้เข้าไปสัมผัสกับสถานประกอบการที่มีการผลิตข้าวหนึ่งพบว่า ข้าวที่ผ่านกระบวนการหนึ่งโดยการใช้อาวุธเปลือกเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นนั้น เมื่อนำมาผ่านการหุงสุกแล้วจะให้คุณภาพข้าวที่ค่อนข้างแข็ง

รวมทั้งกลิ่น รสชาติที่ไม่น่ารับประทาน เมื่อเทียบกับข้าวที่ผลิตจากต่างประเทศที่ผลิตจากกระบวนการคล้ายคลึงกันกลับพบว่าได้ข้าวที่มีคุณภาพที่ดีกว่า นุ่มกว่า มีกลิ่นที่หอมกว่า น่ารับประทาน นี่อาจเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่น่าสนใจในการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหนึ่งโดยใช้ข้าวพันธุ์ที่มีการปลูกในประเทศไทยเพื่อ เป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวไทยได้ด้วย

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็น และต้องการจะศึกษาเพื่อพัฒนาหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง โดยใช้ข้าวไทยซึ่งพันธุ์ข้าวไทยที่นิยมนำมาผลิตข้าวหนึ่งได้แก่ข้าวพันธุ์ชัยนาท และข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ซึ่งคุณสมบัติของข้าวพันธุ์ดังกล่าว พบว่าเป็นข้าวที่มีค่าปริมาณ amylose content ในช่วง 26-30% เป็นข้าวที่มีรูปร่างเรียวยาวเล็ก เมล็ดผอม ดังนั้นจากคุณสมบัติดังกล่าวจะเห็นว่าเป็นการง่ายที่เมล็ดจะเกิดการดูดซึมน้ำได้ง่ายกว่าข้าวที่มีเมล็ดที่อ้วน เนื่องจากข้าวที่มีเมล็ดใหญ่หรืออ้วนนั้นปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าไปจะไม่สามารถเข้าได้ถึงกึ่งกลางของเมล็ด จึงมีผลการเกิดสภาวะเจลลาคีโนสเทชั่น และเป็นการเพิ่มมูลค่าของข้าวรวมทั้งให้คุณสมบัติที่เป็นที่ต้องการทั้งคุณสมบัติทางกายภาพและทางคุณภาพของข้าวหุงสุก โดยการใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบเริ่มต้น มาผ่านกระบวนการหลักทั้ง 4 กระบวนการของการผลิตข้าวหนึ่ง แทนการใช้ข้าวเปลือก ผลที่คาดว่าจะได้รับคือ สีของเมล็ดข้าวเมื่อผ่านการขัดขาวแล้วดีขึ้นเนื่องจากข้าวหนึ่งที่ใช้ข้าวเปลือกพบว่าเมล็ดสีจากเปลือกข้าวจะซึมเข้าไปในเมล็ดทำให้ได้สีที่ค่อนข้างเหลืองส่งผลต่อในเรื่องของกลิ่น และรสชาติ ไม่เป็นที่ต้องการหรือมีราคาต่ำ แต่ถ้าใช้วัตถุดิบเริ่มต้นเป็นข้าวกล้อง คาดว่าสีของเมล็ดข้าวที่ได้จะไม่เหลือง รวมทั้งคาดว่าจะการใช้ข้าวกล้อง จะมีผลต่อ ระยะเวลาที่ลดลงของแต่ละกระบวนการส่งผลต่อการลดลงของการใช้พลังงานด้วย น่าจะเป็นการลดต้นทุนของการผลิต ที่สำคัญได้ข้าวหนึ่งที่มีคุณภาพเหมาะกับการบริโภคและส่งเสริมเป็นสินค้าออกนอกรายได้เข้าสู่ประเทศ มีผลดีต่อเศรษฐกิจในสภาวะปัจจุบัน

วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. ศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตข้าวกล้องหนึ่งจากข้าวพันธุ์ชัยนาท, สุพรรณบุรี 1 และข้าวหอม KDML-105
2. ศึกษาผลของการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของข้าวกล้องหนึ่งหลังจากผ่านกระบวนการที่เหมาะสมแล้ว ทั้งทางกายภาพและทางเคมี รวมถึงการยอมรับของผู้บริโภค และเปรียบเทียบกับข้าวหนึ่งที่มีจำหน่ายในท้องตลาดแล้ว
3. ศึกษาการปรับกระบวนการผลิตข้าวกล้องหนึ่งจากห้องปฏิบัติการไปสู่การผลิตระดับอุตสาหกรรม

บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

ข้าวหนึ่ง เป็นอีกผลิตภัณฑ์หนึ่งของข้าว ที่ผ่านกระบวนการ Soaking, Steaming, Drying และ Milling ซึ่งเป็นการยากมากที่จะหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิต เนื่องการตัวแปรที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการมีมาก เช่น ชนิดของข้าว, เวลาและอุณหภูมิที่ใช้ในกระบวนการ Soaking และ Steaming รวมถึงค่าความดันด้วย และสภาวะของกระบวนการทำแห้งที่เหมาะสม หลังจากข้าวผ่านกระบวนการทั้ง 4 กระบวนการ แล้วพบว่าจะได้ข้าวที่มีโครงสร้างแตกต่างไปจากโครงสร้างเดิม ซึ่งในระหว่างกระบวนการ Soaking ทำให้ความชื้นของข้าวเพิ่มขึ้นประมาณ 35% ดังนั้นทำให้เกิดการ Gelatinization ของเม็ดแป้ง เมื่อข้าวผ่านกระบวนการ Steaming ให้ลักษณะของเนื้อสัมผัสที่แข็งขึ้น กลิ่นจะแตกต่างไปจากข้าวปกติ ให้สีของเมล็ดที่เหลืองขึ้น รวมทั้งใช้เวลานานในการหุง (Bhattacharya and Rao, 1966)

2.1 กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งที่สภาวะต่างๆ

lengar et al. (1972) ศึกษากระบวนการผลิตข้าวหนึ่งโดยการ Soaking ข้าวเปลือกที่อุณหภูมิ 100°C เวลา 20 นาที และนำไป Steaming ใน Autoclave ที่ความดัน 15 Psi เวลา 10 นาที พบว่าให้สีที่เหลืองน้อย เนื้อสัมผัสดี ปราศจาก White bellies แต่ปรากฏว่าให้กลิ่นในช่วงที่มีการ Soaking

Feiller and Alary (1975) ศึกษาหากระบวนการที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหนึ่ง โดยการใช้ข้าวเปลือกที่พันธุ์ต่างๆ ช่วงเวลาในการ Soaking 15-30 นาที ที่อุณหภูมิ 65 และ 75°C และเวลา 10, 20, 30 นาที ของการ Steaming ที่อุณหภูมิ 105, 112 และ 120°C. ผลที่ได้จากการทดสอบพบว่า การเพิ่มเวลา และอุณหภูมิของการ Steaming มีผลต่อสีของเมล็ดที่เพิ่มขึ้นรวมทั้งค่าปริมาณการแตกหักของเมล็ดที่ลดลง

Ari et al. (1975) รายงานผลของการศึกษากระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง โดยใช้ข้าวพันธุ์ Japonica ผลแสดงให้เห็นว่าการ Soaking ข้าวเปลือกที่เวลา 2-60 นาที ที่ความดันบรรยากาศ และ 15-30 นาที ที่ความดัน 1 kg/cm² เป็นสภาวะที่ให้คุณภาพข้าวที่ดี ค่าความหนืดของเมล็ดข้าวลดลง อุณหภูมิของ Gelatinization เพิ่มขึ้น ค่าอัตราส่วน water-uptake ลดลง

Stipe et al. (1976) ศึกษาการปรับเปลี่ยนเวลา และความดันของกระบวนการต่างๆ พบว่าค่าความชื้นมีผลต่อปริมาณการแตกหักของเมล็ด โดย Head rice yield จะเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณความชื้นหลังจากการ Drying ประมาณ 16%

Srihavong (1978) ศึกษากระบวนการทำแห้ง ของข้าวเปลือกที่ อุณหภูมิ 43 , 49 และ 60 °C โดยอัตราการไหลของอากาศร้อน 6.7, 13.3, 20 และ 26.7 m³/min-m พบว่าค่าความหนาของชั้นข้าวเปลือกไม่ควรเกิน 0.6 m เพื่อหลีกเลี่ยงความไม่สม่ำเสมอของความชื้นในระหว่างการทำแห้ง

Toshinori Kimura et al. (1991) ศึกษากระบวนการที่มีผลต่อค่าความแข็งของข้าวหนึ่ง ซึ่งการศึกษานี้มีความสัมพันธ์ระหว่างกระบวนการกับค่าคุณสมบัติของข้าวหนึ่ง โดยเน้นที่ค่าความแข็งของข้าวหลังจากที่ผ่านการหุงสุกแล้ว ซึ่งจากการทดสอบพบว่าไม่เฉพาะคุณลักษณะของกระบวนการหุงที่แตกต่างกันจะทำให้ค่าความแข็งของข้าวแตกต่างกัน แต่ยังเกี่ยวข้องกับกระบวนการทำแห้ง ผลของค่าความชื้นสุดท้ายของข้าวหนึ่งก็มีผลต่อค่าความแข็งของข้าว

Farouk and Islam (1995) ศึกษาอัตราของ water absorption ที่อุณหภูมิ 40-60°C จะได้ค่าความชื้นประมาณ 30-37% และอุณหภูมิ ของ Gelatinization ประมาณ 60-70°C

Inprasit and Noomhorm. (2001). ศึกษากระบวนการลดความชื้นของข้าวเปลือกพันธุ์ KDML-105 ด้วยกระบวนการต่างๆ เช่น การ Shade dry, sun drying และ การอบแห้ง และตรวจสอบคุณสมบัติของข้าวที่เกิดจากกระบวนการดังกล่าว จากการทดสอบพบว่า ค่า Stickiness และ water absorption ลดลงในขณะที่ b-value และ hardness เพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการลดความชื้นเพิ่มขึ้น ค่า Head rice yield ให้ค่าสูงสุดที่อุณหภูมิมากกว่า 60°C ถ้าใช้อุณหภูมิในการลดความชื้นที่น้อยกว่า 45°C พบว่าไม่มีผลใดๆต่อคุณสมบัติในการหุง

Elbert, M.P.Tolaba and Suarez, C. (2001) ศึกษาหาแบบจำลองเมื่อข้าวเปลือกผ่านกระบวนการข้าวหนึ่ง ในด้านของการดูดซึมน้ำและ เจลลาติไนส์ จากการทดสอบพบว่าอุณหภูมิวิกฤตที่ทำให้ข้าวเกิดกระบวนการเจลลาติไนส์ คือ 77°C

2.2 กระบวนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำต่อคุณภาพของข้าว

ในกระบวนการผลิตข้าวหนึ่ง ผลของกระบวนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำในกระบวนการ Steaming เป็นกระบวนการที่ทำให้ปริมาณเปอร์เซ็นต์ข้าวตันเพิ่มมากขึ้น และมีผลต่อคุณภาพของข้าวหุงสุก ค่าวิตามินมีปริมาณสูงมากขึ้น (Bor และ Robert, 1980)

Feller และ Deissinger (1978) รายงานผลการวิจัยศึกษากระบวนการให้ความร้อนด้วยไอน้ำที่สภาวะ 13 ถึง 32 psig ความชื้นเพิ่มมากขึ้น 14 ถึง 26 เปอร์เซ็นต์ความชื้น ด้วยเวลา 0 ถึง 14 นาที และอบแห้งที่ความชื้นสัมพัทธ์ 13%mc โดยกระบวนการ Fluidizing ด้วยอากาศเป็นเวลา 15 วินาที พบว่าค่าความเหนียวของเมล็ดข้าวลดลง และความชื้นเพิ่มมากขึ้น เมื่อเพิ่มความดันและเวลาการให้ความร้อนด้วยไอน้ำ รวมทั้งเพิ่มค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตันและค่าความเหลืองของเมล็ดข้าวด้วย

Deshpande et al.(1981) ศึกษาผลของกระบวนการให้ความร้อนในการผลิตข้าวหนึ่งที่มีความดันและเวลาต่างๆ กันดังนี้ 1) 0.5 kg/cm^2 15 min, 2 kg/cm^2 2 min 2) 1.0 kg/cm^2 10 min, 2 kg/cm^2 5 min 3) 0.5 kg/cm^2 15 min, 2 kg/cm^2 5 min 4) 1.0 kg/cm^2 10 min, 2.5 kg/cm^2 2 min 5) 2.0 kg/cm^2 5 min พบว่าที่ความดันสูงการถ่ายเทหรือส่งผ่านความร้อน ผ่านชั้นต่างๆ ของเมล็ดข้าวเข้าไปในใจกลางของเมล็ด (endosperm) ค่อนข้างสูงและรวดเร็ว ซึ่งจะส่งผลให้ค่าของสีที่ตัวเมล็ดข้าวเพิ่มมากขึ้น และพบว่าที่สภาวะ 0.5 kg/cm^2 15 min, 2 kg/cm^2 5 min .ให้คุณภาพข้าวหนึ่งที่ดีมาก

2.3 กระบวนการลดความชื้นกับคุณภาพของข้าว

ข้าวเปลือกที่เก็บเกี่ยวมาจะมีปริมาณความชื้นค่อนข้างสูงประมาณ 20-25% ดังนั้นจึงต้องทำการลดความชื้นลง เพื่อให้สะดวกในการจัดเก็บ และไม่ทำให้เมล็ดข้าวเกิดการเสียหาย ซึ่งกระบวนการลดความชื้นมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน รวมทั้งคุณภาพของข้าวทั้งทางกายภาพและทางเคมีที่ได้ กระบวนการทำแห้งควรต้องระมัดระวังอย่างสูง ทั้งในเรื่องของเวลา อุณหภูมิ และเปอร์เซ็นต์ความชื้นเริ่มต้น เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ของแต่ละชนิดพันธุ์ข้าว และแต่ละสภาวะของข้าว (Brooker et al.,1974)

Stipe et al. (1976) ศึกษากระบวนการทำแห้งข้าวเปลือกที่ความชื้นสูงด้วยเวลาอันสั้น โดยใช้อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือเพียงประมาณ 13% เพื่อป้องกัน

การแตกหักของเมล็ดระหว่างกระบวนการขัดขาว ดังนั้นการทำแห้งต้องทำการ Tempering ทันที หลังจากการทำแห้งแล้ว 1 ชั่วโมง ที่ 70 องศาเซลเซียส ในภาชนะปิดสนิท

Daniels et al.(1998) ศึกษากระบวนการทำแห้งที่อุณหภูมิ 33 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 67.8% RH และ 54.3 องศาเซลเซียส 21.9%RH ผลการทดสอบพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตันเพิ่มมากขึ้นเมื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำ แต่กลับลดลงเมื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิสูง ปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) เพิ่มมากขึ้นเมื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิต่ำ แต่ลดลงเมื่อลดความชื้นที่อุณหภูมิสูง

2.4 กระบวนการศึกษาคุณภาพของข้าวหุงสุก

Bhattacharya และ Sowbhagya (1971) ศึกษาปริมาณน้ำที่ถูกดูดซึมของข้าวในขณะหุงสุก โดยคำนวณจากน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของข้าวที่หุงสุกแล้วต่อน้ำหนักข้าวที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการหุงสุก ผลปรากฏว่าน้ำหนักของข้าวเพิ่มมากขึ้น ซึ่งขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น อุณหภูมิของการหุงพื้นที่ผิวของเมล็ดข้าว น้ำหนักของเมล็ดข้าว รวมทั้งรูปร่างของเมล็ดข้าว ดังนั้น ข้าวที่มีเมล็ดเรียวยาวและยาวจะสามารถดูดซึมน้ำได้มาก เมื่อเวลาในการหุงมากขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่มีความสัมพันธ์กับการเกิด gelatinization คือ 70-80 องศาเซลเซียส

บทที่ 3

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาแนวทาง และกระบวนการใหม่ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหนึ่ง โดยการใช้ข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณ 1, พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์ข้าวหอม KDML-105 มาผ่านกระบวนการ Soaking, Steaming, Drying and Milling แทนการใช้ข้าวเปลือก เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของข้าวหนึ่งและได้ข้าวหนึ่งที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของท้องตลาด ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยปัจจุบัน ปัญหาที่พบกับการส่งข้าวหนึ่งออกขายต่างประเทศคือ คุณภาพของสีข้าวยังไม่เป็นที่ต้องการ เนื่องจากคาดว่าถ้าใช้ข้าวเปลือกมาผ่านกระบวนการหนึ่งจะทำให้เมล็ดสีจากเปลือกข้าวซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าว ดังนั้นสีของเมล็ดที่ได้จะเหลืองมากและเมื่อนำมาหุงสุกก็จะทำให้ได้ข้าวที่มีเมล็ดสีเหลืองและมีกลิ่นที่ไม่ชวนรับประทานด้วย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้เล็งเห็นถึงปัญหาและทำการศึกษาค้นคว้า นำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งแทน จะทำให้สีของเมล็ดที่ได้ลดลงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ รวมทั้งได้ข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูง

เนื่องจากกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งนั้น ต้องอาศัยเครื่องจักรที่เกี่ยวข้อง คือ

1. ถังที่ใช้ในกระบวนการ Soaking ต้องสามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่ต้องการได้
2. ชุดทดสอบกระบวนการ Steaming
3. อุปกรณ์พื้นฐาน ของกระบวนการสีข้าว และการตรวจสอบคุณภาพของข้าวหนึ่ง

ซึ่งก่อนที่จะทำการสร้างชุดทดสอบนั้นต้องหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องหนึ่งที อุณหภูมิและความดันต่างๆ ของข้าวที่พันธุ์ต่างๆตามทีระบุไว้ข้างต้นแล้ว เนื่องจากคุณลักษณะที่แตกต่างกันจะทำให้ สภาวะที่ทำการหนึ่งแตกต่างกันด้วย

การวิจัยนี้จะเริ่มจากการนำข้าวหนึ่งที่จำหน่ายตามท้องตลาด และเป็นข้าวคุณภาพดีแล้วมาผ่านกระบวนการเพื่อทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น Water absorption, Color (L, a, b), Hardness, Cooking time และ Whiteness เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับการทดสอบเมื่อใช้ข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการหนึ่ง ดังนั้นระเบียบวิธีการวิจัย คือ

3.1 ทดสอบเบื้องต้น

ตามที่กล่าวไปแล้วข้างต้นจะต้องมีคุณสมบัติมาตรฐานของข้าวหนึ่งที่เป็นที่นิยมอยู่แล้วเป็นตัวเปรียบเทียบ ไม่เช่นนั้นแล้วจะไม่สามารถระบุได้ว่าการทดสอบที่ทำการทดสอบนั้นได้ผลหรือไม่

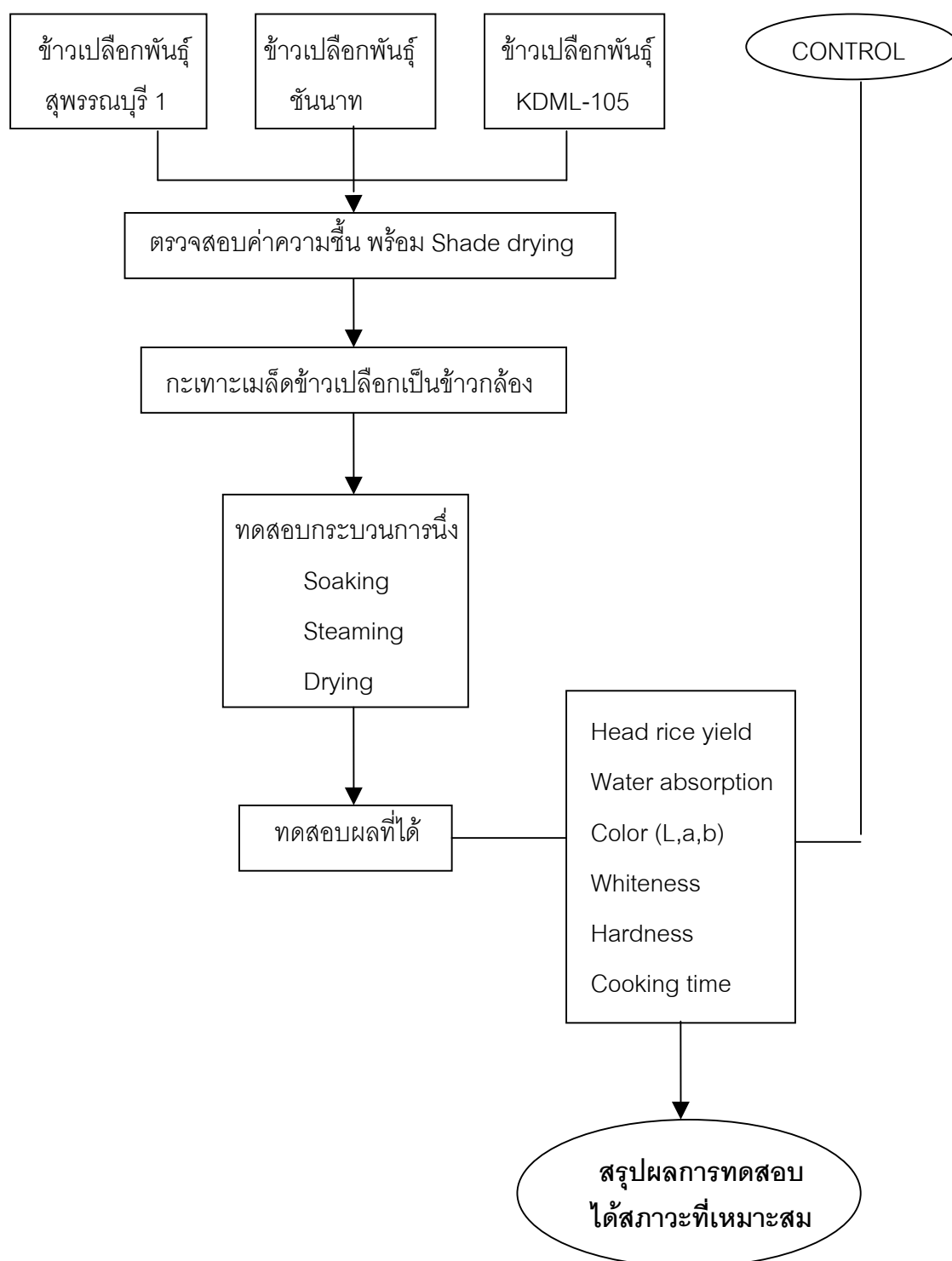
3.2 เก็บตัวอย่างข้าวเปลือก

ข้าวที่ได้จากการเก็บเกี่ยวโดยปกติจะมีอยู่ 2 ช่วง คือ ช่วง นาปี และนาปรังซึ่งอยู่ในช่วงเดือน พฤษภาคม และเดือนธันวาคม ดังนั้นเมื่อถึงช่วงเดือนดังกล่าวจึงต้องทำการเก็บตัวอย่างข้าว การเก็บตัวอย่างข้าวเก็บที่อุณหภูมิต่ำ ในสภาพที่เป็นข้าวเปลือกเมื่อต้องการทดสอบแล้วจึงค่อยนำไปกะเทาะเปลือกออก เพื่อป้องกันการเสียสภาพของเมล็ดข้าวและเกิดความเสียหายในกรณีที่ต้องการทดสอบนานๆ จะได้ไม่เป็นผลเสียต่อคุณภาพข้าวที่ได้

3.3 ทดสอบ

เมื่อมีตัวอย่างข้าวที่ต้องการทดสอบแล้ว นั่นคือพันธุ์สุพรรณบุรี 1, พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์ KDML-105 ก่อนที่จะทำการทดสอบกับเครื่องจักรที่มีอยู่แล้วในบริษัท โรส เอ็นจิเนียริง ชัพพลาย จำกัด ที่ต้องใช้ปริมาณข้าวกล้องในปริมาณมาก ดังนั้นจึงต้องทำการหาสภาวะที่เหมาะสมกับข้าวพันธุ์ต่างๆ ในห้องปฏิบัติการก่อน เพื่อลดปัญหาความสิ้นเปลืองวัตถุดิบเมื่อได้คุณภาพข้าวกล้องหนึ่งที่ไม่เหมาะสมระหว่างกระบวนการ ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ มีสภาวะและคุณสมบัติที่ใกล้เคียงกับอุปกรณ์ที่มีใช้ในภาคอุตสาหกรรม โดยที่ กระบวนการ Soaking ใช้หม้อต้มน้ำ (Water bath) ที่สามารถควบคุมอุณหภูมิตามที่เราต้องการได้ กระบวนการ Steaming ใช้หม้อนึ่งฆ่าเชื้อ (Autoclave) ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่สามารถควบคุมค่าความดัน อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในกระบวนการให้ความร้อนได้ และกระบวนการสุดท้ายคือกระบวนการทำแห้ง สำหรับในห้องปฏิบัติการจะใช้ ตู้อบลมร้อนที่มีลมช่วยในการระบายอากาศ

เมื่อทดสอบในห้องปฏิบัติการแล้วโดยตรวจสอบคุณสมบัติของข้าวกล้องหนึ่งที่ผ่านมากระบวนการทั้งในด้านของ Head rice yield, Water absorption, Color (L, a, b), Cooking time, Hardness และ Whiteness แล้วเปรียบเทียบกับตัว Control หรือข้าวหนึ่งที่ขายตามท้องตลาดที่มีอยู่จนได้สภาวะที่เหมาะสมและแน่นอนแล้วจึงนำมาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรในกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งที่มีขนาดใหญ่ขึ้น ซึ่งการทดสอบก่อนนี้มีประโยชน์เนื่องจากไม่สิ้นเปลืองวัสดุมากเมื่อกระบวนการที่ทดสอบผิดพลาด



ภาพที่ 3.1 แสดงกระบวนการดำเนินงานสำหรับการทดสอบในห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 3.2 แสดงวิธีการผลิตข้าวเหนียวจากข้าวกล้องในห้องปฏิบัติการ (Autoclave)

จากกระบวนการทดสอบผลิตข้าวเหนียวจากข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท, KDML-105 และสุพรรณบุรี 1 เบื้องต้นที่สภาวะต่างๆ พบว่าในการทดสอบนี้ได้เลือกใช้อุณหภูมิของการ Soaking เป็นแบบ Initial temperature ซึ่งหมายความว่าให้ความร้อนแก่น้ำปริมาตร 3000 ml จนกระทั่งได้อุณหภูมิตามที่ต้องการ แล้วจึงหยุดให้ความร้อนก่อนที่จะนำข้าวกล้องลงไปแช่ เนื่องจากการทดสอบเบื้องต้น (pretest) พบว่าการแช่ข้าวกล้องปริมาณ 1000 กรัม ที่อุณหภูมิ คงที่ตลอดจะได้ข้าวเหนียวที่มีเมล็ดร้าว เมื่อแช่ที่อุณหภูมิต่ำ แต่ถ้าแช่แบบอุณหภูมิคงที่ที่อุณหภูมิสูงขึ้น เมล็ดข้าวกล้องจะปริออกซึ่งในการทดสอบนี้ไม่ต้องการให้ได้ข้าวที่เมล็ดร้าวและข้าวที่เมล็ดปริ ซึ่งจะไปมีผลต่อกระบวนการ Steaming และ Drying ต่อไป ดังนั้นจึงได้ตัดวิธีการ Soaking แบบใช้น้ำร้อนอุณหภูมิคงที่ออก และทดลองโดยใช้แบบ Initial Temperature ซึ่งให้ผลเป็นที่น่าพอใจ ใช้อุณหภูมิเริ่มต้นที่ 70°C เนื่องจากเป็นอุณหภูมิของ Gelatinization ของแป้ง และปรับเปลี่ยนเป็น 80°C, 90°C และ 100°C ตามลำดับ และทำการปรับเปลี่ยนค่าของเวลาในการ Soaking ไปพร้อมกันด้วย แต่จากการทดสอบเบื้องต้นพบว่าถ้าค่าความชื้นของเมล็ดข้าวกล้องหลังจาก Soaking ไม่เหมาะสมก็ยังคงทำให้เมล็ดร้าวอยู่ หรือถ้าใช้อุณหภูมิสูงเกินไป คือที่ 90°C และ 100°C ทำให้เมล็ดปริออกเช่นกัน ถึงแม้จะทดสอบแบบ Initial Temperature ก็ตาม ก็ทำให้เมล็ดปริออกเช่นกัน ดังนั้นการทดสอบของงานวิจัยนี้จึงทดสอบที่อุณหภูมิ 70°C และ 80°C เท่านั้นและช่วงเวลาในการ Soaking ที่ 1, 2, 3 และ 4 ชั่วโมง ตามลำดับ

สำหรับช่วงเวลาอุณหภูมิของการ Steaming เนื่องจากอุปกรณ์ในห้องปฏิบัติการใช้ Autoclave ซึ่งสามารถทำอุณหภูมิต่ำสุดได้ที่ 105°C หรือที่ความดันประมาณ หรือที่ความดัน

ประมาณ 0.12 mPa และเป็นอุณหภูมิของการเกิดไอน้ำอิมิตวที่ความดันบรรยากาศซึ่งการ steam นั้นต้องการไอน้ำมาทำให้เม็ดแป้งเกิดการ gelatinization ซึ่งน้ำที่กลายเป็นไอน้ำที่อุณหภูมิ 100°C ดังนั้นการทดสอบนี้จึงเลือกใช้ที่อุณหภูมิต่ำที่สุดของ autoclave ที่สามารถทำได้นั้นคือ 105°C และปรับเปลี่ยนเวลาของการให้ความร้อนเป็น 10, 15 และ 20 นาที ตามลำดับ (ได้ค่าจากการทำการทดสอบเบื้องต้น)

สำหรับการอบแห้งในตู้อบแบบลมร้อนนั้นจากการทดสอบเบื้องต้น (pretest) โดยปรับเปลี่ยนช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 45-100°C ที่ความเร็วลม 4.5 m/s พบว่าที่อุณหภูมิสูงมีผลต่อระยะเวลาของการลดลงของค่าความชื้น และที่สำคัญมีผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพของเมล็ดด้วย จากการทดสอบเบื้องต้น พบว่า อุณหภูมิในช่วงดังกล่าวทำให้ความชื้นเคลื่อนที่ออกจากเมล็ดข้าวอย่างรวดเร็วทำให้เมล็ดเกิดการหดตัว และมีรอยร้าวเกิดขึ้น อีกทั้งการหดตัวของเมล็ดไม่สม่ำเสมอทำให้เกิดการโค้งงอของตัวเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงทดลองใช้วิธี Shead dry ซึ่งให้ผลดีกว่ามาก ซึ่งกระบวนการทำแห้งแบบ Shead dry ก็คือการนำข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งแล้วมาลดความชื้นลงโดยการผึ่งไว้ในสภาวะบรรยากาศปกติ ให้ผ่านลมตามธรรมชาติและอุณหภูมิห้องที่ประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส เป็นตัวกลางในการระบายความชื้นออกจากเมล็ดข้าว การเคลื่อนตัวของน้ำออกจากตัวเมล็ดข้าวช้า ดังนั้นโครงสร้างของตัวเมล็ดไม่เปลี่ยนแปลง และเมล็ดไม่ร้าว ยกเว้นกรณีที่มีปริมาณค่าความชื้นในช่วงเวลาของการ soaking ไม่เพียงพอที่จะทำให้เมล็ดร้าวได้ แต่ถ้าความชื้นมากเกินไปจะทำให้ระยะเวลาในการทำแห้งนานมากขึ้น ทำให้เกิดการเน่าเสียของเมล็ดข้าวกล้างที่นึ่งแล้วได้ เช่นกัน

จากที่กล่าวมาทั้งหมดจะเห็นว่าข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวกล้าง มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย ซึ่งแต่ละปัจจัยส่งผลต่อคุณลักษณะทางกายภาพทั้งสิ้นซึ่งเป็นการยากมากในการที่จะหาช่วงหรือสภาวะที่เหมาะสมออกมาได้ และข้าวแต่ละชนิดก็ให้คุณสมบัติที่แตกต่างกันอีกเช่นกัน

3.4 อุปกรณ์เครื่องมือและวิธีการในการตรวจสอบ

3.4.1 การหาปริมาณความชื้น (Moisture Content)

เนื่องจากการหาปริมาณความชื้นในกระบวนการต่างๆที่เกี่ยวข้องกับข้าวนั้น มีมากมายสำหรับการทดสอบนี้ใช้กระบวนการของ Mathews (1962) ในการหาปริมาณความชื้นของข้าวเปลือก โดยการอบที่อุณหภูมิ 130°C 16 hr ตัวอย่างข้าว 30 g และสำหรับการหาปริมาณความชื้นของข้าวกล้องที่หนึ่ง ใช้กระบวนการของ Jindal และ Siebenmorgen (1987) ที่ 130°C 24 h

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%wb.)} = \frac{(\text{น้ำหนักเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักสุดท้าย}) \times 100}{\text{น้ำหนักเริ่มต้น}} \quad \dots (3.1)$$



ภาพที่ 3.4 แสดงกระบวนการหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3.4.2 เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (Head Rice yield)

เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (Head rice yield) เป็นการหาปริมาณข้าวเต็มเมล็ดหลังจากที่ผ่านกระบวนการขัดขาวมาแล้วและแยกขนาด ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้คือ เครื่องกะเทาะเมล็ด เครื่องขัดขาว และเครื่องแยกขนาดเมล็ด ตามลำดับ โดยที่ควบคุมเวลาที่ใช้ในการขัดขาวที่ 120 วินาที

$$\text{เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (\%)} = \frac{(\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น} - \text{น้ำหนักข้าวที่หัก}) \times 100}{\text{น้ำหนักข้าวเปลือกเริ่มต้น}} \quad \dots (3.2)$$



ภาพที่3.5 แสดงเครื่องกะเทาะข้าวเปลือกที่ใช้ในกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน



ภาพที่ 3.6 แสดงเครื่องคัดเมล็ดข้าวหักที่ใช้ในกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน



ภาพที่ 3.7 แสดงเครื่องขัดขาวเมล็ดข้าวที่ใช้ในกระบวนการหาค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน

3.4.3 สี (Color)

เนื่องจากหน่วยที่ใช้ในการวัดค่าสีมีมากมายในที่นี้จะทำการวัดค่าสี ในหน่วยของ L a b ซึ่งอุปกรณ์ที่ใช้วัดเป็นเครื่องวัดสีแบบมือถือที่สามารถระบุค่าสีออกมาได้ตามหน่วยที่ต้องการ ซึ่งค่า

L เปรียบได้กับ ค่าความสว่างของวัตถุ

a เปรียบได้กับ ค่าสีที่มีค่าสีในช่วงของสีแดง (+a) และเขียว (-a)

b เปรียบได้กับ ค่าสีที่มีค่าสีอยู่ในช่วงของสีเหลือง(+b) และน้ำเงิน (-b)



ภาพที่ 3.8 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวัดค่าสีของเมล็ดข้าว

3.4.4 ความขาว (Whiteness)

เครื่องมือที่ใช้วัดค่าความขาวสามารถวัดโดย Kett Electric Laboratory ซึ่งค่าความขาวที่วัดได้สามารถวัดได้ออกมาเป็นค่าเปอร์เซ็นต์ความขาว

3.4.5 เวลาในการหุง (Cooking time)

ข้าวแต่ละพันธุ์ และที่ผ่านกระบวนการแตกต่างกันจะให้ค่าของเวลาในการหุงสุกที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องทำการวัดค่าเวลาในการหุง ซึ่งกระบวนการดังกล่าวสามารถวัดได้โดยการ หุงข้าวในน้ำที่ปริมาณ 70 ml อุณหภูมิ 97-99°C หลังจาก 10 นาทีให้นำตัวอย่างข้าวออกมา 10 เมล็ดแล้วกดด้วยกระจกสังเกตถ้า 90% ของเมล็ดใสก็ถือว่าเวลาช่วงนั้นเป็น Cooking time แต่ถ้ายังไม่ถึง 90% ของเมล็ดที่ใสก็ทำการตรวจสอบทุก 2 นาที (Juliano, 1982)



ภาพที่ 3.9 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Cooking time ของเมล็ดข้าว

3.4.6 ปริมาณในการดูดซึมน้ำ (Water absorption)

กระบวนการทดสอบค่าการดูดซึมน้ำของเมล็ดข้าวใช้กระบวนการของ Sabularse et al. (1991) 10 g ของข้าวใส่ในน้ำ 20 ml ลงในหลอดทดลองหุงต้มใน water bath ที่ 95°C เท่ากับเวลาของ Cooking time หลังจากนั้นคำนวณปริมาณของน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นเมื่อผ่านกระบวนการแล้ว



ภาพที่ 3.10 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Water absorption ของเมล็ดข้าว

3.4.7 ค่าความแข็ง (Hardness)

วัดค่าความแข็งโดยเครื่องมือที่เรียกว่า Texture analyzer โดยวิธีการ Back Extrusion ซึ่งในการวัดค่าความแข็งนั้นต้องใช้ข้าวที่ผ่านการหุงสุกแล้ว และข้าวแต่ละชนิดจะใช้ปริมาณในการหุงที่แตกต่างกัน ดังนั้นจากวิธีในการหุงข้าวของ Banjong (1986) ได้ทดสอบจนได้ค่าสมการความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณข้าวสารและปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงดังนี้

$$W_w = 3.125DM - W_m + W_s \quad \text{.....(3.3)}$$

- W_w = ปริมาณน้ำที่ใช้ต่อปริมาณข้าวสาร 25 กรัม
 DM = น้ำหนัก drymass ของข้าวสาร 25 กรัม ซึ่งหาได้โดยการอบข้าวสารที่น้ำหนักเริ่มต้น 25 กรัม อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง
 W_m = น้ำหนักของข้าวสาร 25 กรัม
 W_s = น้ำหนักไอน้ำที่สูญเสียในช่วงของการอบ (สำหรับข้าว 25 กรัมค่าที่ใช้ 0.7 กรัม)

เช่น จากการอบข้าวที่ 25 กรัม อุณหภูมิ 130°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ได้ปริมาณ Drymass เท่ากับ 21.615 กรัม ดังนั้นถ้าจะหุงข้าวที่ปริมาณน้ำหนักข้าวเริ่มต้น 25 กรัมต้องใช้ปริมาณน้ำทั้งสิ้น

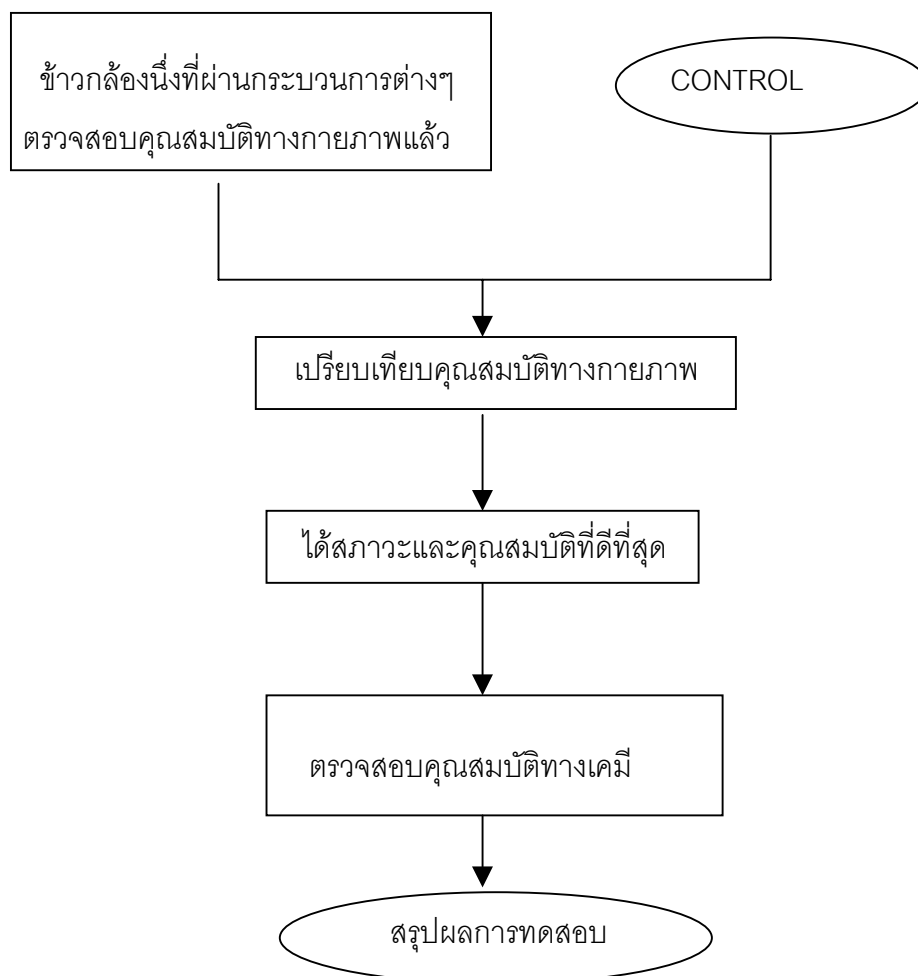
$$\begin{aligned}
 W_w &= (3.125 \times 21.615) - 25 + 0.7 \\
 &= 43.246 \text{ กรัม}
 \end{aligned}$$



ภาพที่ 3.11 แสดงเครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการหาค่า Hardness ของเมล็ดข้าว

3.5 เปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวหนึ่งที่สภาวะต่างๆ

เปรียบเทียบคุณสมบัติต่างๆ ของข้าวหนึ่งทั้งก่อนหุงสุก และหลังหุงสุก ระหว่างข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการ, ข้าวหนึ่งผ่านกระบวนการ และข้าวหนึ่งที่ขายตามท้องตลาด ด้วยวิธีการทดสอบจากเครื่องมือต่างๆ (Mechanical Test) และจากการทดสอบโดย Sensory Test และตรวจสอบคุณภาพของข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการทางด้านเคมี (คุณค่าทางอาหาร)



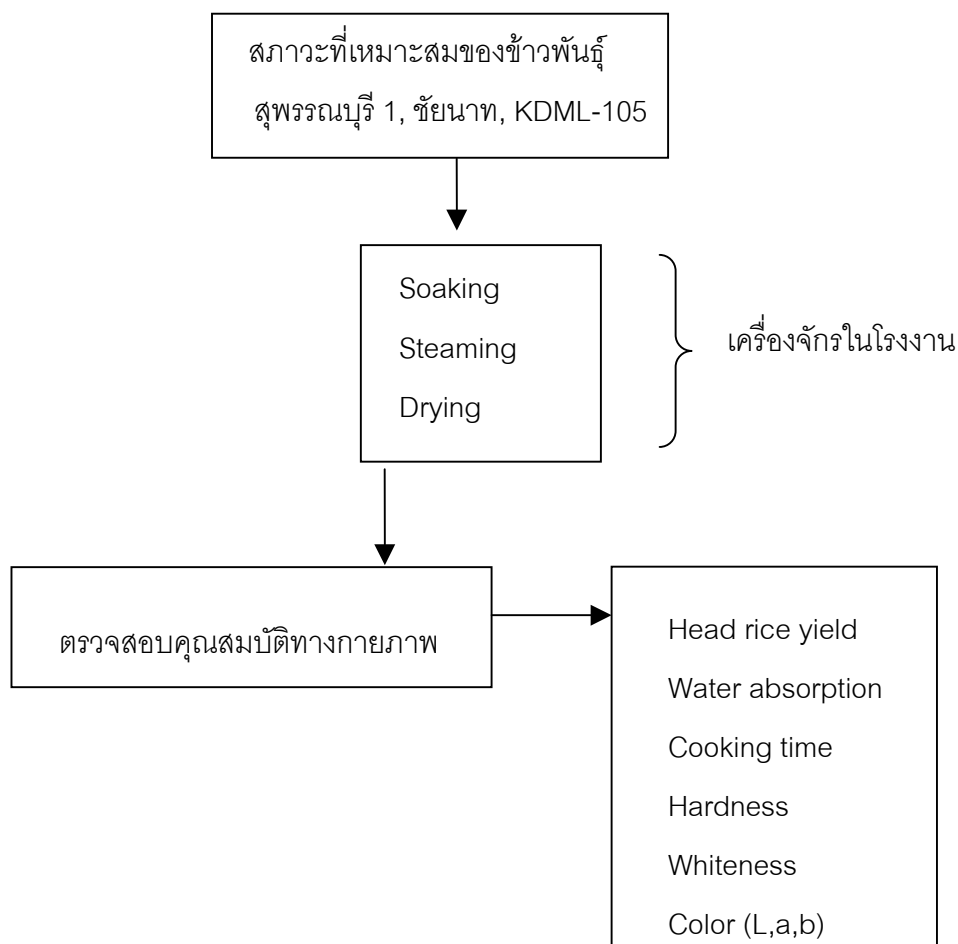
ภาพที่ 3.12 แสดงกระบวนการเปรียบเทียบคุณสมบัติของข้าวกล้องหนึ่งที่ผ่านกระบวนการกับ Control

***ส่วนที่สำคัญในเรื่องของสีของเมล็ดเนื่องจากแต่ละประเทศที่มีการบริโภคข้าวหนึ่งนั้น มีความต้องการสีของเมล็ดที่แตกต่างกัน แต่สำหรับการทดสอบนี้ เปรียบเทียบกับความต้องการของผู้บริโภคโดยตรงคือ จากกระบวนการ sensory test และเทียบกับข้าวหนึ่งที่มีขายตามท้องตลาด

3.6 กระบวนการทดสอบคุณภาพข้าวกล้องหนึ่งกับเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม

เมื่อได้ผลทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง จากห้องปฏิบัติการแล้วนำสภาวะที่ได้และเหมาะสมกับข้าวพันธุ์ต่างๆ มาประยุกต์ใช้กับเครื่องจักรทางด้านอุตสาหกรรม ซึ่งเครื่องจักรที่ใช้ในการทดสอบนี้ทาง บริษัท ไรซ์ เอ็นจิเนียริง ซัพพลาย จำกัด จะเป็นผู้ดำเนินการทดสอบร่วมกับนักวิจัย โดยเครื่องจักรที่ทางบริษัทได้ดำเนินการสร้างเรียบร้อยแล้ว แต่เดิมเป็นการหนึ่งโดยการนำข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบหลัก แต่ต้องการนำมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการหนึ่งโดยใช้ข้าวกล้อง เพื่อที่จะได้เป็นการใช้เครื่องมือ

เครื่องจักรให้ได้ประสิทธิภาพสูงสุด อีกทั้งได้คุณภาพข้าวหนึ่งที่มีคุณภาพดีขึ้น โดยเฉพาะในเรื่องของสีที่น่าจะลดลง



ภาพที่ 3.13 แสดงกระบวนการในช่วงทดสอบกับเครื่องจักรใน บริษัท ไรซ์ เอ็นจิเนียริง ซัพพลาย จำกัด

****เนื่องจากการทดสอบทางเคมีเป็นการทดสอบที่เสียค่าใช้จ่ายสูงดังนั้นจะทดสอบเฉพาะข้าวกล้องหนึ่งทีผ่านกระบวนการแล้วให้คุณสมบัติที่ดีที่สุดเท่านั้นของแต่ละพันธุ์ข้าว

บทที่ 4

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

เนื่องจากข้าวแต่ละชนิดต้องการปริมาณน้ำในการหุงที่แตกต่างกัน ซึ่งจะเห็นได้จากการหุงถ้าใส่น้ำมากเกินไปก็จะให้ข้าวที่แฉะและติดกันเป็นก้อน หรือถ้าน้อยเกินไปข้าวที่ได้ก็จะแข็ง ดังนั้นจากกระบวนการในการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวในส่วนของคุณค่าความแข็งนั้น เพื่อให้ใช้ปริมาณน้ำที่เหมาะสมกับข้าวแต่ละชนิดดังนั้นจึงขออ้างวิธีในการหาปริมาณน้ำของ Banjong(1986) ซึ่งหาปริมาณน้ำที่ใช้ในการหุงข้าวโดยใช้การหาค่า Drymass ซึ่งผลที่ได้ค่าความชื้นของข้าวหลังจากหุงสุกแล้วจะอยู่ที่ประมาณ 67-68 เปอร์เซ็นต์ และอธิบายวิธีการหาในบทของอุปกรณ์และวิธีการแล้ว

ตารางที่ 4.1 แสดงค่าของ Dry mass ของข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่น้ำหนัก 25 g อบที่อุณหภูมิ 130°C 24 ชั่วโมง

TYPE	can	rice	After	Dry mass	Ww
	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)
ชัยนาท	17.13	25.29	38.85	21.72	
	16.58	25.29	38.25	21.67	
	17.48	25.52	39.31	21.83	
เฉลี่ย	17.06	25.37	38.80	21.74	43.27
สุพรรณบุรี 1	17.03	25.27	38.67	21.64	
	17.5	25.58	39.45	21.95	
	17.02	25.35	38.74	21.72	
เฉลี่ย	17.18	25.40	38.95	21.77	43.33
KDML-105	17.45	25.45	38.54	21.09	
	17.03	25.36	38.54	21.51	
	16.84	25.71	38.21	21.37	
เฉลี่ย	17.11	25.51	38.43	21.32	41.83

ผลของการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง แบ่งการพิจารณาออกเป็น

- 4.1 กระบวนการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องในห้องปฏิบัติการของข้าวพันธุ์หอมมะลิ (KDML-105), พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์สุพรรณบุรี 1

- 4.2 กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือก ในห้องปฏิบัติการของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยใช้สภาวะการทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1
- 4.3 กระบวนการทดสอบการลดปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการนี้
- 4.4 กระบวนการเก็บรักษาคุณภาพข้าวที่สภาวะต่างๆ
- 4.5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (Sensory Test)
- 4.5 กระบวนการทดสอบ การผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม

4.1 กระบวนการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง ในห้องปฏิบัติการของข้าวพันธุ์หอมมะลิ (KDML-105), พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์สุพรรณบุรี 1

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาหาแนวทาง และกระบวนการใหม่ที่เหมาะสมในการผลิตข้าวหนึ่ง โดยใช้ข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1, พันธุ์ชัยนาท และพันธุ์ข้าวหอม KDML-105 มาผ่านกระบวนการ Soaking, Steaming, Drying and Milling แทนการใช้ข้าวเปลือก เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของข้าวหนึ่งและได้ข้าวหนึ่งที่มีคุณภาพเป็นที่ต้องการของท้องตลาด ทั้งในประเทศและต่างประเทศ โดยปัจจุบันปัญหาที่พบกับการส่งข้าวหนึ่งออกขายต่างประเทศคือ คุณภาพของสีข้าวยังไม่เป็นที่ต้องการ เนื่องจากคาดว่า การใช้ข้าวเปลือกมาผ่านกระบวนการจะทำให้สีจากเปลือกข้าว ซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดข้าว ดังนั้นสีที่ได้จะเหลืองมากและเมื่อนำมาหุงสุกก็จะทำให้ได้ข้าวที่มีเมล็ดสีเหลืองด้วย อีกทั้งกลิ่น รสที่ไม่ชวนรับประทาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงศึกษาว่าถ้านำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งแทนจะทำให้สีของเมล็ดที่ได้ลดลงและเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคทั้งภายในและภายนอกประเทศ

การวิจัยนี้จะเริ่มจากการนำข้าวหนึ่งที่จำหน่ายตามท้องตลาด และเป็นข้าวคุณภาพดีแล้วมาผ่านกระบวนการเพื่อทดสอบหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพ เช่น Head rice yield, Water absorption, Color(L, a, b), Hardness, Cooking time และ Whiteness เพื่อนำข้อมูลดังกล่าวมาเป็นข้อมูลพื้นฐานในการเปรียบเทียบกับผลการทดสอบเมื่อใช้ข้าวกล้องมาเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในการ

ตารางที่ แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่างๆ ของ

ชนิดของ	Moisture after Steam	L	a	b	whiteness	Yield	Cooking time	Cooking time
พันธุ์ข้าว	%				%	%	water bath (mir	cooker
IN 70/1-105/10	37.70	67.57	1.20	10.33	38.00	67.74	17.00	14.00
IN 70/1-105/15	38.66	67.07	1.13	10.40	37.13	65.93	17.00	14.00
IN 70/1-105/20	38.72	66.50	1.03	9.97	36.70	65.43	17.00	14.00
IN 70/2-105/10	39.43	67.37	1.30	10.23	37.63	66.18	17.00	14.00
IN 70/2-105/15	39.64	66.67	1.10	10.17	36.57	65.43	17.00	14.00
IN 70/2-105/20	39.24	66.80	1.17	10.57	34.57	67.95	17.00	14.00
IN 70/3-105/10	39.85	67.12	1.21	10.21	37.21	63.93	17.00	14.00
IN 70/3-105/15	39.54	67.11	1.26	10.23	36.54	65.38	17.00	14.00
IN 70/3-105/20	40.08	66.89	1.15	10.25	34.21	66.77	17.00	14.00
IN 70/4-105/10	39.42	66.47	1.27	10.17	35.97	67.30	17.00	14.00
IN 70/4-105/15	40.17	66.20	1.23	10.07	38.37	66.19	17.00	14.00
IN 70/4-105/20	41.88	65.10	1.47	10.13	33.23	66.72	17.00	14.00
IN 80/1-105/10	42.56	66.25	1.31	10.11	38.97	57.37	17.00	14.00
IN 80/1-105/15	43.56	66.11	1.29	10.32	36.52	58.98	17.00	14.00
IN 80/1-105/20	43.85	65.85	1.30	10.58	34.21	60.50	17.00	14.00
IN 80/2-105/10	46.92	66.30	1.23	10.23	38.03	56.47	17.00	14.00
IN 80/2-105/15	47.49	65.83	1.33	10.23	35.43	54.96	17.00	14.00
IN 80/2-105/20	49.99	65.53	1.50	10.30	34.97	58.04	17.00	14.00
IN 80/3-105/10	50.08	67.12	1.20	10.36	38.96	63.71	17.00	14.00
IN 80/3-105/15	49.98	67.15	1.35	10.14	36.57	65.38	17.00	14.00
IN 80/3-105/20	50.21	66.93	1.32	9.89	34.20	62.82	17.00	14.00
IN 80/4-105/10	51.16	67.20	1.10	9.97	38.80	64.27	17.00	14.00
IN 80/4-105/15	51.47	65.83	1.37	9.93	34.93	70.67	17.00	14.00
IN 80/4-105/20	52.24	65.43	1.40	10.60	34.07	54.03	17.00	14.00

4.1.1 สรุปผลการทดสอบหาสถานะที่เหมาะสม กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์

KDML-105

4.1.1.1 ปริมาณความชื้น (moisture content)

จากการทดสอบพบว่าค่าความชื้นที่ได้จากกระบวนการ soaking ระหว่าง Initial temperature 70°C 1 hr ถึง 80°C 4 hr ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 37-53% ซึ่งจากการสังเกตและพิจารณาจากข้อมูลที่ได้พบว่าในช่วงค่าความชื้น 37-38% เมล็ดข้าวยังคงมีบางเมล็ดที่มีรอยร้าวเกิดขึ้นนั้นหมายความว่าปริมาณน้ำที่ดูดซึมเข้าไปภายในเมล็ดไม่เพียงพอ แต่ถ้าช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่า 45% ขึ้นไปพบว่าจะเกิดการบรืออกของเมล็ดข้าวกล้องทำให้รูปทรงของเมล็ดไม่สวยงามผิวด้านนอกและในขณะที่ยใจกลางของเมล็ดยังคงมีลักษณะเป็นไตขาวอยู่ จากการทดสอบกระบวนการ Soaking ข้าวพันธุ์ KDML-105 ที่อุณหภูมิ Initial Temperature 80°C เวลา 3-4 hr ทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นสูงมากประมาณ 50% ดังนั้นจะทำให้เมล็ดข้าวเสียรูปทรง และเมื่อนำไปทำการลดความชื้นลงให้ได้ความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry ประมาณ 12-13% ต้องใช้เวลานานมากจึงทำให้เมล็ดข้าวมีกลิ่นของการหมักเกิดขึ้น ดังนั้นจึงไม่เป็นการดีถ้ายังคงใช้กระบวนการ Shade dry จึงต้องลดความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน ซึ่งก็ทำให้เมล็ดข้าวลดความชื้นลงรวดเร็วมากทำให้เมล็ดข้าวริบแบนเสียรูปทรง และมีเม็ดแบ่งเกาะตัวกันอย่างแน่นมาก เมล็ดแข็ง ดังนั้นจะมีผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพตัวอื่นๆ ซึ่งจะได้กล่าวต่อไป จากข้อมูลจะเห็นว่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาในการ soaking ดังนั้นจากการทดสอบนี้พบว่าช่วงความชื้นที่เหมาะสมของกระบวนการ Soaking จะอยู่ในช่วงประมาณ 39-42% โดยที่ไม่ทำให้เมล็ดบรืออกเสียรูปทรงซึ่งก็คือช่วง ที่อุณหภูมิ 70°C เวลา 2-4 ,hr

4.1.1.2 ค่าสีของเมล็ดข้าว (color)

ในการวัดค่าสีจะใช้ค่าในการแสดงผล คือ L a b โดยพิจารณาค่า b-value เป็นค่าหลักเพราะเนื่องจากค่า b-value แสดงถึงค่าความเหลืองของเมล็ดข้าวยิ่งค่า b-value มากนั้นหมายความว่า ค่าของเมล็ดมีความเหลืองมากจากการทดสอบหาสถานะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งพันธุ์ KDML-105 พบว่าค่า b-value อยู่ในช่วง 9.9-10.64 ซึ่งจะเห็นว่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ก็มีเปลี่ยนแปลงโดยเมื่อเพิ่ม เวลาในการ Steam ทำให้ค่า b-value เพิ่มขึ้น และเปรียบเทียบกับ Control หรือข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวเปลือกจะยิ่งเห็นได้ชัดเจนมากกว่า การใช้ข้าวกล้องในการผลิตข้าวหนึ่งทำให้ค่า b-value ลดลง

4.1.1.3 ค่าความขาวของเมล็ด (Whiteness)

ค่า Whiteness จะมีค่าอยู่ระหว่าง 0-100 (0 หมายถึงค่าความขาวน้อยหรือดำ, 100 หมายถึงค่าความขาวมาก) เป็นค่าที่มีความสัมพันธ์กับเรื่องของสี ซึ่งจะเป็นในทิศทางตรงกันข้าม นั่นคือ ค่า b-value เพิ่มขึ้นทำให้ค่า whiteness ลดลง แต่ถ้าค่า b-value ลดลงทำให้ค่า whiteness เพิ่มขึ้นและจากการทดสอบ ค่า whiteness อยู่ในช่วง 34-39% ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลาของการ steam ยิ่งใช้เวลาในการ steam นานค่า whiteness ก็ลดลง เมื่อเปรียบเทียบค่า Whiteness ของเมล็ดข้าวระหว่างข้าวหนึ่งที่เกิดจากข้าวกล้องกับข้าวหนึ่งที่เกิดจากข้าวเปลือกในท้องตลาดค่า Whiteness จะน้อยกว่ามาก หรือลดลงแต่เมื่อเทียบกับข้าวใหม่ที่ยังไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ กลับพบว่ามีความใกล้เคียงกัน

4.1.1.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (Head rice yield)

เป็นค่าแสดงเปอร์เซ็นต์ของข้าวเต็มเมล็ด เมื่อเทียบกับปริมาณของข้าวกล้องหนึ่งเริ่มต้นจากการทดสอบพบว่าอยู่ในช่วง 55-68% ซึ่งจากการทดสอบพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (Head Rice Yield) เพิ่มขึ้นตามค่าของความแข็งแต่ที่ Initial Temperature 80°C เวลา 1 และ 2 hr พบว่าปริมาณค่าความชื้นของเมล็ดข้าวมาก ดังนั้นตัวเมล็ดจะปริออกเมื่อนำไป shade dry ทำให้เกิดการหดตัวของเมล็ดค่อนข้างสูงดังนั้นจึงมีผลต่อ เปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (head rice yield) ที่จะเห็นว่าค่า Head rice yield จะมีค่าลดลงเนื่องมาจากเมล็ดบางเมล็ดมีรอยร้าวเพราะปริมาณน้ำไม่เพียงพอสำหรับการเกิด gelatinization แต่สำหรับในช่วง Initial Temperature 80°C เวลา 4 hr นั้นพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตันลดลง เนื่องจากกระบวนการลดความชื้นอย่างรวดเร็วทำให้เสียรูปทรงของเมล็ดข้าว เมื่อนำไปขัดขาวทำให้แตกหักง่าย

4.1.1.5 เวลาในการหุง (cooking time)

เวลาในการหุงข้าวแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ชนิดของพันธุ์ข้าว กระบวนการในการผลิต และในภาชนะที่แตกต่างกัน ขนาดต่างกันก็ใช้เวลาในการหุงที่แตกต่างกันด้วย ซึ่งวิธีในการตรวจสอบค่า cooking time ได้อธิบายไว้ใน บทที่ 3 แล้ว จากการทดสอบพบว่าเวลาในการหุงข้าว KDML-105 ใน water bath ใช้เวลา 17 นาที สำหรับใน Cooker โดยที่อุณหภูมิในการหุงเท่ากันพบว่าค่า เวลาในการหุง คือ 14 นาที ซึ่งจะเห็นว่าในแต่ละสถานะของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องให้ค่าที่เท่ากัน แต่เมื่อเทียบกับข้าวใหม่พบว่า ให้เวลาในการหุงไม่แตกต่างแต่ถ้าเทียบกับ Control หรือข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกจะให้เวลาในการหุงลดลงอาจเนื่องมาจากชนิดพันธุ์ข้าวต่างชนิดกัน ดังนั้นไม่สามารถเปรียบเทียบกันได้ขณะนี้

4.1.1.6 ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption)

จากการทดสอบพบว่าค่า ปริมาณการดูดซึมน้ำ อยู่ระหว่างช่วง 1.9-2.3 g water/ g rice ซึ่งในช่วง Initial temperature เดียวกันจะให้ค่า ปริมาณการดูดซึมน้ำลดลง เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนที่อุณหภูมิเดียวกัน ในช่วง Initial temperature 80°C 4 hr พบว่าค่า ปริมาณการดูดซึมน้ำจะให้ค่าที่สูงเมื่อเทียบกับที่อุณหภูมิ 70°C ที่เวลาต่างๆ ทั้งนี้อาจเป็นเพราะเมล็ดที่แตกออกในช่วงของการ soaking ทำให้โครงสร้างของแป้งภายในเมล็ดเกิดการเปลี่ยนแปลง เมื่อสัมผัสหรือดูดซึมน้ำเข้าไปอีกครั้งจึงเกิดการบวมและบานออกของเมล็ดอย่างมาก ซึ่งส่งผลให้ค่าความแข็งของเมล็ดลดลงอย่างเห็นได้ชัด แต่เมื่อเทียบกับข้าวใหม่พบว่า ข้าวหนึ่งทีผลิตจากข้าวกล้องยังคงให้ค่า ปริมาณการดูดซึมนำน้อยกว่า

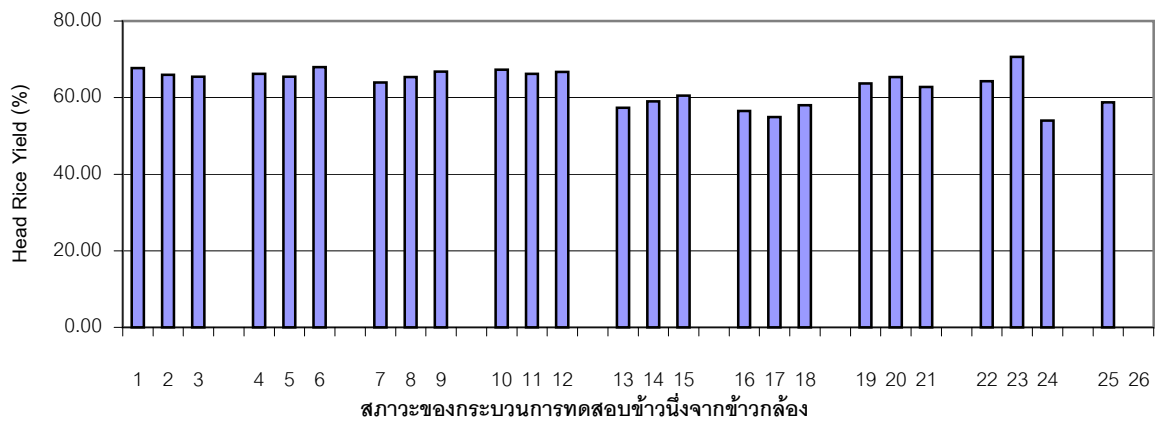
4.1.1.7 ค่าความแข็ง (Hardness)

ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวสุกทดสอบโดยใช้เครื่อง texture analyzer ดังที่แสดงใน บทที่ 3 จากการทดสอบพบว่าค่าความแข็งของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนช่วง steaming และเพิ่มตามค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดข้าวขณะ Soaking ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวมีผลต่อความรู้สึกในการรับประทาน ซึ่งไม่สามารถบอกได้ว่าดีหรือไม่ดีอย่างไรเนื่องจากบุคคลแต่ละบุคคลมีความชอบที่แตกต่างกันบางคนอาจชอบรับประทานข้าวแข็งบางคนอาจชอบรับประทานข้าวนุ่มกว่า

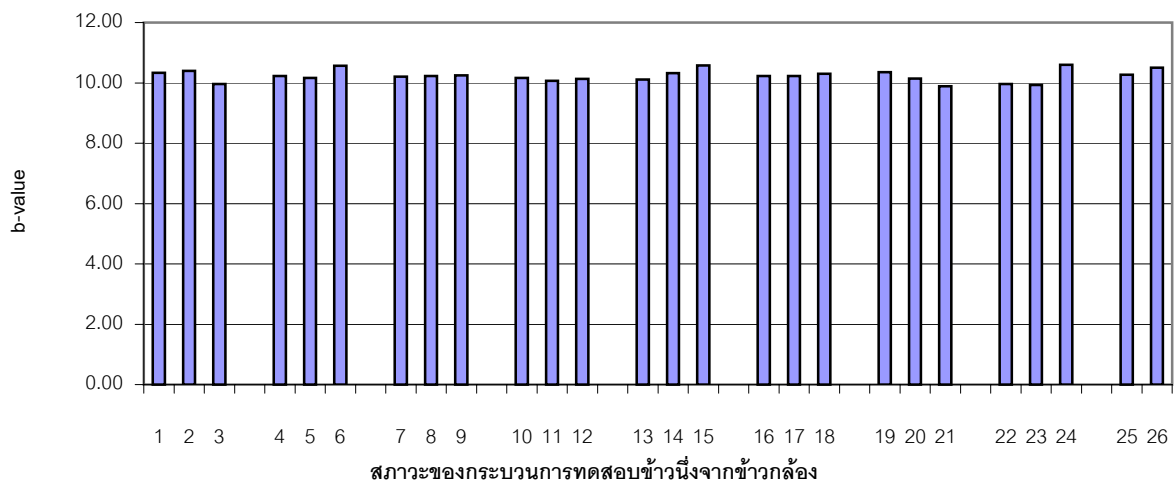
จากภาพรวมทั้งหมดของกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์ KDML-105 ที่สภาวะต่างๆ พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพภายนอกโดยใช้สายตาในการสังเกต และจากค่าทางตัวเลขที่ได้จากการทดสอบดังตารางที่ 4.2 พบว่า กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง ต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้องมากมายอีกทั้ง ต้องควบคุมกระบวนการอย่างเข้มงวดเพราะโครงสร้างของเมล็ดข้าวค่อนข้างบอบบางแล้วสิ่งที่สำคัญ คือในเรื่องของเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ถ้าต้องการผลิตเชิงการค้าถึงแม้ว่าคุณภาพข้าวเป็นที่น่าพอใจ แต่กลับให้ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตันต่ำก็คงไม่เป็นการดีเป็นแน่ ดังนั้นจากการทดสอบข้าวกล้องหนึ่งพันธุ์ KDML-105 พบว่ากระบวนการที่เหมาะสมเมื่อทำการแช่ข้าว (Soaking) ที่ Initial Temperature 70°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง และให้ความร้อนที่ (Steaming) อุณหภูมิ 105°C ในช่วงเวลา 10-20 นาที และตามด้วยกระบวนการลดความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry จนกระทั่งความชื้นลดลงเหลือเพียง 12-13% ก่อนที่จะนำมาขัดขาวต่อไป

ตารางที่ 4.3 แสดงสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแปรในแผนภูมิสำหรับการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวกล้องนี้

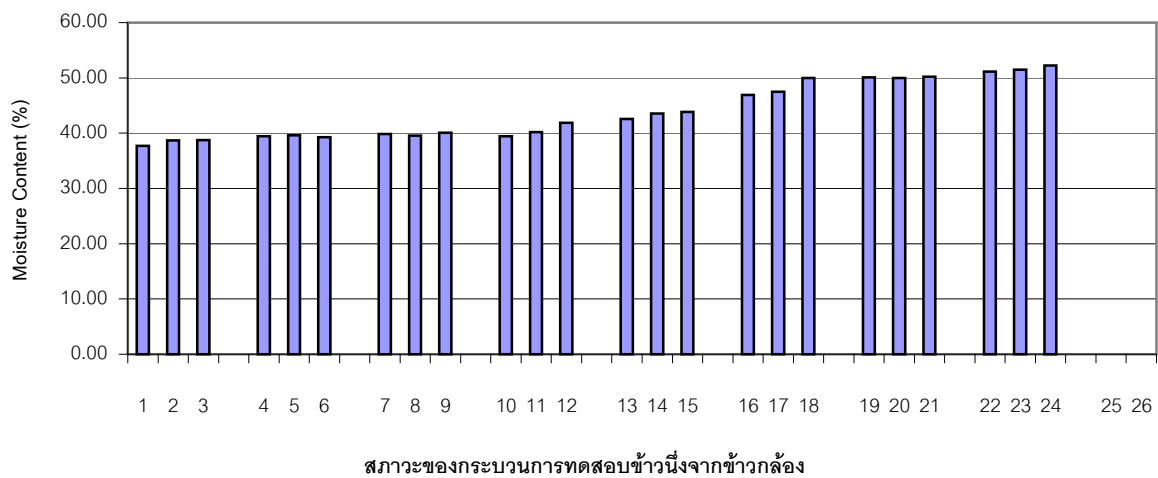
สัญลักษณ์	อุณหภูมิในการแช่	เวลา	อุณหภูมิในการให้ความร้อน	เวลา	ทำแห้ง
	Soaking(^o C)	Min	Steaming(^o C)	min	Shade dry
1	70	1	105	10	“
2	70	1	105	15	“
3	70	1	105	20	“
4	70	2	105	10	“
5	70	2	105	15	“
6	70	2	105	20	“
7	70	3	105	10	“
8	70	3	105	15	“
9	70	3	105	20	“
10	70	4	105	10	“
11	70	4	105	15	“
12	70	4	105	20	“
13	80	1	105	10	“
14	80	1	105	15	“
15	80	1	105	20	“
16	80	2	105	10	“
17	80	2	105	15	“
18	80	2	105	20	“
19	80	3	105	10	“
20	80	3	105	15	“
21	80	3	105	20	“
22	80	4	105	10	“
23	80	4	105	15	“
24	80	4	105	20	“
25	New rice	-	-	-	-
26	Control	-	-	-	-



แผนภูมิที่ 4.1 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Head Rice Yield พันธุ์ KDML-105

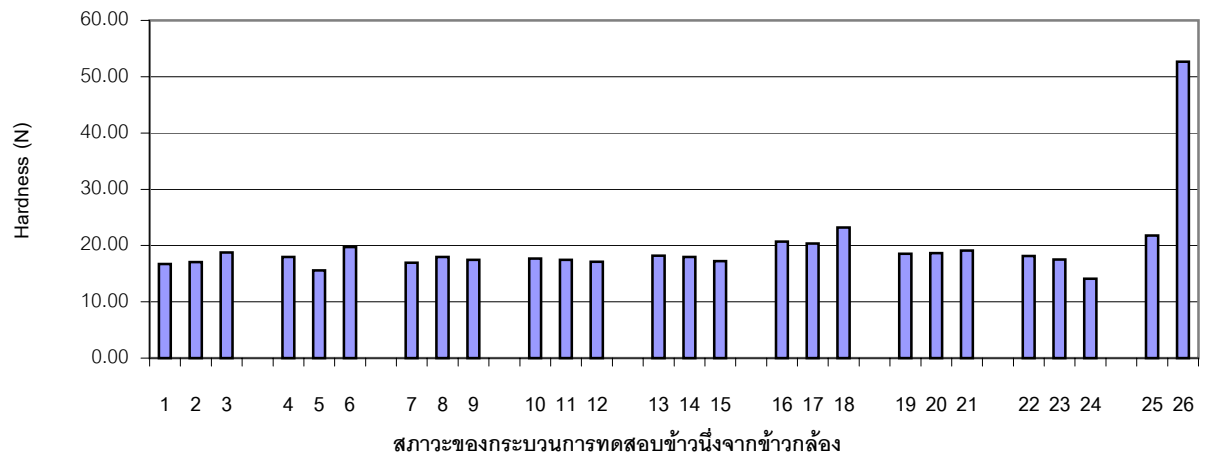


แผนภูมิที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับค่า b-value พันธุ์ KDML-105

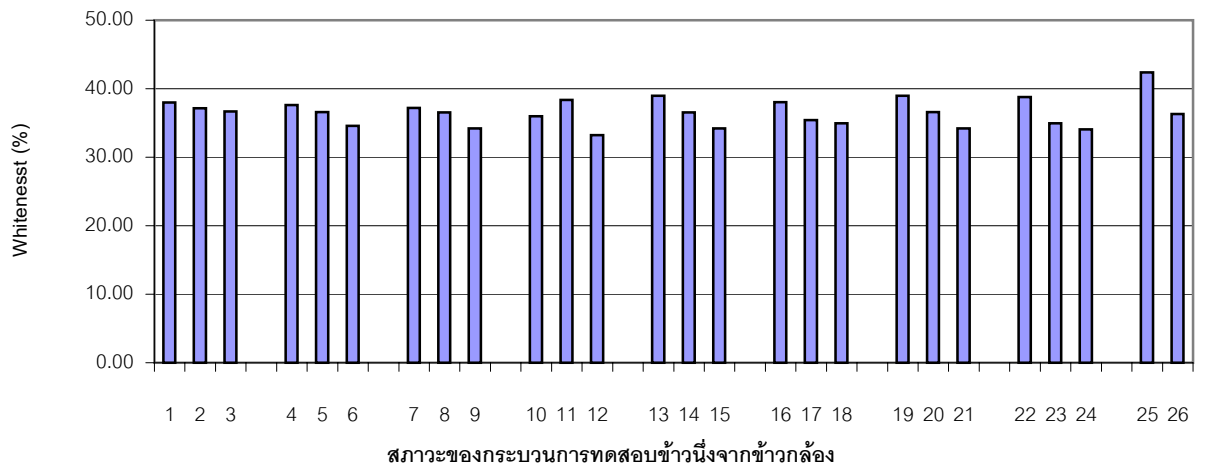


แผนภูมิที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Moisture Content พันธุ์ KDML-105

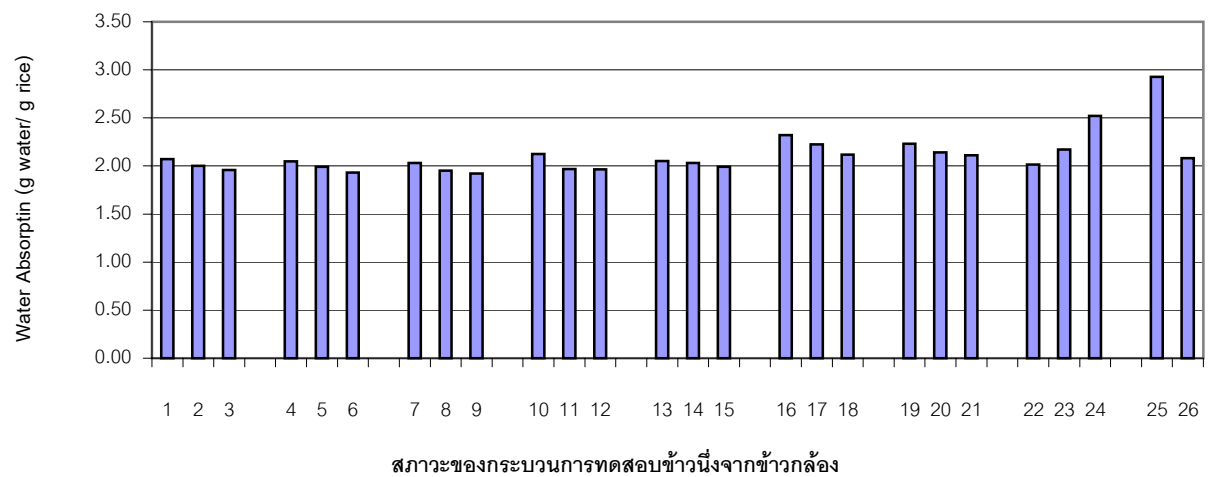
60.00



แผนภูมิที่ 4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Hardness พันธุ์ KDML-105



แผนภูมิที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Whiteness พันธุ์ KDML-105



แผนภูมิที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Water Absorption พันธุ์ KDML-105

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่างๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท

ชนิดของพันธุ์ข้าว	Moisture after Steam	L	a	b	whiteness	Yield	Cooking time	Cooking time	water absorption	Hardness
ชัยนาท	%				%	%	water bath (min)	cooker(min)	g water/ g rice	N
IN 70/1-105/10	33.96	71.63	0.50	10.10	43.63	57.43	35.00	23.00	2.85	39.61
IN 70/1-105/15	34.91	72.30	0.33	10.13	43.43	58.32	35.00	23.00	2.51	43.76
IN 70/1-105/20	35.78	70.10	0.53	10.33	42.07	60.97	35.00	23.00	2.47	44.84
IN 70/2-105/10	34.16	70.60	0.53	9.40	41.73	62.89	35.00	23.00	2.53	42.83
IN 70/2-105/15	34.58	68.83	0.53	9.40	41.53	60.91	35.00	23.00	2.54	43.17
IN 70/2-105/20	35.71	69.37	0.67	9.90	41.60	57.70	35.00	23.00	2.51	45.83
IN 70/3-105/10	36.52	70.12	0.63	9.80	40.21	61.88	35.00	23.00	2.50	43.25
IN 70/3-105/15	37.21	69.71	0.58	9.74	40.63	62.17	35.00	23.00	2.41	44.58
IN 70/3-105/20	37.64	69.12	0.69	9.82	40.25	63.25	35.00	23.00	2.39	45.98
IN 70/4-105/10	37.18	68.97	0.70	9.67	39.93	69.44	35.00	23.00	2.58	46.62
IN 70/4-105/15	38.08	69.13	0.43	9.73	37.57	69.22	35.00	23.00	2.29	47.58
IN 70/4-105/20	38.92	70.57	0.30	9.73	39.27	63.66	35.00	23.00	2.26	47.96

หมายเหตุ : IN 70/1-105/10 หมายความว่า ใช้อุณหภูมิที่เป็น initial temperature 70oC ในการ soaking เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ steam ที่อุณหภูมิ 105oC เป็นเวลา 10นาที่
: ทุกการทดสอบเกิดจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบ 3 ครั้ง

ตารางที่ 4.4 (ต่อ) แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่าง ๆ ของข้าวพันธุ์ชัยนาท

ชนิดของพันธุ์ข้าว	Moisture after Steam	L	a	b	whiteness	Yield	Cooking time	Cooking time	water absorption	Hardness
ชัยนาท	%				%	%	water bath (min)	cooker(min)	g water/ g rice	N
IN 80/1-105/10	36.52	70.52	0.56	9.23	42.23	62.20	35.00	23.00	2.61	42.15
IN 80/1-105/15	36.58	70.23	0.58	9.52	42.15	62.38	35.00	23.00	2.60	43.25
IN 80/1-105/20	36.47	70.54	0.67	9.45	41.96	63.30	35.00	23.00	2.59	44.69
IN 80/2-105/10	37.28	69.50	0.57	9.37	42.20	68.48	35.00	23.00	2.56	43.75
IN 80/2-105/15	37.80	68.97	0.57	9.33	40.37	68.33	35.00	23.00	2.42	44.83
IN 80/2-105/20	37.89	68.97	0.50	9.27	42.63	69.17	35.00	23.00	2.40	46.19
IN 80/3-105/10	38.59	69.21	0.51	9.23	41.52	68.60	35.00	23.00	2.39	44.56
IN 80/3-105/15	38.78	68.54	0.52	9.41	41.32	68.12	35.00	23.00	2.31	45.25
IN 80/3-105/20	39.51	69.11	0.52	9.35	42.11	67.98	35.00	23.00	2.24	46.96
IN 80/4-105/10	39.55	68.87	0.53	9.07	41.53	67.70	35.00	23.00	2.35	44.26
IN 80/4-105/15	40.06	69.10	0.53	9.23	42.13	69.54	35.00	23.00	2.34	46.05
IN 80/4-105/20	40.34	69.17	0.57	9.53	42.57	69.53	35.00	23.00	2.27	48.69

NEW RICE	-	69.73	0.93	10.37	47.20	59.02	33.00	21.00	3.51	25.31
CONTROL	-	68.93	0.77	10.50	36.30	-	35.00	21.00	2.08	52.68

หมายเหตุ : IN 70/1-105/10 หมายความว่า ใช้อุณหภูมิที่เป็น initial temperature 70oC ในการ soaking เป็นเวลา 1 ชั่วโมง และ steam ที่อุณหภูมิ 105oC เป็นเวลา 10 นาที

: ทุกการทดสอบเกิดจากค่าเฉลี่ยของการทดสอบ 3 ครั้ง

4.1.2 สรุปผลการทดสอบการหาสภาวะที่เหมาะสม กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท

4.1.2.1 ปริมาณความชื้น (moisture content)

จากตารางที่ 4.4 แสดง การทดสอบพบว่าค่าความชื้นที่ได้จากกระบวนการ soaking ระหว่าง Initial temperature 70°C 1 hr ถึง 80°C 4 hr ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 33-41% ซึ่งจากการสังเกตและพิจารณาจากข้อมูลที่ได้พบว่าในช่วงค่าความชื้น 33-37% เมล็ดข้าวยังคงมีบางเมล็ดที่มีรอยร้าวแต่ที่ช่วงเปอร์เซ็นต์ความชื้นมากกว่า 43% ขึ้นไป หรือนั่นคือการ Soaking เวลามากกว่า 4 hr ที่อุณหภูมิ 80°C พบว่าจะเกิดการปริออกของเมล็ดข้าวกล้องทำให้รูปทรงของเมล็ดเกิดการเปลี่ยนแปลงเสียรูป และค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาในการ soaking ดังนั้นจากการทดสอบนี้พบว่าช่วงความชื้นที่เหมาะสมประมาณ 37-40% ซึ่งก็คือช่วง Initial Temperature 80°C เวลา 2 ถึง 4 hr สังเกตได้จากความใสของเมล็ดข้าวเมื่อผ่านกระบวนการทำแห้งแล้ว

4.1.2.2 ค่าสีของเมล็ดข้าว (color)

จากการทดสอบข้าวหนึ่งพันธุ์ชัยนาท พบว่าค่า b-value อยู่ในช่วง 9.0-10.5 ซึ่งจะเห็นว่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่มีการเปลี่ยนแปลงโดยเมื่อเพิ่ม เวลาในการให้ความร้อน (Steaming) ทำให้ค่า b-value เพิ่มขึ้น และเปรียบเทียบกับข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือก (Control) จะยังเห็นได้ชัดเจนมากกว่า การใช้ข้าวกล้องในการผลิตข้าวหนึ่งทำให้ค่า b-value ลดลง โดยที่ค่า b-value สูงสุด นั่นคือ control คือ b-value เท่ากับ 10.5 ค่า b-value หรือสีของเมล็ดข้าวเป็นสิ่งที่สังเกตได้ง่ายเมื่อเทียบกับคุณสมบัติทางกายภาพตัวอื่นๆ เมื่อสังเกตการเปลี่ยนแปลงของสภาวะที่ทดสอบ พบว่าที่ Initial Temperature Soaking อุณหภูมิ 70°C เวลา 2 hr ตามด้วยเวลาของการให้ความร้อน (Steaming) 10,15 และ 20 นาที มีค่า b-value ไม่แตกต่างจากที่สภาวะ Initial Temperature Soaking อุณหภูมิ 80°C เวลา 1 hr ตามด้วยการให้ความร้อน (Steaming) ที่เวลา 10,15 และ 20 นาที ตามลำดับ นั่นคือ นอกจากอุณหภูมิจะมีผลต่อค่าสี (b-value) ที่ได้แล้วเวลาในกระบวนการก็มีผลเช่นเดียวกัน

4.1.2.3 ค่าความขาวของเมล็ด (Whiteness)

จากข้อมูลการทดสอบค่าความขาว (whiteness) มีค่าอยู่ในช่วง 36-42% ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลาของการให้ความร้อน (steaming) ยิ่งใช้เวลาในการให้ความร้อน (steaming) นานค่าความขาวของเมล็ดข้าวก็ลดลง รวมทั้งอุณหภูมิของกระบวนการก็มีผลต่อค่าความขาว เช่นกัน คือ เมื่ออุณหภูมิของการให้ความร้อนสูงขึ้นส่งผลต่อค่าความขาวลดลง

4.1.2.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น (Head rice yield)

เป็นค่าแสดงเปอร์เซ็นต์ของข้าวเต็มเมล็ด เมื่อเทียบกับปริมาณของข้าวเปลือกเริ่มต้นจากการทดสอบพบว่าอยู่ในช่วง 56-70% ซึ่งจากการทดสอบพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น (Head Rice Yield) เพิ่มขึ้นตามค่าของความแข็งแต่ที่ Initial Temperature 70°C พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นน้อยมาก ประมาณ 50% เมื่อย้อนกลับไปพิจารณากระบวนการ พบว่าก่อนที่จะมีการขัดขาวนั้นตัวเมล็ดข้าวที่สภาวะ Initial Temperature Soaking 70°C เวลา 1 hr และให้ความร้อน (steaming) เวลา 10, 15 และ 20 นาทีนั้น ตัวเมล็ดข้าวกล้างจะมีรอยร้าวเกิดขึ้นอาจเนื่องมาจากปริมาณน้ำที่ซึมเข้าภายในเมล็ดในกระบวนการ Soaking ไม่เพียงพอ ซึ่งกรณีที่ความชื้นไม่เพียงพอเมื่อเพิ่มเวลาในการ Soaking มากขึ้นทำให้การร้าวของเมล็ดลดลง กระบวนการ gelatinization เกิดสมบูรณ์ขึ้นจึงไม่มีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น (head rice yield) เมื่อนำไปขัดขาวจะทำให้เมล็ดไม่หักได้ง่าย และทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้นเพิ่มมากขึ้น

4.1.2.5 เวลาในการหุง (cooking time)

เวลาในการหุงข้าวแต่ละชนิดจะแตกต่างกันขึ้นกับคุณสมบัติหลายอย่าง เช่น ชนิดของพันธุ์ข้าว กระบวนการในการผลิต และในภาชนะที่แตกต่างกัน ขนาดของภาชนะต่างกันก็ใช้เวลาในการหุงที่แตกต่างกันด้วย จากการทดสอบพบว่าเวลาในการหุงข้าวพันธุ์ชัยนาท ใน water bath ใช้เวลา 35 นาที สำหรับใน Cooker โดยที่อุณหภูมิในการหุงเท่ากันพบว่าค่าเวลาในการหุง (cooking time) คือ 23 นาที ซึ่งจะเห็นว่าในแต่ละสภาวะของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้างให้ค่าที่เท่ากัน รวมทั้งเมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้างหนึ่งกับข้าวเปลือกหนึ่งตามท้องตลาด พบว่าเวลาในการหุงสูงเท่ากัน

4.1.2.6 ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption)

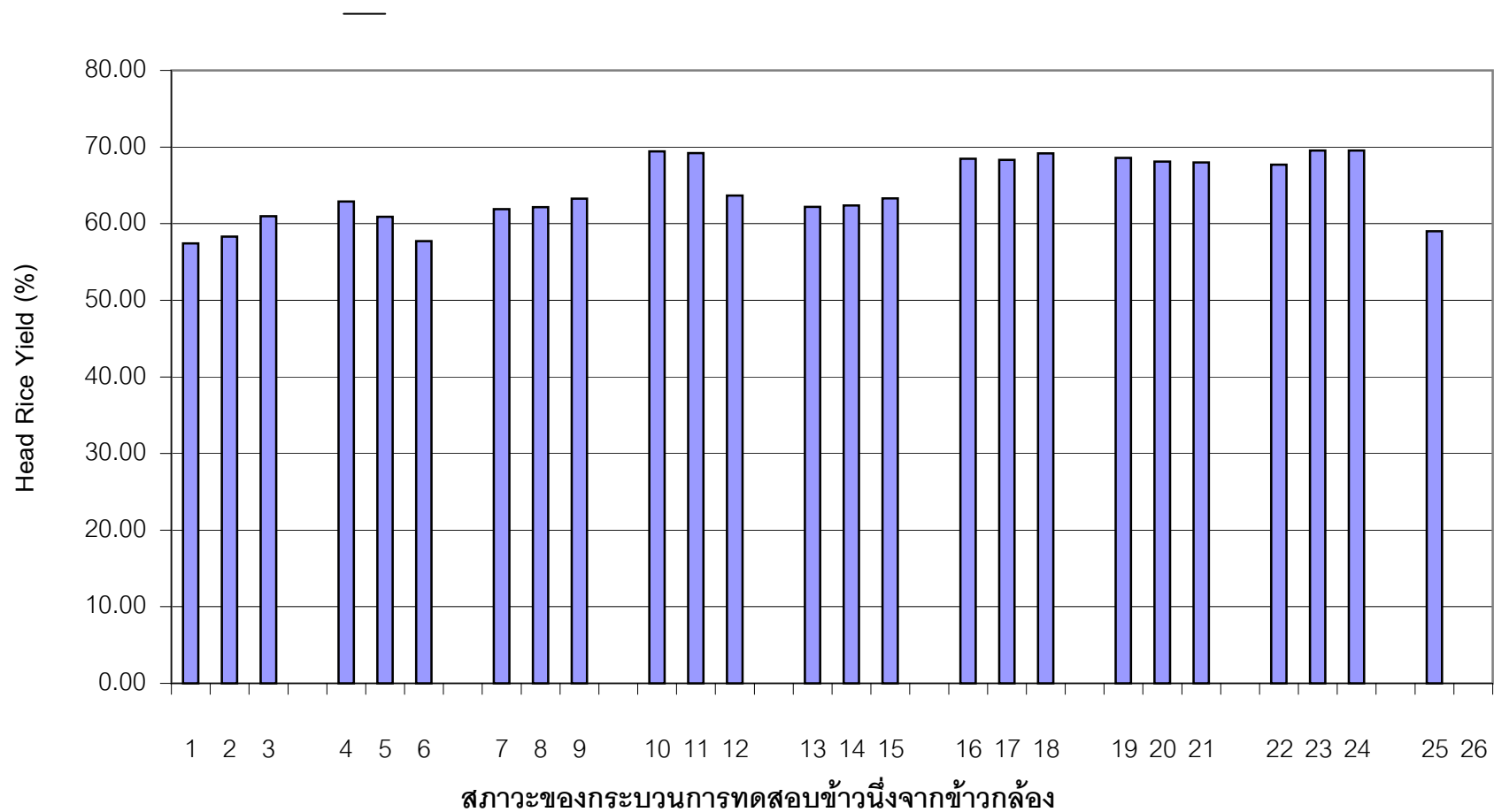
จากการทดสอบพบว่าค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) อยู่ระหว่างช่วง 2.2-2.9 g water/ g rice ซึ่งในช่วง อุณหภูมิของการแช่ข้าวกล้างในน้ำ (Initial temperature Soaking) เท่ากันจะให้ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) ลดลงเมื่อเพิ่มเวลาของการให้ความร้อน (Steaming) เช่นเดียวกันแต่มีค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) มากกว่า control และเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวใหม่พบว่าข้าวหนึ่งจากข้าวกล้างจะให้ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) ลดลง

4.1.2.7 ค่าความแข็ง (Hardness)

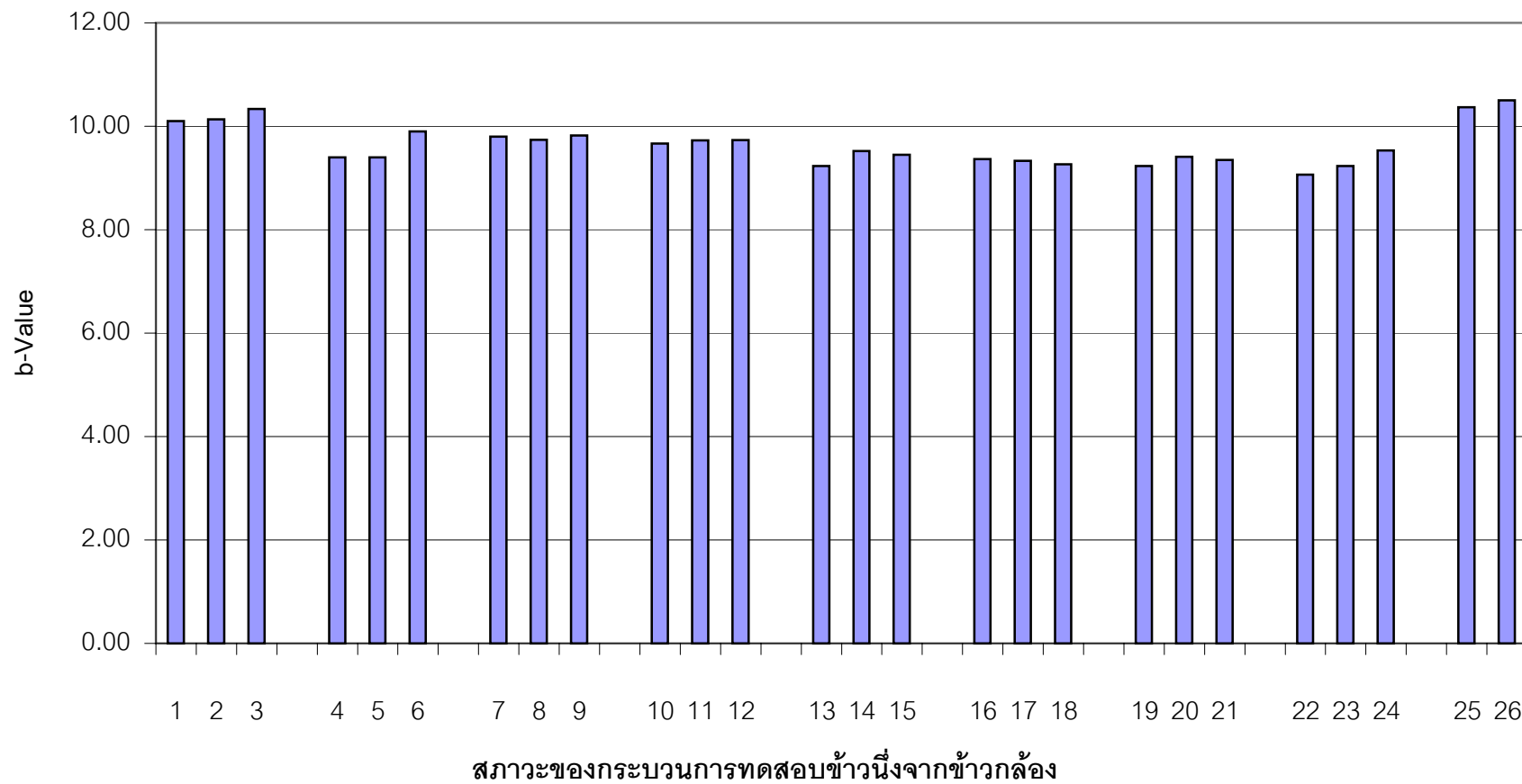
ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวสุกทดสอบโดยใช้เครื่อง texture analyzer จากการทดสอบพบว่าค่าความแข็งของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาในการให้ความร้อน (steaming) และเพิ่มตามค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดข้าวขณะ Soaking แต่ให้ค่าความแข็งมากกว่าข้าวใหม่ที่ผ่านมากระบวนการหนึ่งอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวหนึ่งที่ใช้ข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบหลัก (control) พบว่าการใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นให้ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวที่หุงสุกน้อยกว่ามาก

จากภาพรวมทั้งหมดของกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท ที่สภาวะต่างๆ พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพภายนอกโดยใช้สายตาในการสังเกต และจากค่าทางตัวเลขที่ได้จากการทดสอบดังตารางที่ 4.4 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท โดยที่ให้คุณสมบัติทางกายภาพที่ดีเมล็ดไม่เหลือง สี ไม่แตกร้าวเมื่อทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ ที่สภาวะการแช่ข้าวกล้องในน้ำแบบ Initial Temperature Soaking 80°C เป็นเวลา 4 hr แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 20 นาที หลังจากนั้นลดความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry จนกระทั่งมีความชื้นที่ 12-13%

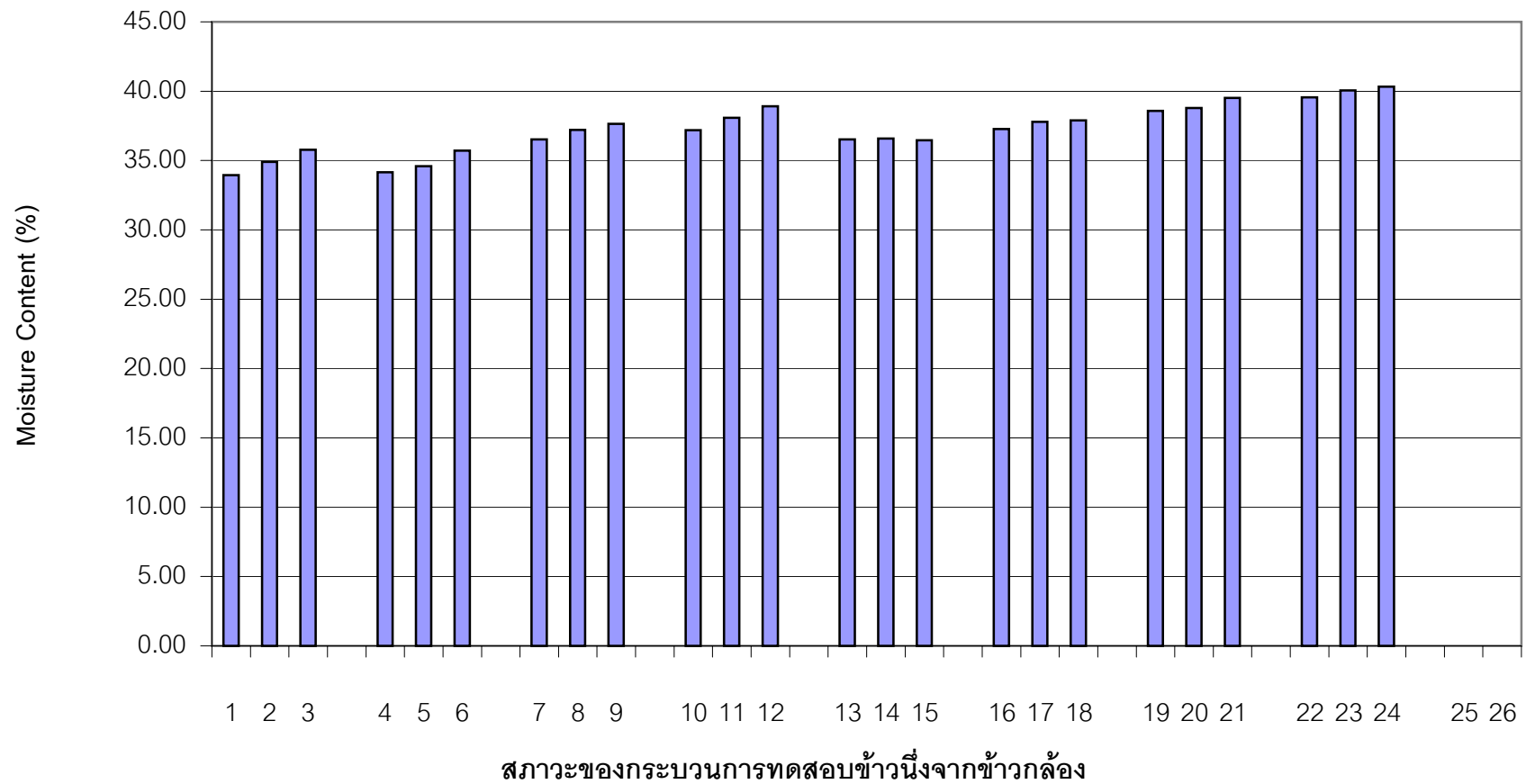
แผนภูมิที่ 4.7แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Head Rice Yield พันธุ์ชัยนาท



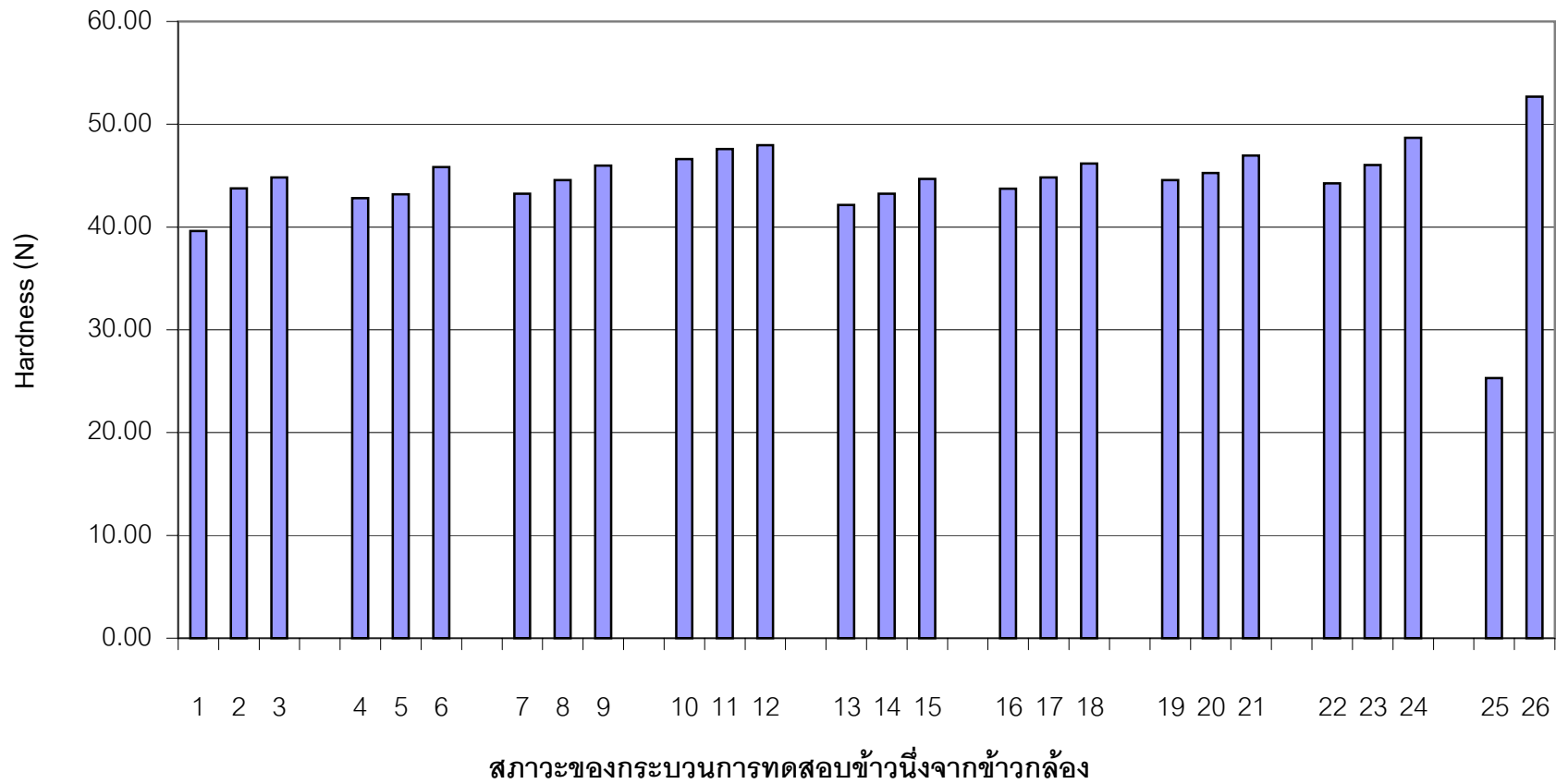
แผนภูมิที่ 4.8 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ b-Value พันธุ์ชัยนาท



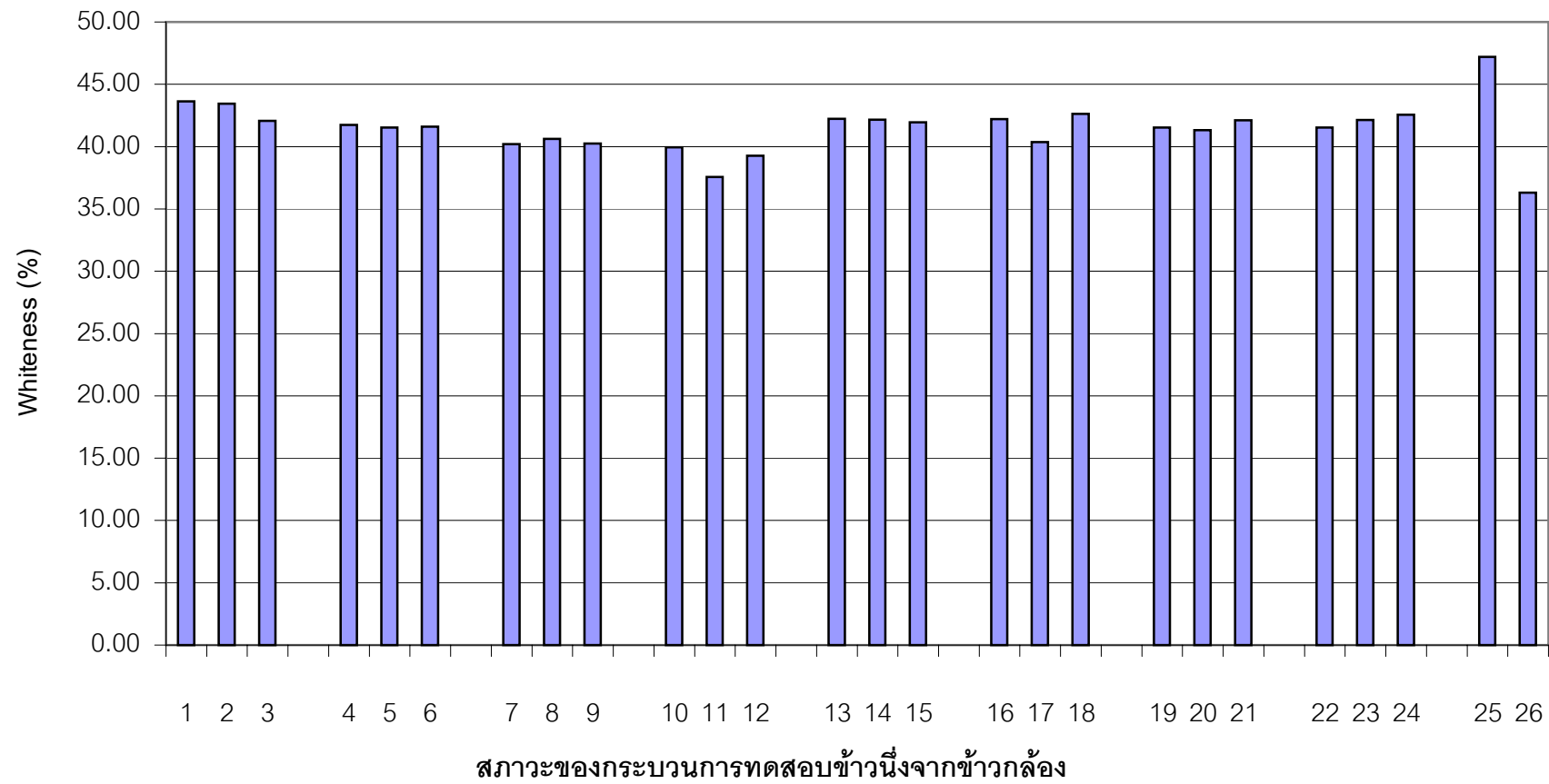
แผนภูมิที่ 4.9 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Moisture Content พันธุ์ชัยนาท



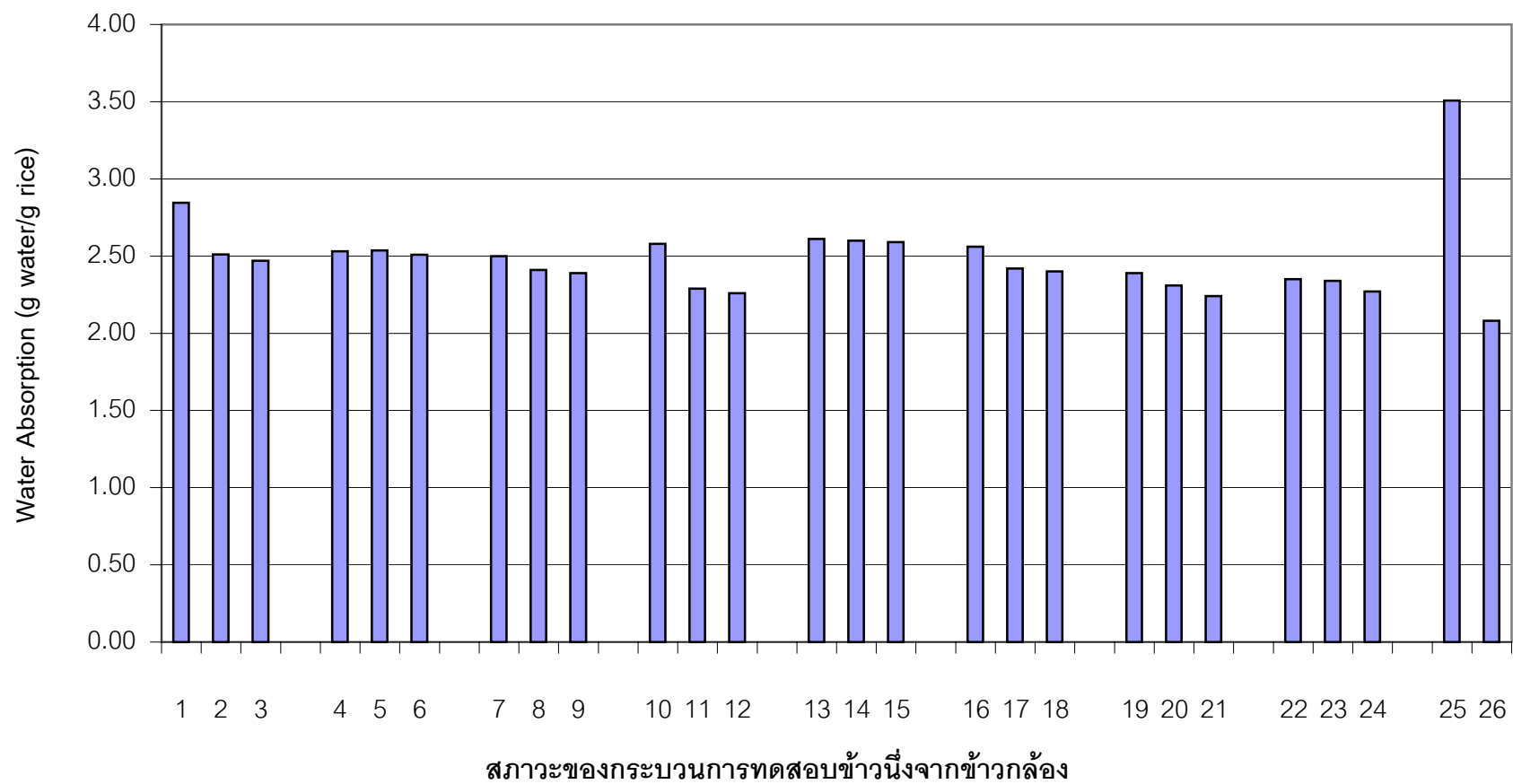
แผนภูมิที่ 4.10 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Hardness พันธุ์ชัยนาท



แผนภูมิที่ 4.11 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Whiteness พันธุ์ชัยนาท



แผนภูมิที่ 4.12 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างสภาวะในกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับ Water Absorption พันธุ์ชัยนาท



ตารางที่ แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องที่สภาวะต่างๆ ของข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

ชนิดของ	Moisture after Steam	L	a	b	whiteness	Yield
พันธุ์ข้าว	%				%	%
IN 70/1-105/10	34.02	67.73	1.10	10.17	38.93	67.49
IN 70/1-105/15	34.62	67.97	1.13	10.17	37.43	67.62
IN 70/1-105/20	35.34	66.03	1.37	10.53	37.33	68.66
IN 70/2-105/10	36.65	67.07	1.03	9.57	38.93	67.77
IN 70/2-105/15	36.46	67.23	1.27	9.67	37.77	67.84
IN 70/2-105/20	37.76	66.67	1.27	9.83	36.87	67.87
IN 70/3-105/10	37.11	67.21	0.98	9.89	37.21	67.77
IN 70/3-105/15	37.56	67.12	1.12	9.68	37.11	68.40
IN 70/3-105/20	38.30	66.58	1.13	10.02	38.10	68.60
IN 70/4-105/10	37.12	67.83	0.97	9.83	37.97	68.74
IN 70/4-105/15	38.17	66.90	1.10	9.83	37.83	68.57
IN 70/4-105/20	38.50	66.57	1.13	10.33	37.30	70.61
IN 80/1-105/10	36.25	67.20	1.11	9.66	39.21	69.37
IN 80/1-105/15	36.45	67.40	1.23	10.23	39.52	70.09
IN 80/1-105/20	37.02	67.25	1.05	10.24	39.45	67.70

IN 80/2-105/10	37.59	67.97	0.97	9.77	40.23	69.39
IN 80/2-105/15	37.66	67.43	1.27	10.07	39.73	67.74
IN 80/2-105/20	38.13	67.10	1.20	10.17	39.30	70.35
IN 80/3-105/10	39.56	66.98	0.96	9.98	38.52	68.76
IN 80/3-105/15	39.12	67.23	1.32	9.56	38.21	68.05
IN 80/3-105/20	40.22	67.18	1.21	9.23	39.11	69.37
IN 80/4-105/10	40.47	67.17	1.03	9.83	38.13	69.52
IN 80/4-105/15	41.11	67.40	1.30	9.70	38.17	68.60
IN 80/4-105/20	41.44	66.20	1.20	10.17	37.40	69.59

SUPANBURI	-	68.20	2.77	9.30	47.20	58.29
CONTROL	-	68.93	0.77	10.50	36.30	-

4.1.3 สรุปผลการทดสอบ กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์ สุพรรณบุรี 1

4.1.3.1 ปริมาณความชื้น (moisture content)

จากการทดสอบพบว่าค่าความชื้นที่ได้จากกระบวนการ soaking ระหว่าง Initial temperature 70°C 1 hr ถึง 80°C 4 hr ค่าความชื้นอยู่ระหว่าง 34-42% ซึ่งจากการสังเกตและพิจารณาจากข้อมูลที่ได้พบว่าที่ค่าความชื้นมากกว่า 42% ขึ้นไปหรือเมื่อทำการ Soaking ข้าวกล้องเวลามากกว่า 4 hr ที่ Initial Temperature 80°C พบว่าจะเกิดการปริออกของเมล็ดข้าวกล้องทำให้รูปทรงของเมล็ดข้าวเปลี่ยนแปลง จากช่วงอุณหภูมิของกระบวนการ Soaking ที่ 70-80°C สำหรับข้าวกล้องพันธุ์ สุพรรณบุรี 1 ที่เวลาต่างๆ ไม่พบรอยร้าวของตัวเมล็ด เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวพันธุ์ชัยนาท และ KDML-105 ที่อุณหภูมิเดียวกัน เวลาเดียวกัน ให้คุณลักษณะของข้าวไม่เหมือนกันทั้งนี้ขึ้นอยู่กับโครงสร้างปริมาณ amylose และ amylopectin ในข้าว ค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาในการ soaking ดังนั้นจากการทดสอบนี้พบว่าช่วงความชื้นที่เหมาะสมโดยพิจารณาจากคุณภาพของข้าวที่ภายนอกประมาณ 38-39% ซึ่งก็คือช่วง Initial Temperature 70°C เวลา 4 hr คือไม่ทำให้เมล็ดปริออก และเมล็ดข้าวไม่เกิดการร้าว

4.1.3.2 ค่าสีของเมล็ดข้าว (color)

จากการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่า b-value อยู่ในช่วง 9.5-10.5 ซึ่งจะเห็นว่าไม่แตกต่างกันมากนัก แต่ก็มีเปลี่ยนแปลงโดยเมื่อเพิ่ม เวลาในการให้ความร้อน (Steaming) ทำให้ค่า b-value เพิ่มขึ้น และเมื่อเปรียบเทียบกับ Control จะยังเห็นได้ชัดเจนมากกว่า การใช้ข้าวกล้องในการผลิตข้าวหนึ่งทำให้ค่า b-value ลดลง

4.1.3.3 ค่าความขาวของเมล็ด (Whiteness)

จากการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพในส่วนของคุณค่าความขาวของเมล็ด (Whiteness) ของข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่าเมื่อให้ความร้อนกับข้าวกล้อง (Steaming) ที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส ที่เวลา 10 ,15 และ 20 นาที ตามลำดับนั้นค่า Whiteness อยู่ระหว่าง 36-41% ซึ่งเปลี่ยนแปลงตามเวลาในการให้ความร้อนโดยที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อให้ความร้อนนานขึ้นค่า Whiteness ก็ลดลงดังตารางที่ 4.5

4.1.3.4 ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน (Head rice yield)

เป็นค่าแสดงเปอร์เซ็นต์ของข้าวเต็มเมล็ด เมื่อเทียบกับปริมาณของข้าวเปลือกเริ่มต้นจากการ

ทดสอบพบว่าอยู่ในช่วง 66-70% ซึ่งจากการทดสอบพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวต้น (Head Rice Yield) เพิ่มขึ้นตามค่าของความแข็ง เมื่อเปรียบเทียบกับทุกพันธุ์ข้าว คือ KDML-105, ชัยนาท พบว่าข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี ให้ค่า Head Rice Yield สูงสุด

4.1.3.5 เวลาในการหุง (cooking time)

จากการทดสอบพบว่าเวลาในการหุงข้าวกล้องหนึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ใน water bath ใช้เวลา 36 นาที สำหรับใน Cooker โดยที่อุณหภูมิในการหุงเท่ากันพบว่าค่า cooking time คือ 28 นาที ซึ่งจะเห็นว่าในแต่ละสภาวะของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องให้ค่าที่เท่ากัน แต่เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวใหม่กับข้าวกล้องหนึ่งพบว่าการหุงข้าวทำให้เวลาในการหุงสุกเพิ่มมากขึ้น

4.1.3.6 ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption)

จากการทดสอบพบว่าค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) อยู่ระหว่างช่วง 2.3-2.7 g water/ g rice ซึ่งในช่วง Initial temperature soaking เดียวกันจะให้ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) ลดลง เมื่อเพิ่มเวลาของการ Soaking โดยเปรียบเทียบกับข้าวใหม่ พบว่าข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวกล้องให้ค่าปริมาณการดูดซึมน้ำ (water absorption) ลดลงอย่างมากนั่นคือการแยกตัวของเมล็ดเห็นได้อย่างชัดเจน

4.1.2.7 ค่าความแข็ง (Hardness)

ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวสุกทดสอบโดยใช้เครื่อง texture analyzer จากการทดสอบพบว่าค่าความแข็งของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มเวลาในการ steam และเพิ่มตามค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นของเมล็ดข้าวขณะ Soaking แต่ให้ค่าความแข็งมากกว่าข้าวใหม่ ที่ผ่านกระบวนการหนึ่งอย่างเห็นได้ชัด และเมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวหนึ่งที่ใช้ข้าวเปลือกเป็นวัตถุดิบหลัก (control) พบว่าการใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นให้ค่าความแข็งของเมล็ดข้าวที่หุงสุกน้อยกว่ามาก

จากภาพรวมทั้งหมดของกระบวนการทดสอบข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1 ที่สภาวะต่างๆ พบว่าคุณสมบัติทางกายภาพภายนอกโดยใช้สายตาในการสังเกต และจากค่าทางตัวเลขที่ได้จากการทดสอบดังตารางที่ 4.5 พบว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยที่ให้คุณสมบัติทางกายภาพที่ดีเมล็ดไม่เหลือง ใส ไม่แตกร้าวเมื่อทำการทดสอบในห้องปฏิบัติการ คือ ที่สภาวะการแช่ข้าวกล้องในน้ำแบบ Initial Temperature Soaking 70°C เป็นเวลา 4 hr แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 15-20 นาที หลังจากนั้นลดความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry จนกระทั่งมีความชื้นที่ 12-13%

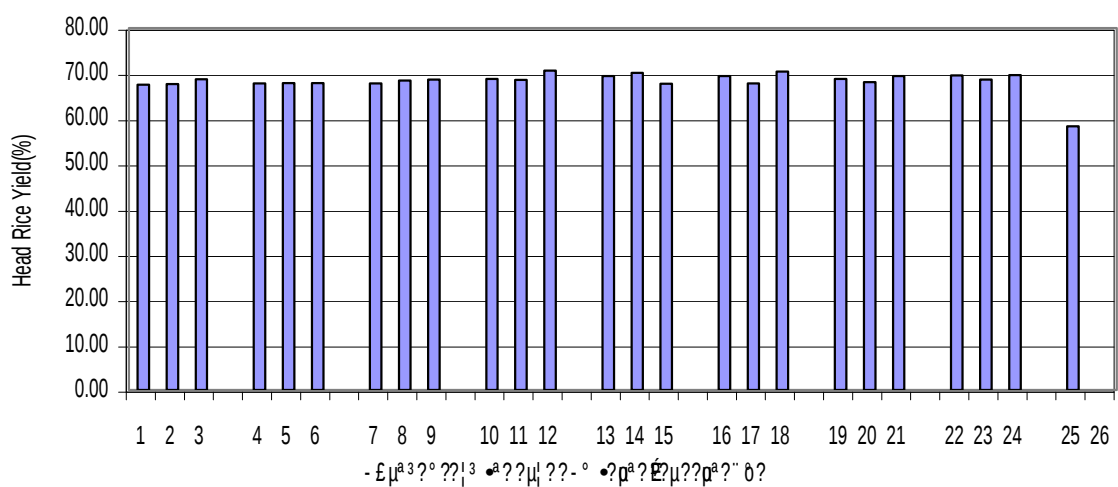


Figure 4.13: Head Rice Yield (%) of different rice varieties. The y-axis represents Head Rice Yield (%) and the x-axis represents the variety number. The data shows that most varieties have a head rice yield between 65% and 70%, with variety 25 having the lowest yield at approximately 58%.

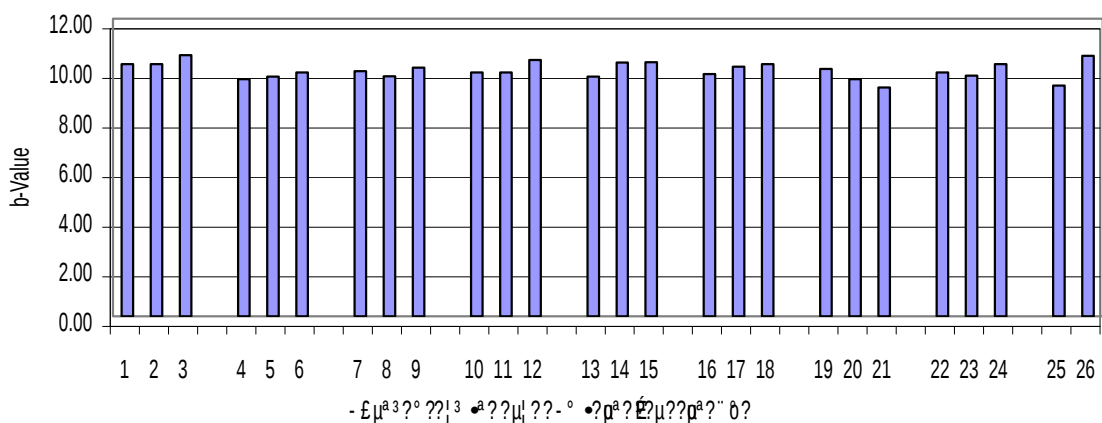


Figure 4.14: b-Value of different rice varieties. The y-axis represents b-Value and the x-axis represents the variety number. The data shows that most varieties have a b-value between 9.5 and 10.5, with variety 25 having the lowest b-value at approximately 9.5.

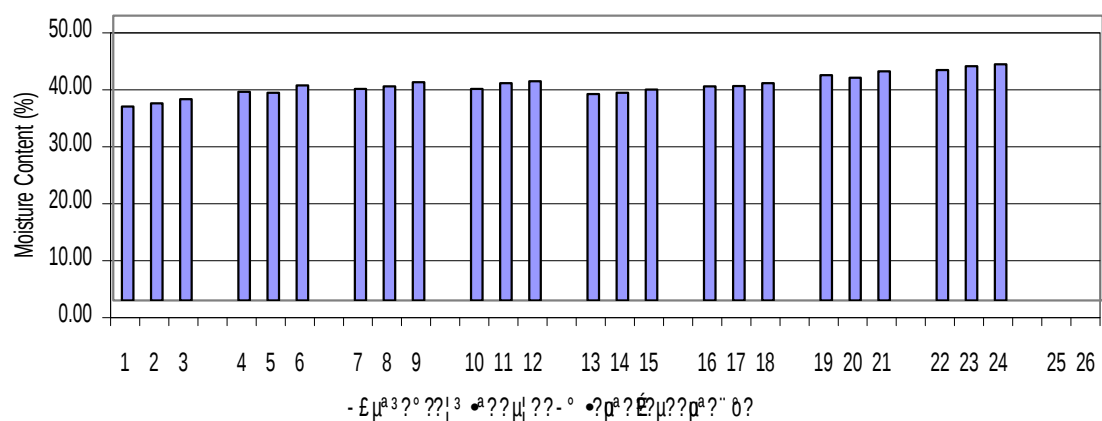
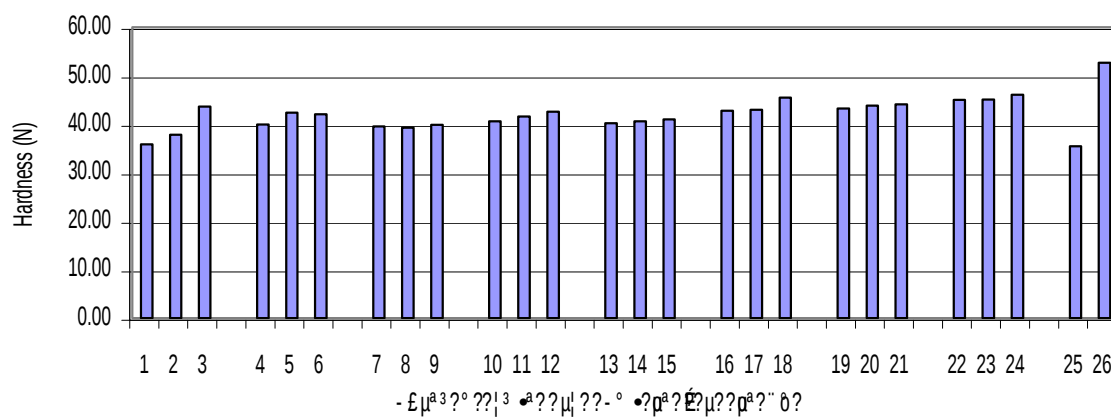
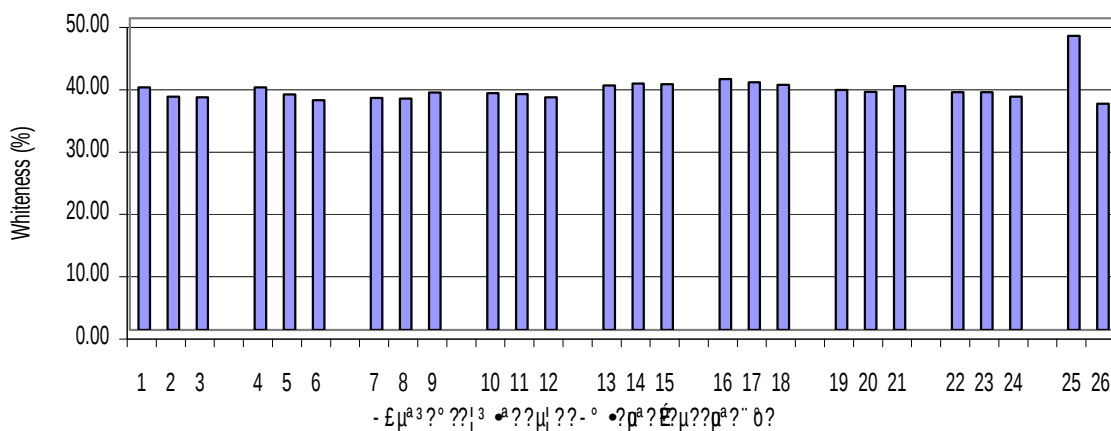


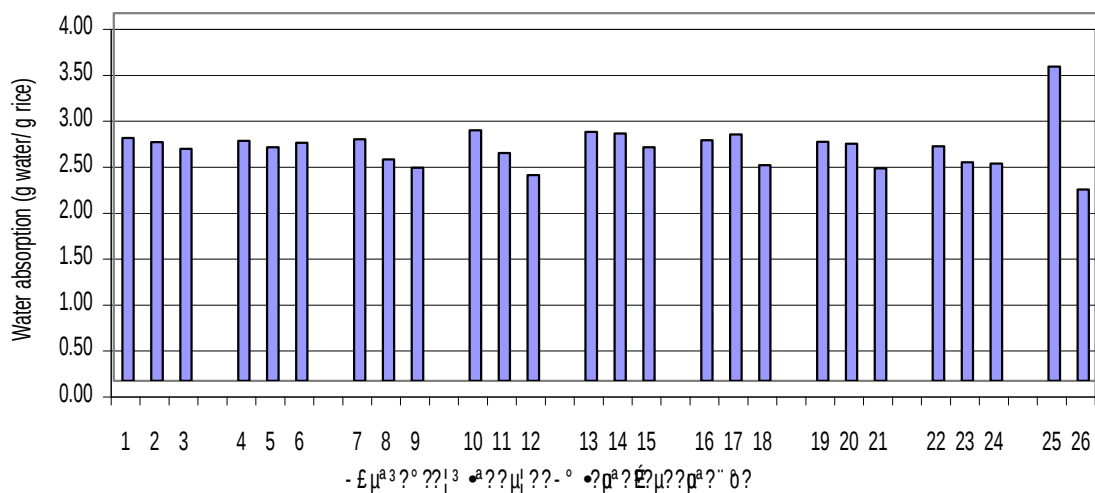
Figure 4.15: Moisture Content (%) of different rice varieties. The y-axis represents Moisture Content (%) and the x-axis represents the variety number. The data shows that most varieties have a moisture content between 35% and 45%, with variety 25 having the lowest moisture content at approximately 35%.



A??E??F4.16 A- ???µ- ıı ????µ- Εµ³A??³ ???µ'??- ° ?ρ²Ε?µ??ρ²'' δ?? • Hardness ; ???µ'?? ?ϕ,1



A??E??F4.17 A- ???µ- ıı ????µ- Εµ³A??³ ???µ'??- ° ?ρ²Ε?µ??ρ²'' δ?? • whiteness ; ???µ'?? ?ϕ,1



A??E??F4.18 A- ???µ- ıı ????µ- Εµ³A??³ ???µ'??- ° ?ρ²Ε?µ??ρ²'' δ?? • Water absorption ; ???µ'?? ?ϕ,1

(1).

(3)

(2)

(4)



ภาพที่ 4.19 แสดงการเปรียบเทียบคุณสมบัติทางกายภาพของของข้าวกล้องหนึ่งกับ control ที่สภาวะที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ต่างๆ

(1) Control (2) พันธุ์ KDML-105 (3) พันธุ์สุพรรณบุรี 1 (4) พันธุ์ชัยนาท

4.1.4 สรุปผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี

จากการทดสอบเพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง โดยเปรียบเทียบกับข้าวหนึ่งที่ใช้วัตถุดิบเริ่มต้นเป็นข้าวเปลือกที่วางขายในท้องตลาด และได้เปรียบเทียบให้เห็นในข้อมูลที่กล่าวมาแล้วเบื้องต้นในหัวข้อ 4.1.1-4.1.3 นั้น ซึ่งในแต่ละพันธุ์ข้าวก็จะให้สภาวะที่เหมาะสมแตกต่างกัน และได้สภาวะที่ดีที่สุดในแต่ละพันธุ์ข้าวแตกต่างกัน จนกระทั่งทำให้ได้คุณสมบัติทางกายภาพเป็นที่น่าพอใจ จึงได้ทำการส่งตัวอย่างข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวกล้องทดสอบคุณสมบัติทางเคมี เนื่องจากการทดสอบคุณสมบัติทางเคมีต้องเสียค่าใช้จ่ายที่ค่อนข้างสูงดังนั้นจึงเลือกข้าวกล้องหนึ่งที่ให้คุณภาพและคุณสมบัติทางกายภาพที่ดีที่สุด โดยการพิจารณาจากค่าต่างๆ เช่น yield, hardness, water absorption, b-value และจากการพิจารณาจากโครงสร้างและรูปลักษณะภายนอกโดยเลือกที่จะทดสอบค่า วิตามิน E เนื่องจากรายงานงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าปริมาณวิตามิน E จะมีสูงขึ้นในข้าวหนึ่ง และอีกค่าหนึ่งคือ วิตามิน B2 เนื่องจากการวิจัยนี้ได้ทดสอบกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งโดยใช้ข้าวกล้อง และจากรายงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่าในข้าวกล้องจะมีวิตามิน B2 ค่อนข้างสูง และที่สำคัญวิตามิน B2 เป็นวิตามินที่ป้องกันโรคเหน็บชาได้

ซึ่งจากการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี ดังผลการทดสอบที่แนบในภาคผนวก ก.

- 4.1.4.1 Control หมายถึง ข้าวเปลือกหนึ่งที่วางขายในท้องตลาด
- 4.1.4.2 ข้าวชัณนาท 1 หมายถึง ข้าวใหม่ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่งพันธุ์ชัณนาท
- 4.1.4.3 ข้าวชัณนาท 2 หมายถึง ข้าวกล้องที่นึ่งพันธุ์ชัณนาท
- 4.1.4.4 สุพรรณบุรี 1 หมายถึง ข้าวใหม่ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1
- 4.1.4.5 สุพรรณบุรี 2 หมายถึง ข้าวกล้องที่นึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1
- 4.1.4.6 ข้าวหอมมะลิ 1 หมายถึง ข้าวหอมมะลิ KDML-105 ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่ง
- 4.1.4.7 ข้าวหอมมะลิ 2 หมายถึง ข้าวกล้องที่นึ่งพันธุ์ KDML-105

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบคุณสมบัติทางเคมี (วิตามิน E ,วิตามิน B2) ของข้าวหนึ่งพันธุ์

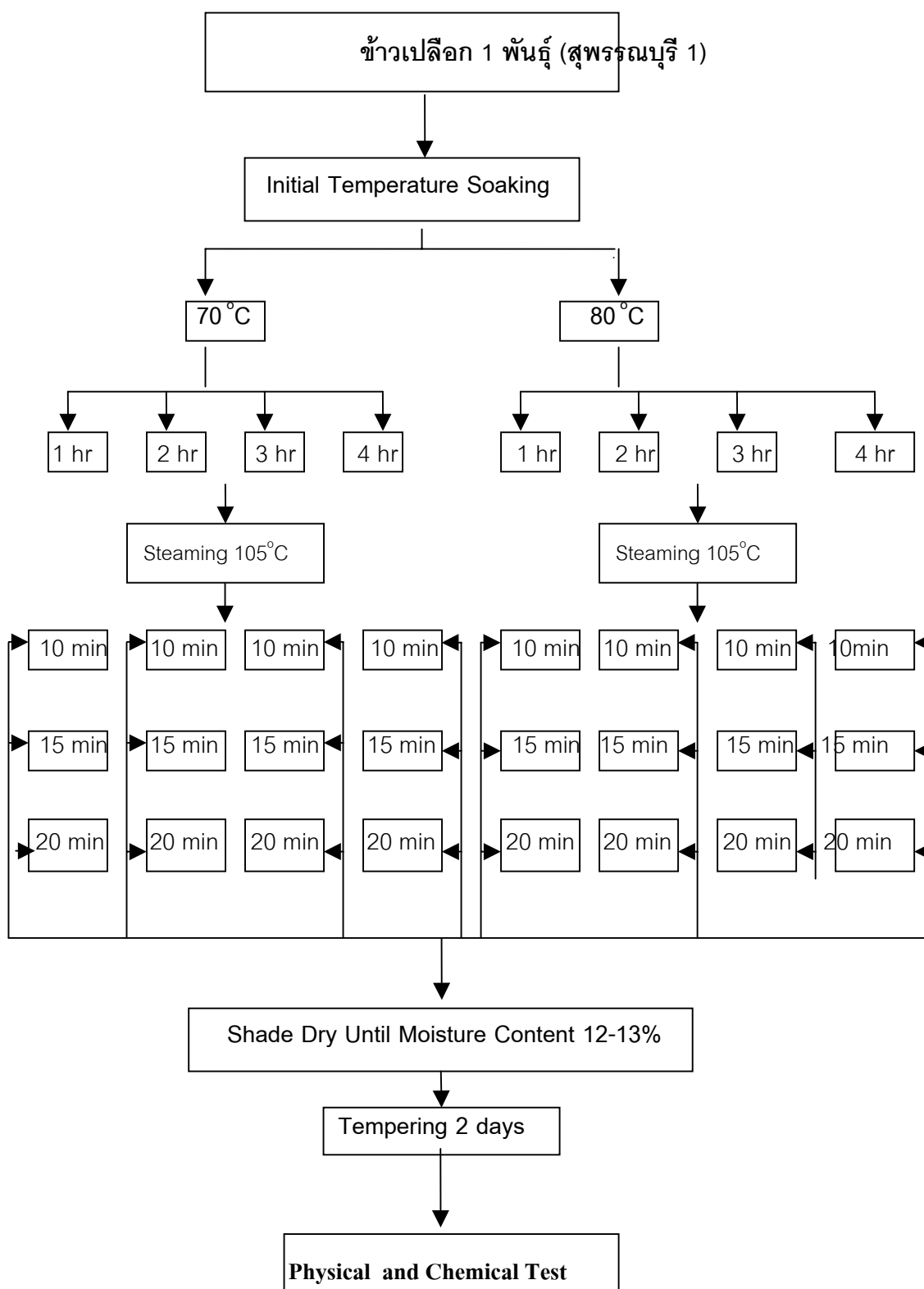
KDML-105 ,สุพรรณบุรี 1 และ ชัณนาท

ชนิดพันธุ์ข้าว	วิตามิน E	วิตามิน B2	เปรียบเทียบกับ control	เปรียบเทียบกับ ข้าวใหม่
Control	ไม่พบ	0.01	100%	-
ชัณนาท 1	ไม่พบ	0.005	ลดลง 50%	100%
ชัณนาท 2	ไม่พบ	0.003	ลดลง 70%	ลดลง 40%
สุพรรณบุรี 1	ไม่พบ	0.006	ลดลง 40%	100%
สุพรรณบุรี 2	ไม่พบ	0.002	ลดลง 80%	ลดลง 77%
ข้าวหอมมะลิ 1	ไม่พบ	0.008	ลดลง 20%	100%
ข้าวหอมมะลิ 2	ไม่พบ	0.005	ลดลง 50%	ลดลง 38%

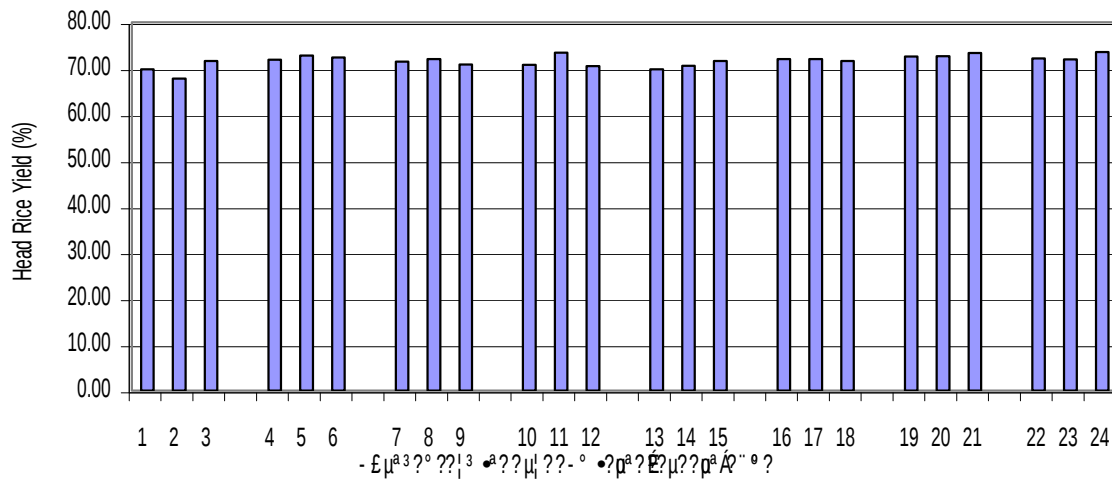
จากข้อมูลที่ตรวจสอบด้วยวิธี HPLC based on method of analysis for nutrition labeling (1993) ไม่พบวิตามิน E ในตัวอย่างทั้ง 7 ตัวอย่างอาจเนื่องมาจากตัวอย่างที่ Sampling มาทดสอบน้อยคือที่ประมาณ 100 g เท่านั้น สำหรับวิตามิน B2 พบว่าเมื่อเปรียบเทียบระหว่างข้าวหนึ่งโดยข้าวเปลือก (control) จะให้ค่าวิตามิน B2 มากกว่าข้าวหนึ่งโดยข้าวกล้องไม่ว่าที่ข้าวพันธุ์ใดก็ตาม

เมื่อเปรียบเทียบปริมาณวิตามิน B2 ระหว่างข้าวใหม่กับข้าวกล้องหนึ่งพบว่าการนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการนึ่งโดยการ Soaking, Steaming และ Drying จะส่งผลต่อการลดลงของปริมาณวิตามิน B2 ดังแสดงในตารางที่ 4.6

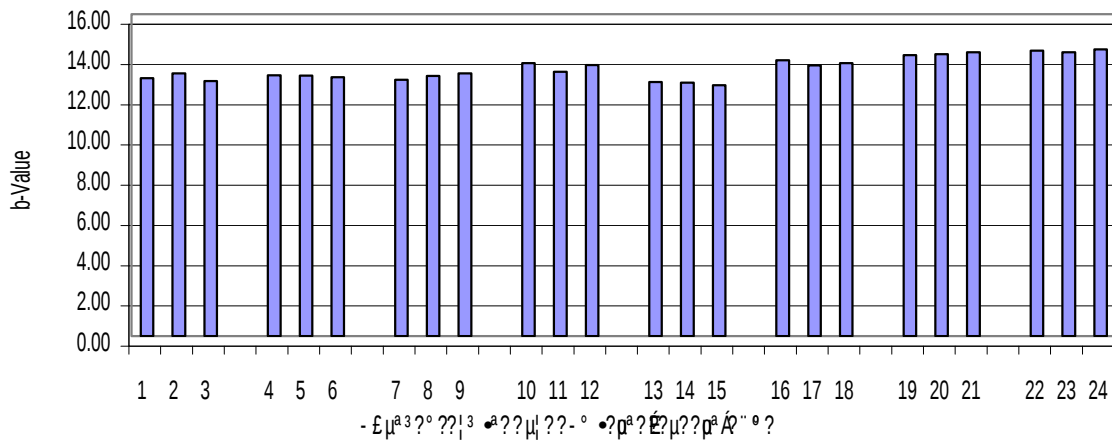
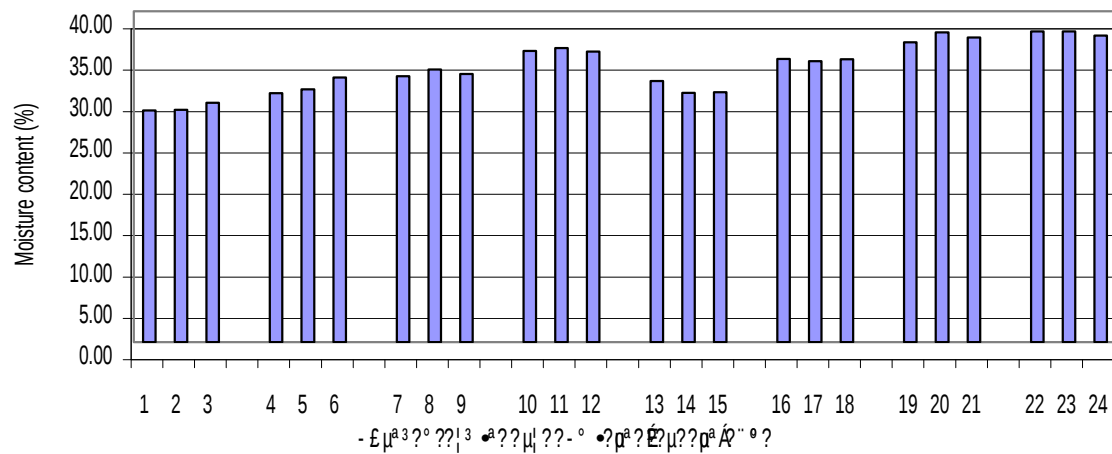
4.2 กระบวนการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกในห้องปฏิบัติการของ ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยใช้สภาวะการทดสอบเช่นเดียวกับหัวข้อ 4.1



ภาพที่ 4.20 แสดงขั้นตอนกระบวนการทดสอบของการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกพันธุ์สุพรรณบุรี 1



À??É?É.21 Â-??ªµ-?|??|³@ªp?-Éµª³Ä?|³ª??µ|??-°•pªÄ'''°??É?•Head Rice Yield|??»p||?•½,1

[illegible]

A??E4.23 A- ??? μ a- ? ? ?³ @^a p?- E μ^{a3} A?² ?³ • ? ? ? μ ? ? - ° • ?^a A[°] ? ? ?² • Moisture content ; ? ? μ ? ? ? • 1

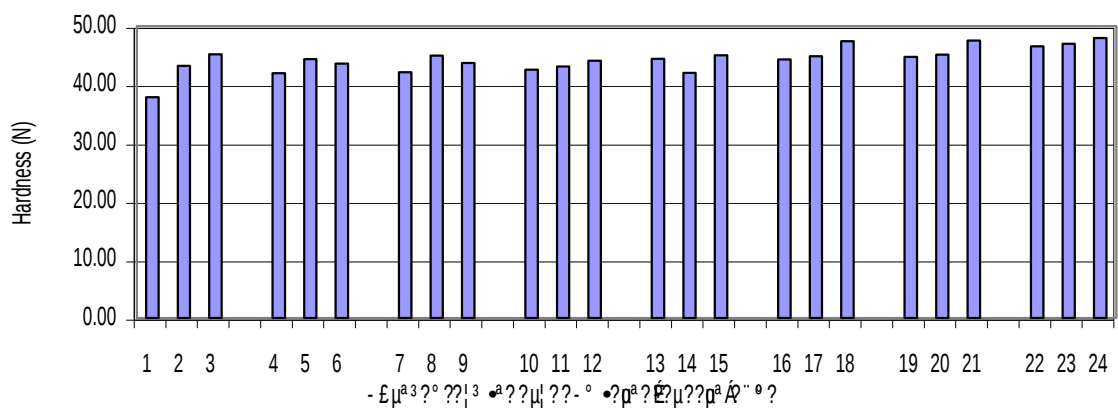


Figure 4.24: Hardness of rice samples. The chart displays the hardness (N) for 24 different rice samples. The values range from approximately 37.5 N to 47.0 N.

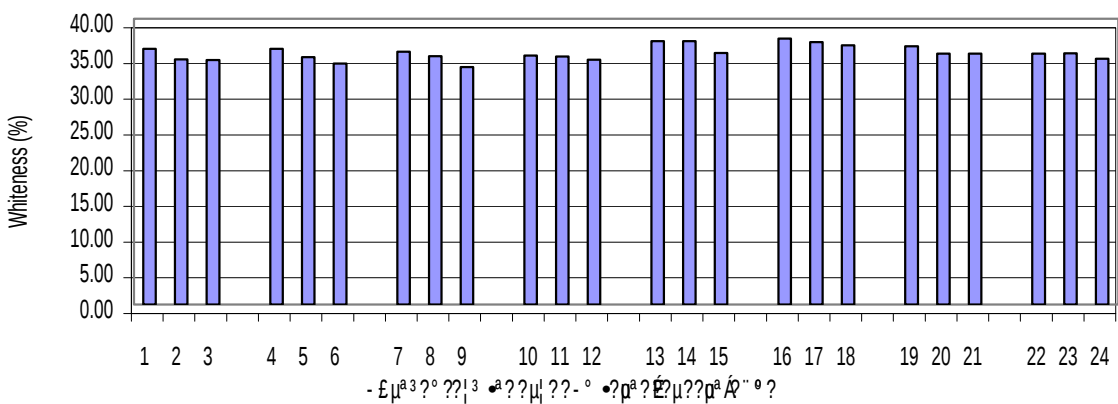


Figure 4.25: Whiteness of rice samples. The chart displays the whiteness (%) for 24 different rice samples. The values range from approximately 33.5% to 38.0%.

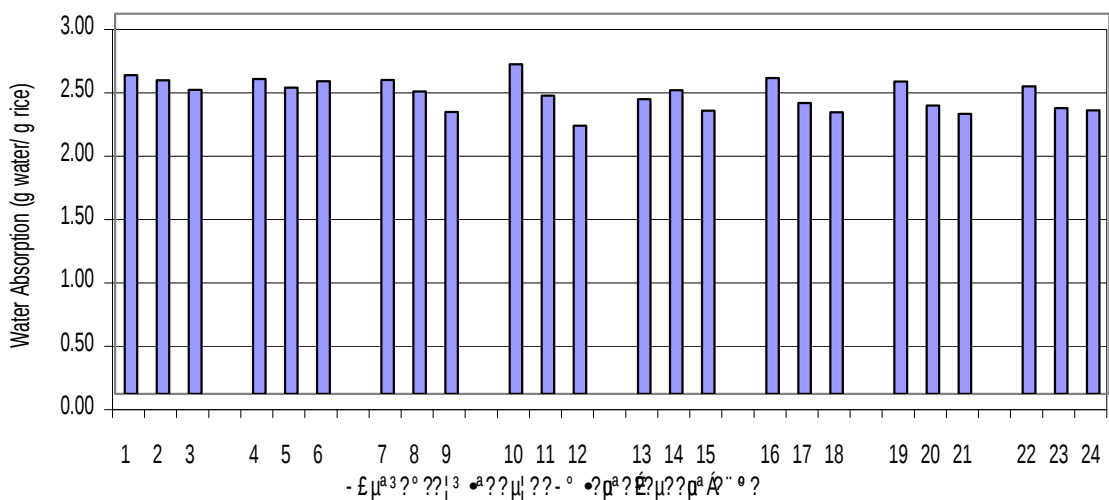


Figure 4.26: Water absorption of rice samples. The chart displays the water absorption (g water/ g rice) for 24 different rice samples. The values range from approximately 2.20 to 2.70 g water/g rice.

จากผลการทดสอบคุณสมบัติของข้าวหนึ่งพันธุ์สุพรรณบุรี 1 โดยการใช้ข้าวเปลือกให้ผลการทดสอบดังตารางที่ 4.6 โดยใช้สภาวะการทดสอบเดียวกับการทดสอบกับข้าวกล้อง จากข้อมูลพบว่าค่าเปอร์เซ็นต์ความชื้นลดลงอย่างมาก เมื่อระยะเวลาในการแช่ข้าวลดลง ซึ่งไม่เพียงพอสำหรับกระบวนการ gelatinization จึงทำให้ข้าวที่ได้มีลักษณะไม่ใส และใจกลางของเมล็ดข้าว มีไตขาวอยู่เมล็ดข้าว เมื่อผ่านกระบวนการทำแห้ง นั่นคือเปลือกมีผลอย่างมากต่อการเคลื่อนที่ผ่านผิวของน้ำเข้าไปในเมล็ด หรืออาจกล่าวได้ว่าเปลือกเป็นตัวป้องกันการดูดซึมของน้ำได้เป็นอย่างมาก ดังนั้นถ้าใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นจะช่วยลดเวลาในการ Soaking ลงได้สำหรับค่า b-value หรือค่าสีของเมล็ด จะเพิ่มขึ้นอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องหนึ่ง ดังนั้นแสดงว่าเมล็ดที่เปลือกข้าวได้ซึมผ่านเข้าไปในเมล็ดในช่วงของกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งถ้าต้องการเมล็ดข้าวที่มีสีไม่เหลืองจึงต้องใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นในกระบวนการนี้แทนการใช้ข้าวเปลือก

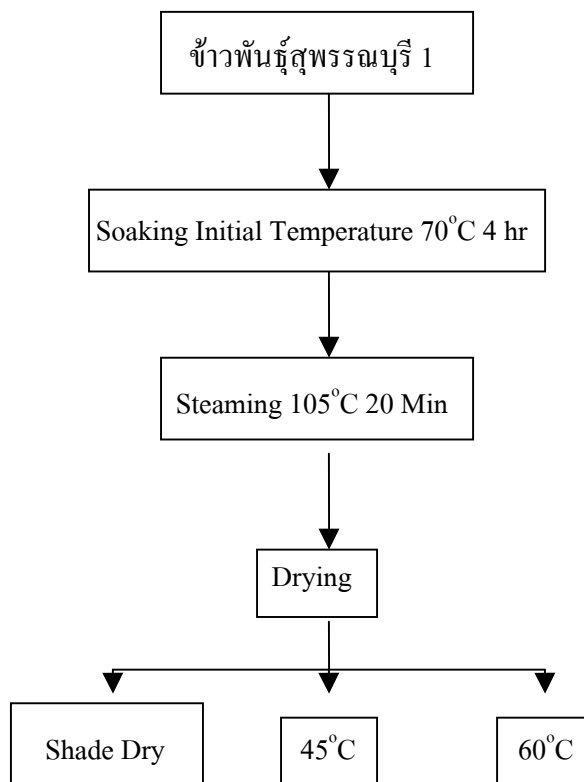
ค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตันอยู่ระหว่าง 69-73 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งค่อนข้างสูง เมื่อสังเกตค่าความแข็ง (Hardness) พบว่ามีค่าสูงกว่าการใช้ข้าวกล้องในกระบวนการนี้ สำหรับปริมาณการดูดซึมน้ำ (Water absorption) ค่อนข้างสูงเช่นเดียวกัน จากการสังเกตเมื่อปริมาณน้ำเพิ่มมากขึ้น ผิวของเมล็ดข้าวจะแตกออกรูปร่างของเมล็ดเสียรูปทรง การหุงสุกใช้เวลานานขึ้นกว่าการใช้ข้าวกล้องในกระบวนการนี้ ซึ่งเมื่อหุงสุกแล้วเมล็ดข้าวจะเสียรูปเกาะติดกันเป็นก้อน เกิดขึ้นจากการหุงให้ gelatinization 100% นั่นเมื่อเมล็ดไม่มีไตขาวในใจกลางเมล็ด จากผลการทดสอบสามารถสรุปได้ว่า การใช้ข้าวกล้องเป็นวัตถุดิบเริ่มต้นนั้น จะเป็นการลดเวลา แลพลังงานของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งได้

4.3 กระบวนการทดสอบการลดปริมาณความชื้นที่เหมาะสมของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการนี้

จากผลการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องในหัวข้อ 4.1 โดยผ่านกระบวนการ Soaking, Steaming และ Drying พบว่ามีปัญหาอย่างมากในช่วงของการ Drying หรือกระบวนการลดความชื้นโดยใช้ตู้อบลมร้อน เนื่องจากถ้าใช้อุณหภูมิที่สูงเกินไป หรือลดความชื้นออกจากเมล็ดอย่างรวดเร็วจะส่งผลให้เกิดการแตกร้าวบิดงอเสียรูปทรงของเมล็ด และไปมีผลต่อค่าเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน ดังนั้นจึงทำการทดสอบโดยการผึ่งไว้ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25-30 เซลเซียส ซึ่งให้ผลเป็นที่พอใจมาก คือ เมล็ดข้าวกล้องหนึ่งสามารถลดความชื้นลงได้โดยไม่เกิดการบิดงอเสียรูป หรือการเกิดการแตกร้าว จึงไม่ส่งผลต่อเปอร์เซ็นต์ข้าวตัน แต่ก็มีผลเสีย คือ ใช้เวลาในการลดความชื้นที่ประมาณ 2 วัน ความชื้นจึงสามารถลดลงได้ที่ 12-13 เปอร์เซ็นต์ เมื่อนำกระบวนการดังกล่าวมาทดสอบกับเครื่อง

จักรที่เป็นระดับอุตสาหกรรม พบว่าเป็นการยากที่ใช้วิธีดังกล่าว ดังนั้นได้ทำการทดสอบกระบวนการลดความชื้นเพิ่มเติมเพื่อให้เหมาะสมและแก้ปัญหาดังกล่าวได้

การทดสอบกระบวนการลดความชื้นอ้างอิงจากข้อมูลเดิม คือ การผึ่งที่อุณหภูมิห้อง และจากการตรวจเอกสาร ร่วมกับข้อคิดเห็นจากการประชุมร่วมกันระหว่างนักวิจัย และผู้ทรงคุณวุฒิ จึงทำให้ได้แนวทางในการทดสอบกระบวนการลดความชื้นได้ดังนี้



การทดสอบเดิม

นำข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) ตามสภาวะที่เหมาะสม และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มา Shade Dry ที่อุณหภูมิห้องประมาณ 25-30 องศาเซลเซียส ใช้เวลาทั้งสิ้นประมาณ 48 ชั่วโมง จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ ซึ่งให้ผลค่อนข้างดีเมล็ดไม่ร้าว แต่ใช้เวลาค่อนข้างนาน

การทดสอบครั้งที่ 1

นำข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการ Soaking, Steaming และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มา Shade Dry 16 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s ที่อุณหภูมิ 45

องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 15 ชั่วโมง ผลที่ได้คือ เมล็ดไม่แตกร้าว และสีของเมล็ดที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลงสามารถลดเวลาลงได้ประมาณ 17 ชั่วโมง เมื่อเทียบกับการ Shade dry อย่างเดียว

การทดสอบครั้งที่ 2

จากผลการทดสอบครั้งที่ 1 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้สมบูรณ์ดี ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยลดเวลาในการ Shade Dry ที่ 10 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 14 ชั่วโมง ผลที่ได้คือ เมล็ดไม่แตกร้าว และสีของเมล็ดที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง สามารถลดเวลาลงได้ประมาณ 24 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับการ Shade dry อย่างเดียว

การทดสอบครั้งที่ 3

จากผลการทดสอบครั้งที่ 2 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้สมบูรณ์ดี ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ โดยลดเวลาในการ Shade Dry ที่ 5 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ผลที่ได้คือ เมล็ดไม่แตกร้าว และสีของเมล็ดที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง สามารถลดเวลาลงได้ประมาณ 24 ชั่วโมงเมื่อเทียบกับการ Shade dry อย่างเดียว

การทดสอบครั้งที่ 4

จากผลการทดสอบครั้งที่ 3 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้สมบูรณ์ดี ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มาลดเวลาในการ Shade Dry ที่ 5 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 9 ชั่วโมง ผลที่ได้คือเมล็ดมีบางเมล็ดที่แตกร้าว แต่ถือว่าน้อยมาก และสีของเมล็ดที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง

การทดสอบครั้งที่ 5

จากผลการทดสอบครั้งที่ 4 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้มีบางเมล็ดเกิดการแตกร้าว เมล็ดไม่สมบูรณ์ 100% ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มา Tempering โดยการจำลองหลักการของเครื่องจักรที่มีอยู่

แล้วในภาคอุตสาหกรรม โดยหลังจากให้ความร้อน (Steaming) แล้วไม่นำข้าวกล้างนี้ออกมา Shade dry แบบเดิม แต่ทิ้งไว้ใน Autoclave ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการให้ความร้อน (Steaming) ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s ที่อุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 12 ชั่วโมง ผลที่ได้คือเมล็ดไม่แตกร้าว ซึ่งจากกรณีนี้แสดงว่าการนำเมล็ดมาผ่านกระบวนการทำแห้งเลยมีผลต่อคุณภาพของเมล็ดข้าว ดังนั้นจึงต้อง Tempering ก่อนและสีของเมล็ดที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง

การทดสอบครั้งที่ 6

จากผลการทดสอบครั้งที่ 5 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้สมบูรณ์ดีแต่เวลาในการลดความชื้นยังคงมากอยู่ ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้างที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มา Tempering ภายใน Autoclave ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการให้ความร้อน (Steaming) ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s โดยเพิ่มอุณหภูมิเป็น 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 10 ชั่วโมง ผลที่ได้คือมีบางเมล็ดที่แตกร้าว และสีของเมล็ดที่ได้มีการเปลี่ยนแปลงคือ มีสีเหลืองขึ้นเล็กน้อย

การทดสอบครั้งที่ 7

จากผลการทดสอบครั้งที่ 6 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้มีการแตกร้าว และมีการเปลี่ยนแปลงของสีเล็กน้อย ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้างที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มา Tempering ภายใน Autoclave ซึ่งเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการให้ความร้อน (Steaming) ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่ความเร็วลม 4.5 m/s อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 13 ชั่วโมง ผลที่ได้คือเมล็ดมีการแตกร้าวอย่างเห็นได้ชัด แต่สีของเมล็ดที่เปลี่ยนแปลงเล็กน้อย

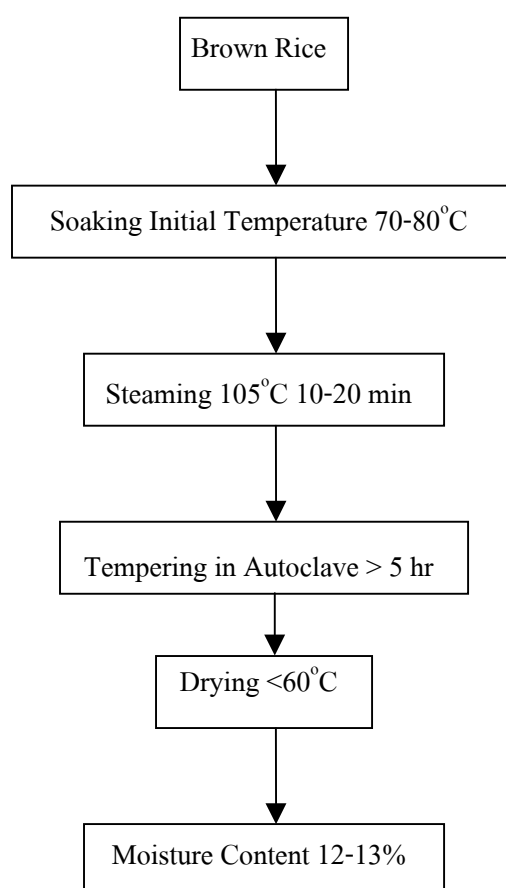
การทดสอบครั้งที่ 8

จากผลการทดสอบครั้งที่ 7 พบว่าเมล็ดข้าวที่ได้เกิดการแตกร้าว เมื่อลดเวลาในการ Tempering ลงจาก 5 ชั่วโมงเหลือเพียงแค่ 3 ชั่วโมง ดังนั้นจึงสามารถสรุปผลเบื้องต้นได้ว่าการ Tempering ใน Autoclave ไม่ควรน้อยกว่า 5 ชั่วโมง ดังนั้นจึงทำการทดสอบใหม่ โดยนำข้าวกล้างที่ผ่านกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และมีความชื้นประมาณ 35 เปอร์เซ็นต์ มา Tempering ภายใน Autoclave ในห้องปฏิบัติการเป็นเวลา 5 ชั่วโมง และนำมาอบแห้งโดยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ

100 องศาเซลเซียส จนกระทั่งความชื้นลดลง 12-13 เปอร์เซ็นต์ พบว่าใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ผลที่ได้คือเมล็ดมีการแตกร้าวอย่างเห็นได้ชัด และสีของเมล็ดที่ได้ค่อนข้างเหลือง

สรุปผลการทดสอบ

จากกระบวนการทดสอบข้างต้นทั้งหมดพบว่า การ Tempering ไม่ว่าจะเป็นการ Shade dry หรือกระบวนการ Tempering ใน Autoclave ที่เวลามากกว่า 5 ชั่วโมง ร่วมกับการ Drying ในตู้อบแบบลมร้อนความเร็วลม 4.5 m/s ที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60 องศาเซลเซียส จะทำให้ไม่เกิดการแตกร้าวของเมล็ดข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการเพื่อผลิตข้าวหนึ่งได้ ซึ่งสีของเมล็ดข้าวที่ได้ไม่เปลี่ยนแปลง และสามารถลดเวลาของกระบวนการลดความชื้นจากเดิมที่ประมาณ 48 ชั่วโมง เหลือเพียงแค่ประมาณ 15 ชั่วโมง เท่านั้น อีกทั้งสามารถนำมาประยุกต์ใช้กับอุตสาหกรรมต่อไป ดังนั้นจึงสรุปผลกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องได้ดังนี้



ภาพที่ 4.27 แสดงขั้นตอนกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องในห้องปฏิบัติการ

4.4 กระบวนการเก็บรักษาคุณภาพข้าว

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการทดสอบการเก็บรักษาข้าวที่ผ่านกระบวนการต่างๆ

ลำดับ	ชนิดของข้าว	เดือนที่ 1	เดือนที่ 2	เดือนที่ 3	เดือนที่ 4
1	ข้าวขาวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่ง	*	*	**	**
2	ข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่ง	*	*	**	***
3	ข้าวกล้องผ่านกระบวนการนึ่ง แต่ไม่ได้ขัดขาว	*	*	*	*
4	ข้าวกล้องผ่านกระบวนการนึ่งแต่ขัดขาว	*	*	*	**
5	ข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกที่ได้จากท้องตลาด	*	*	*	*

หมายเหตุ	*	หมายถึง	ปรกติ
	**	หมายถึง	ผิดปกติเล็กน้อย
	***	หมายถึง	ผิดปกติปานกลาง
	****	หมายถึง	ผิดปกติมาก

สรุปผลการทดสอบ

การทดสอบผลการเก็บรักษาข้าวที่สภาวะต่างๆ ดังตารางที่ 4.8 จะเห็นว่าข้าวที่ผ่านกระบวนการนึ่งหรือเม็ดแป้งมีการ gelatinization แล้วนั้นจะส่งผลต่อคุณภาพข้าวไม่เสื่อมเสียง่ายเมื่อเก็บเป็นระยะเวลานานๆ เมื่อเปรียบเทียบข้าวกล้องที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการนึ่งจะเห็นว่ามีผลผิดปกติเกิดขึ้นกับเมล็ดข้าวเร็วมากเพียงแค่ 1-2 เดือนเท่านั้น ซึ่งเมล็ดจะมีลักษณะเป็นสีขาวขุ่นเกิดขึ้นตามผิวโดยรอบ แต่เมื่อนำข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการนึ่งและไม่ได้ผ่านกระบวนการขัดขาวเก็บที่อุณหภูมิห้องปรกติ จะเห็นว่าสามารถเก็บได้นานขึ้นโดยที่คุณภาพของข้าวไม่เปลี่ยนแปลง



ภาพที่ 4.28 แสดงคุณภาพของข้าวชนิดต่างๆ ที่ผ่านกระบวนการเก็บรักษาเป็นเวลา 4 เดือน

- (1) ข้าวใหม่ (2) control (3) ข้าวกล้องนึ่งขัดขาว (4) ข้าวกล้องนึ่งไม่ขัดขาว
 (5) ข้าวกล้องไม่ผ่านกระบวนการนึ่ง (6) (7) (8) ข้าวกล้องนึ่งขัดขาวที่สภาวะต่างๆ

4.5 การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภค (Sensory Test)

ผลการทดสอบเพื่อพิจารณาการยอมรับของผู้บริโภค เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติทางประสาทสัมผัสที่มีต่อการบริโภคข้าวหุงสุก ดังผลการทดสอบภาคผนวก ข. นั้นสามารถแบ่งการพิจารณาได้ดังนี้

4.5.1 ข้าวพันธุ์หอมมะลิ KDML-105

จากกระบวนการทดสอบ และพิจารณาโดยใช้ความสัมพันธ์ทางสถิติ พบว่าเมื่อเปรียบเทียบข้าวกล้องหนึ่งที่สภาวะต่างๆ หุงสุกกับข้าวหนึ่งตามท้องตลาดหุงสุกและ ข้าวใหม่ที่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ หุงสุก พบว่าสามารถพิจารณาตามความพึงพอใจของผู้บริโภคคือ ข้าวหนึ่งตามท้องตลาด (control) ไม่เป็นที่ต้องการทั้งในเรื่องของความแข็งของเมล็ดข้าวหุงสุก ค่าสีที่ค่อนข้างเหลือง และกลิ่นที่ไม่พึงประสงค์เท่าที่ควรเมื่อเทียบกับข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหนึ่งและหุงสุก โดยเฉพาะที่สภาวะข้าวกล้องหนึ่ง initial temperature soaking 70°C เวลา 2 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (steaming) ที่ 105 °C 10 นาที และ Shade dry เพื่อลดความชื้นจากผลการทดสอบทางสถิติจะเห็นว่าค่าความพึงพอใจจะระหว่างข้าวใหม่ที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการใดๆ กับข้าวกล้องหนึ่งที่สภาวะ initial temperature soaking 80°C เวลา 2 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (steaming) ที่ 105 °C 10 นาที และ Shade dry เพื่อลดความชื้นไม่แตกต่าง

4.5.2 ข้าวพันธุ์ชัยนาท

กระบวนการทดสอบเช่นเดียวกับข้าวพันธุ์ KDML-105 แต่สามารถแบ่งกลุ่มความพึงพอใจของผู้บริโภคออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่พึงพอใจน้อย กลุ่มที่พึงพอใจปานกลาง และกลุ่มที่พึงพอใจมาก เมื่อพิจารณาจะเห็นว่า control หรือข้าวหนึ่งตามท้องตลาดยังคงไม่เป็นที่น่าพึงพอใจ เมื่อเทียบกับข้าวกล้องหนึ่งที่สภาวะ initial temperature soaking 80°C เวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (steaming) ที่ 105 °C 20 นาที และ Shade dry ดังผลการทดสอบในภาคผนวก ข.

4.5.3 ข้าวพันธุ์สุพรรณบุรี 1

การทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคข้าวหนึ่งหุงสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 1 พบว่าผู้บริโภคพึงพอใจข้าวกล้องหนึ่งที่สภาวะ initial temperature soaking 70°C เวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (steaming) ที่ 105 °C 15 นาที และ Shade dry มากกว่าข้าวหนึ่งตามท้องตลาด (control)

จากผลการทดสอบทั้ง 3 พันธุ์ข้าวจะเห็นว่าข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวกล้องนั้นเป็นที่ยอมรับมากกว่าข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวเปลือกทั้งทางกายภาพก่อนที่จะทำการหุง และหลังจากที่หุงสุกแล้ว

4.6 กระบวนการทดสอบ การผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องกับเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม

ผลจากการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องในห้องปฏิบัติการ ซึ่งให้ผลการทดสอบโดยที่จะเห็นว่าสีของเมล็ดข้าวลดลงอย่างเห็นได้ชัดเมื่อเทียบกับข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวเปลือก (Commercial) ไม่ว่าพันธุ์ใดก็ตาม เมื่อได้การทดสอบเช่นนั้นแล้ว นำผลการทดสอบในห้องปฏิบัติการ มาทดสอบกับเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรมผลปรากฏว่า กำลังการผลิตเพิ่มมากขึ้น มีผลต่อกระบวนการผลิตค่อนข้างสูง เครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม ประกอบด้วย ชุดเครื่องมือหลัก 3 ชุด คือ

1. ชุดของกระบวนการแช่ข้าวในน้ำ (Soaking)
2. ชุดของกระบวนการให้ความร้อน (Steaming) และกระบวนการลดความชื้น (Drying)
3. ชุดของกระบวนการขนส่งตัวผลิตภัณฑ์

เนื่องจากเครื่องจักรที่ได้ออกแบบสร้างไว้แล้วนั้น ดังภาพที่ 4.29-4.30 เดิมที่ได้ออกแบบสำหรับระบบการนึ่งข้าวเปลือก เมื่อนำมาทดสอบกับข้าวกล้องพบว่ามีปัญหาเกิดขึ้นมากมาย เช่น ในถึง Soaking เมื่อต้องการนำข้าวออกจากถังปรากฏว่าเมล็ดข้าวไปติดกับช่องทางออกต้องเอาวัสดุที่มีปลายแหลมสอดผ่านเพื่อให้มีช่องอากาศ ข้าวจึงจะไหลออกมาได้ และในช่วงของการให้ความร้อน (Steam) และการทำแห้งด้วยระบบ Fluidization นั้นปรากฏว่าข้าวเกิดการเกาะตัวเป็นก้อนทำให้การเคลื่อนไหลลำบาก อีกทั้งเป็นข้อจำกัดของกระบวนการทำแห้ง ซึ่งต้องใช้อุณหภูมิต่ำ ดังนั้นระบบ Fluidization จึงไม่เหมาะสมอีกทั้งระบบการทำแห้งแบบ Fluidization สิ้นเปลืองพลังงานค่อนข้างสูง ซึ่งจากการทดสอบพบว่าเครื่องจักรดังกล่าวเหมาะสำหรับกระบวนการนึ่งโดยใช้ข้าวเปลือกมากกว่าการนึ่งโดยใช้ข้าวกล้อง แต่จากคุณภาพของข้าวกล้องหนึ่งที่ได้อยู่ในเกณฑ์เป็นที่น่าพอใจ ไม่ว่าจะเป็น คุณลักษณะภายนอก คุณสมบัติทางกายภาพ ดังนั้นเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างมากถ้าจะทำการศึกษา และออกแบบสร้างเครื่องมือ เครื่องจักรให้เหมาะสมกับการผลิตข้าวกล้องหนึ่งต่อไป รวมทั้งสามารถใช้ได้กับกระบวนการผลิตข้าวเปลือกหนึ่งได้เช่นเดียวกัน



(ก)



(ข)



(ค)

ภาพที่ 4.29 แสดงระบบกระบวนการผลิตข้าวเหนียวด้วยเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรม
 (ก) ระบบเครื่องจักรผลิตข้าวเหนียว (ข) ถัง Soaking (ค) ระบบการขนส่งวัตถุดิบ



ภาพที่ 4.30 แสดงกระบวนการให้ความร้อนในช่วงของการ Steaming และ Drying ในชุด
กระบวนการให้ความร้อนของข้าวหนึ่งด้วยระบบ Fluidization
(ก) ข้าวเปลือกขณะเริ่มทำการให้ความร้อน (ข) ข้าวเปลือกความชื้นลดลง
(ค) ข้าวเปลือกเกิดการลอยตัวเมื่อความชื้นระเหยออก

บทที่ 5

สรุปและวิเคราะห์ผลการวิจัย

กระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องเป็นการทดสอบโดยใช้ข้าวกล้องมาผ่านกระบวนการหนึ่งที่อุณหภูมิของการแช่ข้าวแบบ Initial Temperature Soaking $70-80^{\circ}\text{C}$ เวลาในการให้ความร้อน (Steaming) ที่อุณหภูมิ 105°C เป็นเวลา 10, 15 และ 20 นาที แล้วทำการลดความชื้นด้วยวิธีการตามธรรมชาติ (Shade dry) จนกระทั่งความชื้นลดลงเป็น 12-13% นำมาผ่านกระบวนการขัดขาวและตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ คือ Head Rice Yield, Water absorption, Hardness, Whiteness และ b-value ตามลำดับหลังจากนั้นนำผลที่ได้เปรียบเทียบกับ control หรือข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวเปลือกและมีขายอยู่ตามท้องตลาด ซึ่งให้ผลการทดสอบดังนี้

1. ข้าวหนึ่งจากข้าวเปลือกที่เป็นสินค้าส่งออกผลิตจากข้าวพันธุ์ชัยนาท ให้ค่าของ b-value ที่ค่อนข้างสูงประมาณ 10.50 และให้ค่าความแข็ง Hardness ที่สูงเมื่อเทียบกับข้าวที่ผ่านกระบวนการต่างๆ ที่ประมาณ 52.68 นิวตัน

2. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง พันธุ์หอมมะลิ KDML-105 ในห้องปฏิบัติการและเปรียบเทียบกับ Control แล้วพบว่าให้คุณสมบัติที่ดีทั้งทางกายภาพและทางรูปลักษณะภายนอก ต้องผลิตที่สภาวะของ Initial Temperature Soaking 70°C เวลา 2 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (Steaming) เพื่อให้เม็ดแป้งเกิดการ gelatinization ที่อุณหภูมิ 105°C เวลา 10-20 นาที แล้วลดความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry หรือที่อุณหภูมิต่ำ

3. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์ชัยนาท ในห้องปฏิบัติการและเปรียบเทียบกับ Control แล้วพบว่าให้คุณสมบัติที่ดีทั้งทางกายภาพและทางรูปลักษณะภายนอก ต้องผลิตที่สภาวะของ Initial Temperature Soaking 80°C เวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (Steaming) เพื่อให้เม็ดแป้งเกิดการ gelatinization ที่อุณหภูมิ 105°C เวลา 20 นาที แล้วลดความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry หรือที่อุณหภูมิต่ำ

4. การทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพ ของกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้อง พันธุ์สุพรรณบุรี 1 ในห้องปฏิบัติการและเปรียบเทียบกับ Control แล้วพบว่าให้คุณสมบัติที่ดีทั้งทางกายภาพและทางรูปลักษณะภายนอก ต้องผลิตที่สภาวะของ Initial Temperature Soaking 70°C เวลา 4 ชั่วโมง ตามด้วยการให้ความร้อน (Steaming) เพื่อให้แป้งเกิดการ gelatinization ที่อุณหภูมิ 105°C เวลา 10-20 นาที

แล้วลดความชื้นด้วยกระบวนการ Shade dry หรือที่อุณหภูมิต่ำ ซึ่งจากการทดสอบข้าวกล้องทั้ง 3 พันธุ์ให้คุณภาพข้าวที่ดีที่สภาวะแตกต่างกัน และแต่ละพันธุ์ข้าวก็มีราคาที่แตกต่างกัน

5. เมื่อนำกระบวนการทดสอบที่ให้ผลเป็นที่น่าพอใจสำหรับกระบวนการผลิตข้าวหนึ่งจากข้าวกล้องพันธุ์สุพรรณบุรี 1 มาทดสอบกับข้าวเปลือกพันธุ์เดียวกัน พบว่าผลที่ได้ คือ เมล็ดข้าวจะร้าวและมีไตขาวอยู่ตรงกึ่งกลาง และให้สีที่เหลืองขึ้นนั้นคือเมล็ดที่เปลือกมีผลต่อค่าสีของเมล็ดข้าวรวมทั้งเปลือกข้าวเป็นอุปสรรคในการถ่ายเทมวลสารและปริมาณความร้อน

6. กระบวนการหาปริมาณความชื้นโดยที่ไม่ทำให้เมล็ดของข้าวกล้องเกิดการร้าว และสีไม่เปลี่ยนแปลง ต้องควบคุมโดยกระทำที่อุณหภูมิต่ำกว่า 60°C เนื่องจากที่อุณหภูมิสูงจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของเมล็ดข้าว และต้องเป็นการลดความชื้นลงอย่างช้าเพื่อควบคุมโครงสร้างของตัวเมล็ดข้าวไม่ให้บิดเบี้ยวเสียรูปทรง

7. การเก็บรักษาคุณภาพของข้าวโดยที่ข้าวผ่านกระบวนการหนึ่งแล้วหรือ gelatinization แล้ว พบว่าสามารถเก็บได้นานกว่าข้าวที่ไม่ได้ผ่านกระบวนการโดยที่ไม่เกิดการเสียหาย เนื่องจากความร้อนของกระบวนการหนึ่งไปยับยั้งการหายใจของเมล็ดข้าวรวมทั้งโครงสร้างของเมล็ดที่ยึดตัวกันแน่นขึ้น

8. จากการทดสอบการยอมรับของผู้บริโภคข้าวกล้องหนึ่งหุงสุกที่สภาวะต่างๆ พบว่าข้าวกล้องหนึ่งหุงสุกเป็นที่พึงพอใจของผู้บริโภคมากกว่าข้าวหนึ่งที่ผลิตจากข้าวเปลือก ทั้งในแง่ของรสชาติ กลิ่น และเนื้อสัมผัส

9. การทดสอบกระบวนการหนึ่งข้าวกล้องกับเครื่องจักรในภาคอุตสาหกรรมต้องมีการปรับปรุงของเครื่องจักรให้เหมาะสมรวมทั้ง กระบวนการลดความชื้นของข้าวกล้องที่ต้องควบคุมเป็นอย่างดี

บทที่ 6

ข้อเสนอแนะ

จากการทดสอบกระบวนการผลิตข้าวกล้องหนึ่งในห้องปฏิบัติการ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมจนกระทั่งนำผลการทดสอบมาประยุกต์กับเครื่องจักร พบว่ามีข้อเสนอแนะและแนวทางในการดำเนินการแก้ไขดังนี้

1. จากการทดสอบในห้องปฏิบัติการ จนได้สภาวะที่เหมาะสมเมื่อนำมา Scale up โดยการเพิ่มปริมาณข้าวกล้องของกระบวนการพบว่าเป็นการยากที่จะควบคุมให้ มีความสม่ำเสมอของคุณภาพข้าวหนึ่งที่ได้ ถ้าเครื่องจักรที่ได้ออกแบบและทดสอบนั้นไม่เหมาะสม เนื่องจากเครื่องจักรที่ทดสอบกับกระบวนการผลิตข้าวกล้องนี้ถูกออกแบบมาสำหรับการผลิตข้าวเปลือกหนึ่ง ดังนั้นเมื่อมาประยุกต์กับข้าวกล้องจึงเกิดปัญหาขึ้นในหลายจุด จึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจอย่างยิ่ง ถ้าจะมีการออกแบบและสร้างเครื่องจักร เครื่องมือที่เหมาะสมกับการผลิตข้าวกล้องนี้ ตรงนี้ขึ้นมา เพื่อมิให้ผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นผลที่เป็นที่น่าพอใจอย่างมาก ต้องสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์
2. กระบวนการลดความชื้นของข้าวกล้องเป็นเรื่องที่น่าสนใจศึกษามาก เนื่องจากมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องมากมาย อีกทั้งขณะนี้ยังไม่สามารถสรุปได้แน่ชัดว่ากระบวนการใดเป็นกระบวนการที่ดีที่สุดสำหรับการลดความชื้นของข้าวกล้อง

เอกสารอ้างอิง

- Ari, K., Rao, S.N.R. and Desikachar, H.S.R. 1975. Studies of the effect of parboiling on *Japanica and Indica rice*.
- Banjonk.K.1986. A bank extrusion tester for evaluation cooked rice texture. Thesis No. AE 86-20, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand.
- Bhattachaya, K.R., and Subba Rao, P.V. 1966. Effect of processing condition and milling yield in parboiling of rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. Vol. 46.
- Bhattachaya,K.R., and Sowbhagya,C.M.1971.Water uptake by rice during cooking. *Cereal Science Today*. Vol.16:420-424.
- Bor, B.L, and Robert R.M.1980. In Bor S.L.(ed). Rice: Production and Utilization. Food Technologist. *Department of Food Science and Technology University of California, Divis, AVI Publ. Co., Inc. Westport, Connecticut*.
- Brooker,D.B., Bakker,F.W. and Hall, C.W. 1974. *Drying of cereal grain*. AVI Publ. Co.Inc., Westport, Connecticut.
- Daniels, M.L., Marks,B.P., Siebenmorgen,T.J., menew,R.W. and Meullenet, J.1998. Effectof long-grain roun g rice storage history on end-use quality. *Journal of Food Science*. Vol. 63(5).
- Desikachar, H.S.R., Sonbhagya, C.M. and Viraktamath, C.S. 1969. Steaming of paddy for improved culinary, milling and storage properties. *Journal Food Science Technology*. 6(2):117-121.
- Deshpande, S.D., Satish, B. and Nawab, Ali. 1981. Pressure parboiling of paddy. *Central Institute of Agricultural Engineering India* VI. 8(3) :36-43.
- Elbert,G.Tolaba,M.P, and Suarez, C. 2001. Model application hydration and gelatinization during rice parboiling. *Drying technology*, 19(3&4),571-581.
- Farouk, S.M. and Islan, M.N. 1995. Effect of parboiling and milling characteristic of raw and parboiled popular rice cultivar. *Internal Rice Research Notes*. 30(3) : 8-9.
- Feillet, P., and Alary, R. 1975. Effects of processing condition and varietal differences on the quality of the finished product. *Ann. Technology Agricultural*. 24(1) : 11-23.
- Feller, D.A. and Deissinger, A.E. 1978. Steam treatment of rice paddy as a mean of reducing stickiness. *Cereal Science Today*. Vol.23(8) pp.488.
- Gariboldi, F. 1972. Parboiled rice. In *Rice Chemistry and Technology*. D.H. Houston (ed.). *American Associate. Cereal Chemistry*. St. Paul, Minn.

Iengar, N.G.C., Bhasher, R. and Dharmarajam, P. 1972. Studies on methods parboiling and drying of paddy. *Journal of Agricultural Engineering*. (India) 8(2) : 51-54.

Inprasit, C. and Noomhorm. 2001. Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer and operation on rice quality. *Drying technology*, 19(2). 389-404.

Jindal, V.K. and Siebenmorgen, T.J. 1987. Effect of drying air temperature and grain temperature of different types of dryer and operation on rice quality. *Resources and Development. Asian Institute of Technology*, Thailand.

Juliano, B.O. 1982. An international serving of Method used for evaluation of the cooking and eating qualities of milled rice. *IRRI Research Paper Series* No.77.

Luh, B.S., & Mikus, R.R. (1980). In B.S. Luh (ED.), Parboiled Rice in Rice Production and Utilization (pp.501-542), AVI, Connecticut.

Matthew, J. 1962. The accuracy of measurement of brown changes in moisture content of cereal by typical oven methods. *Journal Agricultural Engineering Reserve*. 7(3) : 185-191.

Raghavendra, S.N., and Juliano, B.O. 1970. Effect of parboiling on some physicochemical properties of rice. *Journal Agricultural Food Chemistry*. 18 ; 289-294.

Sabulase, V.C., Liuzzo, J.A., Rao, R.M. and Grodner, R.M. 1991. Cooking quality brown rice as influenced by Gamma irradiation, Variety and storage. *Journal Food Science*.

Srihavong, R. 1978. Experimental data obtained from paddy drying. *Journal of the Thai Society of Agricultural Engineering*. Vol. 3(1) : 16-24. (nonenglish).

Stipe, D.R. Wratten, F.T. and Miller, M.F. (1976). Drying steam treated naturally moist rough rice. In 18 th Annual program Rep. Crowley, LA: *Louisiana State University. Rice Exp.Sta.*

Toshinori Kimura. 1991. Effects of Processing Condition on the Hardening Characteristics of Parboiled Grain. *Faculty of Agriculture, Iwate University, Morioka 020*.

ภาคผนวก ข.

ความพึงพอใจของผู้บริโภค

ตารางที่ ข1. แสดงผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคข้าวกล้องหนึ่งหุงสุกพันธุ์ KDML-105

ข้าวหอมมะลิ KDML-105		N	1	2
Duncan	Control	7	2.20 ^a	
	ข้าวใหม่	7	2.85 ^{ab}	2.85 ^{ab}
	80/2-105/10	7		3.28 ^b
	80/4-105/10	7		3.28 ^b
	70/1-105/20	7		3.35 ^b
	70/2-105/10	7		3.41 ^b
Sig.			0.064	0.157

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares.

The error term is Mean Square(Error) = .414

ตารางที่ ข2. แสดงผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคข้าวกล้องหนึ่งหุงสุกพันธุ์สุพรรณบุรี 1

สุพรรณบุรี 1		N	1	2	3
Duncan	Control	7	2.25 ^a		
	ข้าวใหม่	7	2.65 ^{ab}	2.65 ^{ab}	
	80/2-105/15	7	2.72 ^{ab}	2.72 ^{ab}	
	80/4-105/15	7		3.04 ^{bc}	3.04 ^{bc}
	70/2-105/20	7		3.40 ^{bc}	3.40 ^{bc}
	70/4-105/15	7			3.61 ^c
Sig.			0.198	0.051	0.120

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares.

The error term is Mean Square(Error) = .404

ตารางที่ ๗3. แสดงผลการทดสอบความพึงพอใจของผู้บริโภคข้าวกล้องนึ่งหุงสุกพันธุ์ชัยนาท

	ชัยนาท	N	1	2	3
Duncan	Control	7	2.30 ^a		
	ข้าวใหม่	7	2.62 ^{ab}	2.62 ^{ab}	
	70/2-105/15	7	2.91 ^{abc}	2.91 ^{abc}	2.91 ^{abc}
	80/2-105/20	7	2.95 ^{abc}	2.95 ^{abc}	2.95 ^{abc}
	70/4-105/15	7		3.22 ^{bc}	3.22 ^{bc}
	80/4-105/20	7			3.42 ^c
Sig.			0.093	0.124	0.187

Means for groups in homogeneous subsets are displayed.

Based on Type III Sum of Squares.

The error term is Mean Square(Error) = .426

Sensory Test

ชื่อ.....เพศ.....อายุ.....วันที่.....

ท่านจะได้รับเอกสารสำหรับตอบแบบสอบถามจำนวน 1 แผ่น และจำลองข้าวหุงสุกจำนวน 6 ชนิด ให้ท่านตอบแบบสอบถามเปรียบเทียบตามความชอบของแต่ละชนิดข้าวหุงสุก โดยมีเกณฑ์คะแนนตามที่ระบุด้านล่าง

ชอบมากที่สุด	5	คะแนน
ชอบมาก	4	คะแนน
ชอบปานกลาง	3	คะแนน
ชอบน้อย	2	คะแนน
ชอบน้อยมาก	1	คะแนน

NUMBER							
1. กลิ่น							
2. สี(ค่าความขาว)							
3. การแยกตัวของเมล็ดข้าว							
4. ขนาดรูปทรงของเมล็ดข้าว							
5. ค่าความนุ่ม/ความแข็งของเมล็ดข้าว							
6. ค่าความเหนียวของเมล็ดข้าว							
7. รส							

เรียงลำดับความชอบของเมล็ดข้าวทั้ง 6 ชนิด จากชอบมากที่สุดไปชอบน้อยที่สุด

1.....2.....3.....
4.....5.....6.....

ข้อเสนอแนะเพิ่มเติม

.....
.....
.....
.....
.....ขอขอบคุณเป็นอย่างสูง