

## ข้าวกล้องผสมหุงสุกไว Quick-Cooking Mixed Brown Rice

กาญจนา มัทธนทวี\* คุลิกา จันทรศรี และดวงตา สว่างภพ  
Kanjana Mahattanatawee\*, Kulika Juntarasri and Duangta Sawangphop

### บทคัดย่อ

การศึกษากระบวนการผลิตข้าวกล้องผสมหุงสุกไว มีวัตถุประสงค์ เพื่อผลิตข้าวกล้องหุงสุกไวที่มีลักษณะเนื้อสัมผัส กลิ่น และคุณค่าทางโภชนาการสูงที่เป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยใช้ข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ โดยใช้วิธีอบความร้อนแห้ง (เพื่อให้เกิดรอยร้าวของเมล็ด) การแช่น้ำ (เพื่อให้ได้ 30% ความชื้น) การให้ความร้อนโดยหม้อนึ่งความดันไอปกติ (เพื่อให้เกิด 80% เจลาติไนซ์) และการอบแห้ง ( $a_w < 0.6$ ) ตามลำดับ พบว่าการอบความร้อนแห้ง ไม่มีผลต่อการเกิดรอยร้าวของเมล็ด และไม่มีผลต่อการเร่งอัตราการแช่น้ำ สภาวะที่เหมาะสมของการแช่น้ำของข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ  $65^{\circ}\text{C}$  90 นาที,  $30^{\circ}\text{C}$  120 นาที และ  $60^{\circ}\text{C}$  90 นาที ตามลำดับ สภาวะที่เหมาะสมของการให้ความร้อนโดยหม้อนึ่งความดันไอปกติของข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ 20, 30 และ 35 นาที ตามลำดับ และการอบแห้งด้วยลมร้อนที่อุณหภูมิ  $90^{\circ}\text{C}$  นาน 2 ชั่วโมงของข้าวกล้องทั้งสามชนิดมีผลให้ค่า  $a_w$  ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเหมาะต่อการเก็บรักษา จากการทดสอบเวลาที่ใช้ในการหุงสุกในน้ำเดือดพบว่า ข้าวกล้องวัตถุดิบทั้ง 3 สายพันธุ์ หุงสุกที่เวลา 25 นาที ส่วนข้าวกล้องหุงสุกไวทั้ง 3 สายพันธุ์ หุงสุกที่เวลา 10 นาที ซึ่งย่นระยะเวลาในการหุงสุกได้ถึง 15 นาที จากการวิเคราะห์สมบัติทางความหนืดของเพสต์ข้าวกล้อง ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) พบว่าค่าความหนืด ณ จุดที่เกิดพีก (peak viscosity) ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่า setback ของแป้งข้าวกล้องหุงสุกไวทั้ง 3 ชนิดมีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่าน

กระบวนการความร้อน เมื่อนำข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ที่ผ่านกระบวนการผลิตที่เหมาะสมมาผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 และหุงสุกโดยหม้อหุงข้าวไฟฟ้าเพื่อทดสอบการชิม พบว่ามีการยอมรับทางประสาทสัมผัสในด้านความชอบโดยรวมมากกว่าข้าวกล้องผสม (1:1:1) ที่เป็นวัตถุดิบ โดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $p < 0.05$ )

**คำสำคัญ :** ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ข้าวหุงสุกไว

### ABSTRACT

The production of a quick-cooking mixture of 3 types of brown rice (Khao Dok Mali 105, Homnin and Riceberry) was conducted in order to improve texture, aroma and nutrients to meet consumer demand. Four processes were used to produce quick-cooking brown rice including: pre-dry heating (to create cracking on the surface of the rice and to increase the rate of hydration during soaking); soaking (to gain 30% moisture); steaming (to obtain 80% gelatinize); and dry heating. The pre-dry heat process did not affect the rate of hydration compared to the rice which was not pre-dried. The proper soaking conditions of the 3 types of brown rice, Khao Dok Mali 105, Homnin and Riceberry, were  $65^{\circ}\text{C}$  90 min.,  $30^{\circ}\text{C}$  120 min. and  $60^{\circ}\text{C}$  90 min. respectively. The proper period of atmospheric steam cooking for each, Khao Dok Mali 105, Homnin and Riceberry, was 20, 30 and 35 min.

respectively. Dry heat at 90°C for 2 hours was used to reduce the moisture of the rice to  $a_w < 0.6$  which was suitable for storage. The timing for cooking rice in boiling water was explored. The un-processed brown rice (raw brown rice) was fully cooked in 25 min but the processed quick-cooking brown rice was fully cooked in 10 min. These results indicate that processed, quick-cooking brown rice can be cooked faster than un-processed brown rice for 15 min. The physical property of the brown rice was investigated by Rapid Visco Analyser (RVA). Results showed that levels of peak and final viscosity and setback of 3 types of processed quick-cooking brown rice lower than the 3 types of raw brown rice. Sensory evaluation of the 3 types of quick-cooking brown rice mixed together (1:1:1) indicated a significant overall preference ( $p < 0.05$ ) compared to the 3 mixed types of raw brown rice (1:1:1)

**Keywords:** Khao Dok Mali 105, Homnin Brown Rice, Riceberry Brown Rice, quick-cooking rice

## บทนำ

ข้าวเป็นแหล่งสารอาหารคาร์โบไฮเดรตที่เป็นอาหารหลักของคนไทยมาช้านาน นอกจากการบริโภคภายในประเทศแล้วข้าวไทยยังเป็นสินค้าเกษตรส่งออกที่สำคัญ ประเทศไทยมีพื้นที่ที่อุดมสมบูรณ์เหมาะแก่การเพาะปลูกข้าว จึงมีพันธุ์ข้าวหลากหลายชนิด ประมาณ 17,000 สายพันธุ์ [1] บางชนิดมีคุณค่าทางโภชนาการสูงโดยเฉพาะข้าวกล้องซึ่งเป็นข้าวที่ผ่านกระบวนการกระเทาะเอาเปลือกออก อาจไม่ผ่านการขัดสี หรือขัดสีบางส่วน จึงยังคงคุณค่าทางโภชนาการสูง [2] อุดมไปด้วยวิตามิน (เช่น วิตามินบี วิตามินอี เป็นต้น) เกลือแร่ (เช่น สังกะสี เหล็ก แคลเซียม เป็นต้น) และสารต้านอนุมูลอิสระชนิดต่างๆ (เช่น เบต้าแคโรทีน โพลีฟีนอล

แทนนิน เป็นต้น) [3] แม้ว่าข้าวกล้องมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแต่ก็ยังไม่เป็นที่แพร่หลายมากนัก ประชาชนส่วนใหญ่ไม่นิยมบริโภคเนื่องจากข้าวกล้องมีเนื้อสัมผัสที่แข็ง และใช้เวลาหุงสุกนานกว่าข้าวขาว อันเป็นผลมาจากข้าวกล้องมีเยื่อหุ้มเมล็ดที่หนากว่าข้าวขาว จึงส่งผลให้ใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่าและบางครั้งต้องแช่ข้าวในน้ำเป็นเวลาร่วมชั่วโมงจึงจะนำมาหุงต้มได้ ปัญหาดังกล่าวทำให้มีงานวิจัยการผลิตข้าวหุงสุกไวจากพันธุ์ข้าวหลายชนิด ด้วยวิธีต่างๆ เช่น ทำให้ได้ข้าวเกิดเจลลิตินซ์บางส่วน สุกสมบูรณ์ หรือเกิดรูพรุนของเมล็ดข้าว กระบวนการที่ใช้ได้แก่ การแช่น้ำ การแช่น้ำร่วมกับสารเคมี การให้ความร้อนแห้ง ความร้อนชื้น การแช่แข็งทำแห้งสุญญากาศ (freeze vacuum drying) การแช่เยือกแข็งและการละลาย (freeze-thaw process) วิธีการเยือกแข็งร่วมกับการใช้ไมโครเวฟ เป็นต้น [4-8]

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้มีวัตถุประสงค์ในการผลิตข้าวกล้องผสมหุงสุกไว ที่มีคุณค่าโภชนาการสูง โดยคัดเลือกสายพันธุ์ข้าวกล้องที่จะนำมาผสมกัน และใช้วิธีการผลิตข้าวกล้องหุงสุกไวที่สะดวกไม่ซับซ้อนและสามารถผลิตข้าวกล้องที่ใช้เวลาหุงสุกได้เช่นเดียวกันกับการหุงข้าวทั่วไป และได้ข้าวหุงสุกที่นุ่มเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค

## อุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

### 1. สายพันธุ์ข้าวไทย

จากการศึกษาข้อมูลเบื้องต้นของพันธุ์ข้าวต่างๆ และคุณค่าทางโภชนาการจึงได้ทำการคัดเลือกข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ที่มีคุณสมบัติเด่นด้านความหอม และสารอาหารที่สำคัญ ได้แก่ ธาตุเหล็ก วิตามินอี โฟเลต แกมมา-โอริซานอล โอเมก้า-3 และโพลีฟีนอล เป็นต้น [9-11] ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ซื้อได้จากซูเปอร์มาร์เก็ตของห้างสรรพสินค้าในกรุงเทพฯ เพื่อนำมาใช้เป็นวัตถุดิบในการศึกษาขั้นต่อไป

## 2. การศึกษาการผลิตข้าวหุงสุกไว

การผลิตข้าวกล้องหุงสุกไวจะใช้วิธีที่สะดวกไม่ซับซ้อนซึ่งจะประกอบไปด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

2.1 การศึกษาผลของการให้ความร้อนแห้งขั้นต้น (Preheat) (ดัดแปลงตามวิธี Weibye (1983) [4])

ศึกษาผลของการอบความร้อนแห้งที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าว โดยการให้ความร้อนขั้นต้นนั้นมีจุดประสงค์เพื่อให้เกิดรอยร้าวภายในเมล็ด เป็นการลดเวลาในการแช่ และการให้ความร้อนในขั้นต่อไป โดยนำตัวอย่างข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่มาอบความร้อนแห้งในตู้อบแห้งลมร้อน ปรับการหมุนเวียนของอากาศที่ระดับ 3 (Hot Air Oven, รุ่น UM 30D Memmert ประเทศอังกฤษ) โดยแปรผันอุณหภูมิเป็น 50 และ 100°C และแปรผันเวลาในการอบเป็น 5 และ 10 นาที และทำการประเมินผลการทดลองโดยทำการเปรียบเทียบปริมาณความชื้น (A.O.A.C., 2000) หลังการแช่น้ำของข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนขั้นต้น ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15, 30 และ 45 นาที

2.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าว (ดัดแปลงตามวิธี กมลทิพย์ (2533) [12])

ทำการศึกษาอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ เพื่อให้ได้ 30% ความชื้น โดยใช้อัตราส่วนของข้าว : น้ำ เป็น 1:3 โดยน้ำหนัก โดยศึกษาปัจจัย คือ อุณหภูมิในการแช่ (30, 45, 60 และ 65°C) และเวลาในการแช่ (60, 90 และ 120 นาที) ทำการทดลองในอ่างน้ำร้อนควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath, Memmert รุ่น WB-22 ประเทศเยอรมัน)

2.3 การศึกษาการให้ความร้อนในการหุงสุกด้วยวิธีการนี้ (ดัดแปลงตามวิธี Tanaka (1969) [5])

ทำการศึกษาการให้ความร้อน ด้วยวิธีการนี้ด้วยไอน้ำที่ความดันบรรยากาศปกติ เพื่อให้เกิด 80% เจลาตินไนซ์โดยควบคุมเวลาที่ใช้นี้ดังนี้ ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ใช้เวลานี้ 15, 20, 25 และ 30 นาที

ข้าวกล้องหอมนิล ใช้เวลานี้ 20, 25 และ 30 นาที ข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ใช้เวลานี้ 20, 25, 30, 35 และ 40 นาที และวิเคราะห์เปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาตินไนซ์โดยวิธี Differential Alkaline Solubility (ดัดแปลงตามวิธี Birch and Priestley 1973 [13])

2.4 การอบแห้ง

ทำการระเหยน้ำของข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนในการหุงสุก โดยใช้ตู้อบแห้งลมร้อน ที่อุณหภูมิคงที่ระดับเดียว 90°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง เพื่อให้ความชื้นลดลงและมีค่า  $a_w < 0.6$

2.5 การทดสอบหาระดับการสุกของข้าว (ดัดแปลงจาก Juliano and Bechtel (1985) [14])

ทำการหาระดับการสุกของข้าว เพื่อประเมินเวลาที่ใช้ในการหุงข้าวสุก เปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการผลิต (วัตถุดิบ) และข้าวที่ผ่านกระบวนการทำให้หุงสุกไว โดยนำตัวอย่างข้าว ต้มในน้ำเดือดโดยสัดส่วนข้าวต่อน้ำเท่ากับ 1:6 ที่เวลา 5, 10, 15, 20, 25 และ 30 นาที นำเมล็ดข้าว 10 เมล็ดที่เวลาต่างๆ วางบนแผ่นกระจก แล้วใช้แผ่นกระจกอีกแผ่นกดเมล็ดข้าว นับจำนวนข้าวที่มีจุดไตขุนขาวเหลืออยู่ และทำการคำนวณหาระดับการสุกของข้าวจากสูตร

% degree of cooking

$$= \frac{\text{จำนวนเมล็ดข้าวทั้งหมด} - \text{จำนวนเมล็ดข้าวที่มีจุดไตขุนขาวเหลืออยู่}}{\text{จำนวนเมล็ดข้าวทั้งหมด}} \times 100$$

2.6 การทดสอบสมบัติทางความหนืดของเพสต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว Rapid Visco Analyser (RVA)

นำตัวอย่างข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ และข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการหุงสุกไว มาทำการบดและผ่านตะแกรงร่อนขนาด 80 mesh นำตัวอย่างแป้งข้าว 3 กรัม ใส่ลงในภาชนะทรงกระบอก เติมน้ำกลั่นปริมาตร 25 มิลลิลิตร และนำไปวิเคราะห์หาคุณสมบัติของแป้ง ด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA-3D, Newport Scientific, Narrabeen, Australia)

## 2.7 การทดสอบการยอมรับของข้าวกล้องหุงสุกไว

การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสทางด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของข้าวกล้องหุงสุกไวและข้าวกล้องวัตถุดิบแต่ละชนิด โดยนำข้าวกล้องหุงสุกไวผสม 3 สายพันธุ์ และข้าวกล้องวัตถุดิบผสม 3 สายพันธุ์ ผสมกันในอัตราส่วน 1:1:1 หุงต้มข้าวด้วยหม้อหุงข้าวไฟฟ้า เป็นเวลา 30 นาที ที่อัตราส่วนข้าวต่อน้ำ 1:3 ใช้ผู้ทดสอบจำนวน 15 คน โดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale

## 2.8 การวิเคราะห์ผลทางสถิติ

การทดสอบทางเคมีและกายภาพวางแผนการทดลองแบบ CRD (Complete Randomized Design) หาค่าเฉลี่ยและความแปรปรวนโดยวิธี One-Way Analysis of Variance และตรวจสอบความแตกต่างของผลิตภัณฑ์ด้วย DMRT (Duncan's Multiple Range Test) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

## ผลการทดลองและวิจารณ์

### 1. การศึกษาการผลิตข้าวหุงสุกไว

#### 1.1 การศึกษาผลของการให้ความร้อนแห้งขั้นต้น (Preheat)

การให้ความร้อนขั้นต้นในตู้อบร้อนอุณหภูมิ 50 และ 100°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที เพื่อให้เกิดรอยร้าวภายในเมล็ด ซึ่งมีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับน้ำ

ของเมล็ดข้าว และเป็นการลดเวลาในการแช่ประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าวหลังการให้ความร้อนแห้งขั้นต้นพิจารณาจากค่าความชื้นที่ได้หลังจากการแช่ข้าว พบว่าปริมาณความชื้นของข้าวกล้องที่ผ่านและไม่ผ่านความร้อนขั้นต้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ ( $p > 0.05$ ) แสดงว่าการให้ความร้อนขั้นต้น ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าวกล้อง (แสดงผลดังใน Table 1 เฉพาะข้าวกล้องหอมนิล) ซึ่งสอดคล้องกับการทดลองของกมลทิพย์ (2533) [12] ที่ใช้ข้าวขัดขาวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ที่อุณหภูมิ 50 และ 100°C เป็นเวลา 5, 10 และ 15 นาที พบว่า ปริมาณความชื้นไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p > 0.05$ ) แต่ไม่สอดคล้องกับการทดลองของขวัญใจและวรรณดี (2540) [15] ที่ใช้ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวบาสมatik ที่อุณหภูมิ 90°C นาน 15 นาที พบว่ามีผลทำให้เวลาในการทำสุกสั้นลง เมล็ดข้าวเกิดรอยร้าวเล็กๆ ทำให้การดูดซับน้ำในขณะแช่และทำสุกเร็วขึ้นอีกทั้งปริมาณความชื้นก็เพิ่มสูงขึ้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) จากผลการทดลองดังกล่าวอาจเป็นเพราะข้าวที่นำมาทดลองนั้นเป็นข้าวกล้องที่มีเยื่อหุ้มเมล็ดที่หนากว่าข้าวที่ผ่านการขัดสีแล้ว อุณหภูมิและเวลาที่ใช้อาจไม่เพียงพอที่จะมีผลทำให้เกิดรอยร้าวภายในเมล็ด

**Table 1** Moisture content after soaking of pre-dry heat and not pre-dry heat of Homnin brown rice

Soaking time (min)	Moisture content (%)				
	Non pre-dry heat rice	Pre-dry heat rice			
		50°C		100°C	
		5 min	10 min	5 min	10 min
15	15.94±0.71 <sup>ns</sup>	15.52±0.30 <sup>ns</sup>	15.81±0.29 <sup>ns</sup>	15.66±0.27 <sup>ns</sup>	15.52±0.30 <sup>ns</sup>
30	18.58±0.24 <sup>ns</sup>	18.31±0.30 <sup>ns</sup>	18.51±0.38 <sup>ns</sup>	18.24±0.31 <sup>ns</sup>	18.57±0.18 <sup>ns</sup>
45	22.92±0.12 <sup>ns</sup>	22.24±0.23 <sup>ns</sup>	22.57±0.43 <sup>ns</sup>	22.55±0.42 <sup>ns</sup>	22.45±0.49 <sup>ns</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

Means followed by the ns letter in the same row are not significantly different according to Duncan's test ( $p > 0.05$ ).

## 1.2 การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าว

การแช่ข้าวเพื่อให้ได้ปริมาณความชื้น 30% ซึ่งเป็นปริมาณความชื้นที่เพียงพอต่อการเกิดเจลาติไนซ์ เซชันของข้าวในขั้นตอนการให้ความร้อนหรือการทำให้สุกต่อไป จาก Table 2 - 4 พบว่าอุณหภูมิในการแช่มีผลต่อปริมาณความชื้นอย่างมีนัยสำคัญ ( $p \leq 0.05$ ) โดยปริมาณความชื้นจะเพิ่มขึ้นเมื่ออุณหภูมิในการแช่เพิ่มขึ้น ซึ่งสภาวะที่เหมาะสมในขั้นตอนการแช่ข้าวจะพิจารณาจากอุณหภูมิต่ำสุดที่ใช้เวลาในการแช่ข้าวไม่เกิน 120 นาที ดังนั้นอุณหภูมิและเวลาในการแช่ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 คือ ที่อุณหภูมิ 65°C นาน 90 นาที มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 31.41% สำหรับข้าวกล้องหอมนิล คือ ที่อุณหภูมิ 30°C นาน 120 นาที มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 31.61% และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ ที่อุณหภูมิ 60°C นาน 90 นาที มีปริมาณความชื้นเท่ากับ 32.96% ในงานวิจัยของพรทิพย์และคณะ (2552) [16] พบว่าการแช่ข้าวที่อุณหภูมิเพิ่มสูงขึ้นจะทำให้ปริมาณ

ความชื้นเพิ่มขึ้น และสอดคล้องกับ Bello (2004) [17] ที่ทดสอบการดูดซับน้ำของข้าวเปลือก ข้าวกล้อง ข้าวสาร เมื่อแช่น้ำที่อุณหภูมิ 25-65°C ซึ่งเป็นอุณหภูมิที่ต่ำกว่าอุณหภูมิเจลาติไนซ์ของข้าว พบว่าชั้นเยื่อหุ้มข้าวหรือที่เรียกทั่วไปว่าชั้นรำข้าวเป็นอุปสรรคขัดขวางการดูดซับน้ำระหว่างการแช่ ทำให้ข้าวกล้องมีอัตราการดูดซับน้ำน้อยกว่าข้าวสาร และการดูดซับน้ำของข้าวทุกชนิดจะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิการแช่ทั้งนี้เนื่องจากอัตราการแพร่ของน้ำจะเพิ่มขึ้นเนื่องจากสัมประสิทธิ์การแพร่จะเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิที่เพิ่มขึ้น ซึ่งข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ จากการทดลองครั้งนี้มีชั้นของเยื่อหุ้มเมล็ดค่อนข้างหนาทำให้ขัดขวางการดูดซับน้ำจากผิวเมล็ดเข้าสู่เนื้อเมล็ด อีกทั้งปริมาณโปรตีนที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีจะเป็นตัวขัดขวางการดูดซับน้ำเข้าไปภายในเม็ดแป้ง [3]

**Table 2** Moisture content of Khao Dok Mali 105 brown rice after soaking at vary temperature and time

Soaking temperature (°C)	Moisture content (%)		
	Soaking time (min)		
	60 (min)	90 (min)	120 (min)
30	23.87±0.24 <sup>B,d</sup>	25.75±0.01 <sup>A,d</sup>	26.40±0.73 <sup>A,d</sup>
45	24.86±0.01 <sup>C,c</sup>	26.87±0.12 <sup>B,c</sup>	28.21±0.01 <sup>A,c</sup>
60	25.27±0.12 <sup>B,b</sup>	28.82±0.27 <sup>A,b</sup>	29.14±0.07 <sup>A,b</sup>
65	29.97±0.08 <sup>C,a</sup>	31.41±0.05 <sup>B,a</sup>	31.60±0.07 <sup>A,a</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

<sup>a, b, c</sup> Means with the different letters in the same column are significant at  $p \leq 0.05$

<sup>A, B, C</sup> Means with the different letters in the same row are significant at  $p \leq 0.05$

**Table 3** Moisture content of Homnin brown rice after soaking at vary temperature and time

Soaking temperature (°C)	Moisture content (%)		
	Soaking time (min)		
	60 (min)	90 (min)	120 (min)
30	25.08±0.12 <sup>C,c</sup>	28.88±0.08 <sup>B,c</sup>	31.61±0.17 <sup>A,c</sup>
45	26.28±0.41 <sup>C,b</sup>	29.91±0.44 <sup>B,b</sup>	32.79±0.32 <sup>A,b</sup>
60	27.79±0.12 <sup>C,a</sup>	31.91±0.20 <sup>B,a</sup>	33.68±0.54 <sup>A,a</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

<sup>a, b, c</sup> Means with the different letters in the same column are significant at  $p \leq 0.05$

<sup>A, B, C</sup> Means with the different letters in the same row are significant at  $p \leq 0.05$

**Table 4** Moisture content of Riceberry brown rice after soaking at vary temperature and time

Soaking temperature (°C)	Moisture content (%)		
	Soaking time (min)		
	60 (min)	90 (min)	120 (min)
30	23.25±0.08 <sup>B,c</sup>	25.81±0.23 <sup>A,c</sup>	26.69±0.86 <sup>A,b</sup>
45	23.90±0.08 <sup>B,b</sup>	26.96±0.24 <sup>A,b</sup>	27.59±0.87 <sup>A,b</sup>
60	29.42±0.09 <sup>B,a</sup>	32.96±0.10 <sup>A,a</sup>	33.06±0.01 <sup>A,a</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

<sup>a, b, c</sup> Means with the different letters in the same column are significant at  $p \leq 0.05$

<sup>A, B, C</sup> Means with the different letters in the same row are significant at  $p \leq 0.05$

### 1.3 การศึกษาการให้ความร้อนในการหุงสุกด้วยวิธีการนี้

การให้ความร้อนโดยการนึ่งข้าวด้วยไอน้ำเพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาตินไนซ์เซชันของข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ อยู่ในช่วงประมาณ 80% พบว่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับการนึ่งข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ 20, 30 และ 35 นาที ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้เมล็ดข้าวสุกแตกบานและเหนียวติดกัน ดัง Table

5 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าเวลาที่ใช้ในการทำให้สุกโดยการนึ่งไอน้ำ มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาตินไนซ์เซชันของข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ( $p < 0.05$ ) โดยที่เปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาตินไนซ์เซชันของข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ จะเพิ่มขึ้นเมื่อเวลานานขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกมลทิพย์ (2533) [12] เมื่อเวลาในการหุงสุกนานมากขึ้นเปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาตินไนซ์เซชันจะมากขึ้นด้วย

**Table 5** Percentage of gelatinize of cooked brown rice under atmospheric steam cooking

Time (min)	Percentage of gelatinize		
	Khao Dok Mali 105	Homnin	Riceberry
20	71.27±1.21 <sup>c</sup>	65.60±1.26 <sup>c</sup>	52.26±0.84 <sup>e</sup>
25	86.18±1.30 <sup>b</sup>	73.24±0.38 <sup>b</sup>	57.84±0.70 <sup>d</sup>
30	96.63±1.25 <sup>a</sup>	79.22±0.04 <sup>a</sup>	65.86±0.26 <sup>c</sup>
35	N/A	N/A	76.33±0.25 <sup>b</sup>
40	N/A	N/A	86.10±0.60 <sup>a</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

<sup>a, b, c</sup> Means with the different letters in the same column are significant at  $p \leq 0.05$

N/A = Not Applicable

### 1.4 การทำแห้ง

การอบข้าวที่ผ่านการให้ความร้อนในการหุงสุกด้วยวิธีการนี้ที่มีเปอร์เซ็นต์การเกิดเจลาตินไนซ์เซชันประมาณ 80% ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมงเพื่อลดปริมาณความชื้นและเพื่อการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ผลแสดงดัง Table 6 พบว่าหลังการอบข้าวกล้องทั้ง 3

สายพันธุ์ มีค่า Water Activity ( $a_w$ ) ต่ำกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่า Water Activity ที่เชื้อรา ยีสต์ และจุลินทรีย์ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ [18] ดังนั้นการอบแห้งในสภาวะที่ศึกษาครั้งนี้ จึงเหมาะสมเพื่อทำให้ข้าวแห้งและเพื่อการเก็บรักษา

**Table 6** Water activity value of brown rice after dry heat at 90°C, 2 hours

Rice variety	$a_w$
Khao Dok Mali 105	0.41±0.01 <sup>a</sup>
Homnin	0.36±0.01 <sup>b</sup>
Riceberry	0.52±0.01 <sup>a</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 3).

<sup>a, b</sup> Means with the different letters are significant at  $p \leq 0.05$

### 1.5 การทดสอบหาระดับการสุกของข้าว

ทดสอบเวลาที่ใช้ในการหุงต้มเพื่อให้ได้ข้าวที่เกิดเจลาตินไนซ์สมบูรณ์หรือสุกสมบูรณ์ เปรียบเทียบ

ระหว่างข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการผลิต (วัตถุดิบ) กับข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการทำให้เป็นข้าวหุงสุกไว ผลการทดลองดัง Table 7 พบว่าข้าวกล้องที่ผ่านกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกไวทั้ง 3 สายพันธุ์ มีระดับการสุก 100% ที่เวลา 10 นาที ส่วนข้าวกล้องที่ไม่ผ่านกระบวนการผลิต (วัตถุดิบ) จะมีระดับการสุก 100% ที่เวลา 25 นาที แสดงให้เห็นว่าการผลิตข้าวกล้องหุงสุกไวสามารถลดระยะเวลาในการหุงต้มได้ถึง 15 นาที ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรสุดา (2550) [19] และ Chakkaravarthi (2008) [20] ที่กล่าวว่าข้าวที่ผ่านกรรมวิธีการเกิดเจลาตินไนซ์เซชันมาบางส่วน สามารถช่วยทำให้ข้าวหุงสุกได้เร็วขึ้น

**Table 7** Timing for the degree of cooked rice in boiling water comparing between processed rice and un-processed rice

Brown rice variety		Degree of cooked rice (%)					
		Cooking time (min )					
		5	10	15	20	25	30
Khao Dok Mali 105	un-processed rice	0	0	20	80	100	100
	processed rice	50	100	100	100	100	100
Homnin	un-processed rice	0	0	30	50	100	100
	processed rice	20	100	100	100	100	100
Riceberry	un-processed rice	0	0	30	70	100	100
	processed rice	30	100	100	100	100	100

Remark: 0 % Degree of cooked rice = Un-cooked rice

100 % Degree of cooked rice = fully cooked rice

### 1.6 การทดสอบสมบัติทางความหนืดของเพสต์ด้วยเครื่องวิเคราะห์ความหนืดอย่างรวดเร็ว Rapid Visco Analyser (RVA)

จากการศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดของเพสต์ข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ พบว่ามีรูปแบบของการเปลี่ยนแปลงในลักษณะเดียวกัน โดยจาก Figure 1 และ 2 พบว่าความหนืด ณ จุดที่เกิดพีก (peak viscosity) และความหนืดสุดท้าย (final viscosity) ของข้าวที่ผ่านกระบวนการมีค่าลดลง เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการ เนื่องจากในขั้นตอนการ

ผลิต ประกอบด้วยขั้นตอนการให้ความร้อนแห้ง การแช่ และการนึ่งด้วยไอน้ำ ความร้อนที่ใช้จะทำให้เกิดการเจลาตินไนซ์เซชันเกือบสมบูรณ์ เมล็ดข้าวเกิดรอยแยกและมีการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างภายในระดับของผลึก (crystalline) ทำให้แรงจذبระหว่างส่วน crystalline และ amorphous จะเปลี่ยนไป เมื่อนำมาหุงสุก เม็ดแป้งจะดูดน้ำได้เร็วขึ้น ส่งผลให้แนวโน้มการเกิดเจลและความหนืดลดลง [16, 21] กระบวนการให้ความร้อนนอกจากมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงความหนืดและการเกิดเจลแล้ว ยังส่งผลต่อค่า setback ที่มีค่าลดลงเมื่อ

เปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการ แสดงให้เห็น (retrogradation) ของข้าวหลังจากการเกิดเจลลดลง  
ว่าเมื่อการเกิดเจลลดลง มีผลให้การคืนตัว ด้วยเช่นกัน

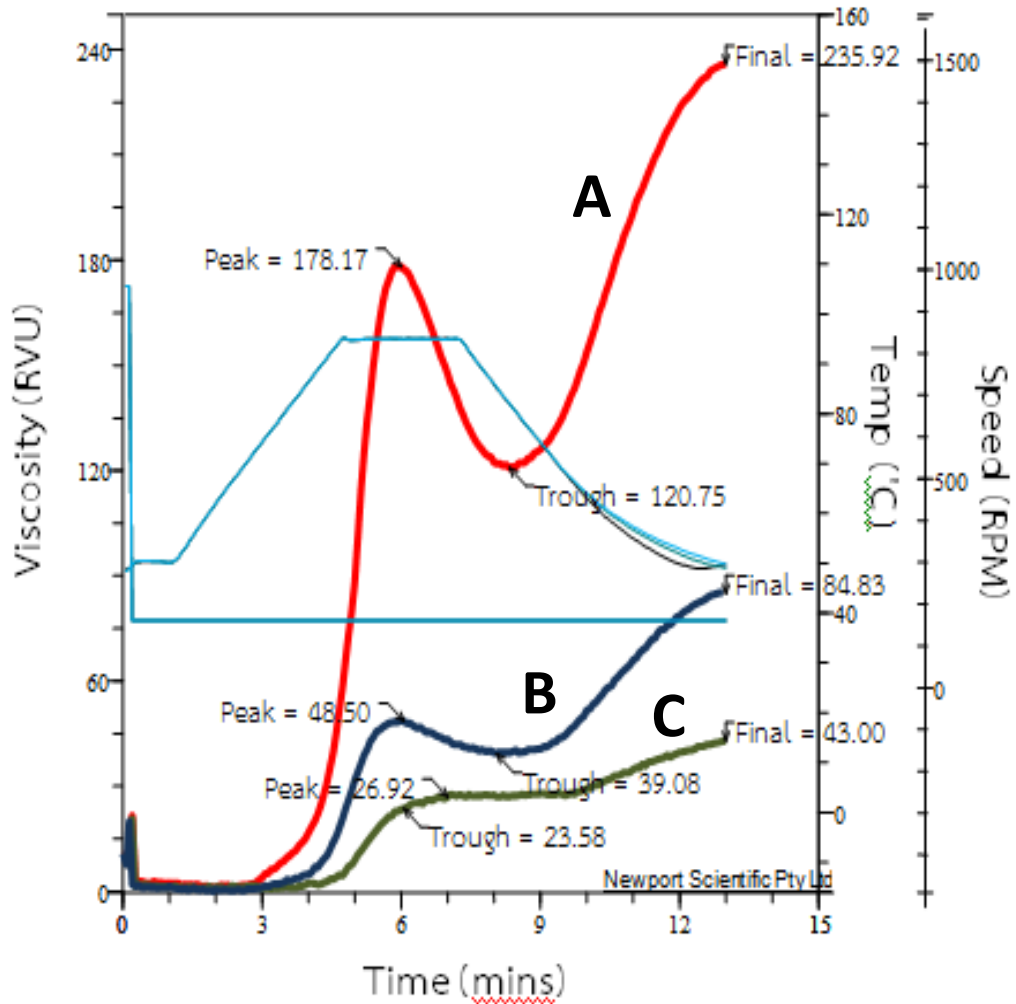


Figure 1 Viscosity profiles of un-processed brown rice flour by RVA

A = Khao Dok Mali 105 brown rice

B = Riceberry brown rice

C = Homnin brown rice



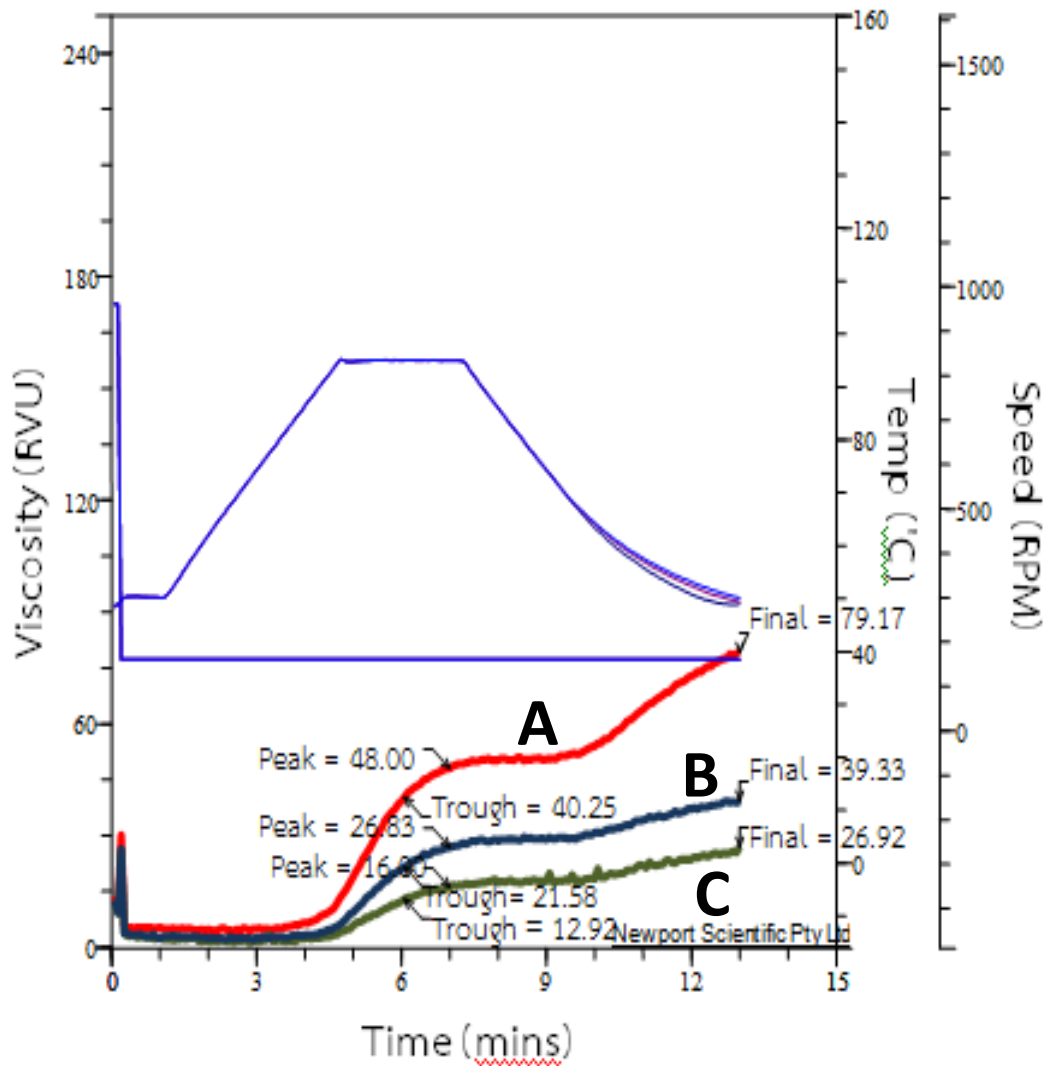


Figure 2 Viscosity profiles of processed brown rice flour by RVA

A = Khao Dok Mali 105 brown rice

B = Riceberry brown rice

C = Homnin brown rice

### 1.7 การทดสอบการยอมรับของข้าวกล้องหุงสุกไว

ผลการประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสพบว่าคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุกไวได้รับคะแนนการยอมรับมากกว่าข้าวกล้องวัตถุดิบ ดังแสดงใน Table 8 ทั้งนี้เป็นผลมาจากการผ่านกระบวนการความร้อนและการทำสุกที่ระดับเจลาติไนซ์

ประมาณ 80% ทำให้ข้าวหุงสุกไวที่ผลิตได้มีเนื้อสัมผัสที่อ่อนนุ่มและเป็นที่ยอมรับมากกว่าข้าวที่เป็นวัตถุดิบ ผลการทดลองดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของกมลทิพย์ (2533) [12] ที่เลือกระดับการเกิดเจลาติไนซ์ประมาณ 80% ในการผลิตข้าวหุงสุกไว

**Table 8** Sensory evaluation of brown rice using 9-point Hedonic scale

Brown rice variety		Hedonic Score				
		Color	Odor	Taste	Texture	Overall acceptability
Khao Dok Mali 105	un-processed rice	7.47±1.13 <sup>a</sup>	7.27±1.83 <sup>a</sup>	7.53±1.13 <sup>a</sup>	6.60±1.30 <sup>b</sup>	7.00±0.76 <sup>b</sup>
	processed rice	7.33±1.19 <sup>a</sup>	7.33±2.02 <sup>a</sup>	7.46±1.77 <sup>a</sup>	7.33±1.88 <sup>a</sup>	7.60±1.12 <sup>a</sup>
Homnin	un-processed rice	6.53±1.30 <sup>b</sup>	5.47±1.46 <sup>b</sup>	5.67±1.72 <sup>c</sup>	5.73±1.22 <sup>c</sup>	5.67±1.50 <sup>d</sup>
	processed rice	6.33±1.11 <sup>b</sup>	5.20±1.97 <sup>b</sup>	5.73±2.02 <sup>c</sup>	6.53±1.46 <sup>b</sup>	6.20±1.57 <sup>c</sup>
Riceberry	un-processed rice	6.53±1.51 <sup>b</sup>	6.13±2.06 <sup>b</sup>	6.40±2.26 <sup>b</sup>	5.80±1.01 <sup>c</sup>	6.33±1.18 <sup>c</sup>
	processed rice	6.00±1.65 <sup>b</sup>	6.40±1.76 <sup>b</sup>	7.07±1.67 <sup>a</sup>	6.60±1.24 <sup>b</sup>	6.80±1.52 <sup>b</sup>
Ratio of mix brown rice 1:1:1	un-processed rice	5.73±1.75 <sup>b</sup>	6.00±1.85 <sup>b</sup>	6.27±0.96 <sup>b</sup>	5.33±1.11 <sup>d</sup>	6.00±1.20 <sup>c</sup>
	processed rice	5.80±2.14 <sup>b</sup>	5.73±2.12 <sup>b</sup>	6.27±1.62 <sup>b</sup>	6.33±1.63 <sup>b</sup>	6.33±1.99 <sup>c</sup>

Remark: Data are expressed as means ± SD (n = 15).

<sup>a, b, c</sup> Means with the different letters in the same column are significant at  $p \leq 0.05$

## สรุปผล

ข้าวกล้อง 3 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ ได้ถูกคัดเลือกจากข้อมูลข้าวสายพันธุ์ต่างๆ ที่มีคุณค่าทางอาหารและหาซื้อได้ง่าย คุณสมบัติเด่นของข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ที่คัดเลือก ได้แก่ ความหอม ธาตุเหล็ก โอมิแก-3 และแอนโทไซยานิน (anthocyanin) ซึ่งเป็นสารให้สีและมีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ ปัจจัยที่ใช้ในการผลิตข้าวกล้องหุงสุกไว้ ได้แก่ การอบความร้อนแห้งขั้นต้น การแช่ข้าว การทำให้สุกบางส่วน และการทำให้แห้ง พบว่าการให้ความร้อนแห้งขั้นต้นที่อุณหภูมิ 50 และ 100°C เป็นเวลา 5 และ 10 นาที ไม่มีผลต่อการเกิดรอยร้าวของเมล็ดข้าว และไม่มีผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซับน้ำของเมล็ดข้าว อุณหภูมิและเวลาที่มีผลต่อการแช่ข้าว พบว่าสภาวะการแช่ข้าวที่เหมาะสมสำหรับข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้องหอมนิล ข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ 65°C 90 นาที, 30°C 120 นาที และ 60°C 90 นาที ตามลำดับ

การศึกษาการให้ความร้อนโดยการนึ่งข้าวด้วยไอน้ำ เพื่อให้ได้เปอร์เซ็นต์เจลาติไนซ์เซชันของข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ อยู่ในช่วง ประมาณ 80% พบว่าเวลาที่เหมาะสมสำหรับข้าวกล้องขาวดอกมะลิ 105 ข้าวกล้อง

หอมนิล และข้าวกล้องไรซ์เบอร์รี่ คือ 20, 30 และ 35 นาที ตามลำดับ ซึ่งเป็นช่วงที่เหมาะสมที่ไม่ทำให้เมล็ดข้าวสุกแตกบานและเหนียวติดกัน การทำแห้ง ที่อุณหภูมิ 90°C เป็นเวลา 2 ชั่วโมง พบว่าข้าวกล้องทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่า Water Activity ( $a_w$ ) น้อยกว่า 0.6 ซึ่งเป็นค่าที่เชื้อรา ยีสต์ และจุลินทรีย์ ไม่สามารถเจริญเติบโตได้ จึงเหมาะต่อการเก็บรักษา และจากการทดสอบเวลาที่ใช้ในการหุงต้ม พบว่า ข้าวกล้องหุงสุกไว้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีระดับการสุกที่เวลา 10 นาที ส่วนข้าวกล้องวัตถุดิบทั้ง 3 สายพันธุ์ มีระดับการสุกที่เวลา 25 นาที ซึ่งข้าวกล้องหุงสุกไว้สามารถลดระยะเวลาในการหุงต้มได้ถึง 15 นาที การวิเคราะห์ความหนืดด้วยเครื่อง Rapid Visco Analyser (RVA) พบว่าค่าความหนืด ณ จุดที่เกิดพีก (peak viscosity) ค่าความหนืดสุดท้าย (final viscosity) และค่า setback ของแป้งข้าวกล้องหุงสุกไว้ทั้ง 3 สายพันธุ์ มีค่าลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการความร้อน ในการทดสอบการยอมรับของข้าวกล้องที่เป็นวัตถุดิบ กับข้าวกล้องหุงสุกไว้ โดยใช้วิธี 9-point Hedonic Scale พบว่าคุณลักษณะด้านเนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวมของข้าวกล้องหุงสุกไว้ได้รับคะแนนการยอมรับจากผู้บริโภคมากกว่าข้าวกล้องวัตถุดิบ

## เอกสารอ้างอิง

- [1] มุลนิธิโลกสีเขียว. (2553). ข้าวไทยมาจากไหน แล้วจะไปไหนต่อ. ค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2553, จาก <http://www.greenworld.or.th>
- [2] อรอนงค์ นัยวิกุลและรุ่งนภา ประดิษฐ์พงษ์. (2537). ศักยภาพข้าวไทย: ทิศทางทางใหม่สู่อุตสาหกรรม. ในเอกสารการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 32. สาขาอุตสาหกรรมเกษตร. คณะอุตสาหกรรมเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- [3] สุรยา พิมพ์พิไล. (2548). การศึกษากรรมวิธีผลิตข้าวหอมมะลิแดงแบบหุงสุกเร็ว. ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร. คณะวิศวกรรมและอุตสาหกรรมเกษตร. มหาวิทยาลัยแม่โจ้
- [4] Weibye, B. (1983). Quick cooking and process for making the same. United States Patent. 4,385,074.
- [5] Tanaka, M. and Yukami, S. (1969). Method of preparing precooking dry rice. United States Patent. 3,484,249.
- [6] Robert, L.R. (1972). Quick-cooking rice. In Houston, D.F. Rice Chemistry and Technology. USA: American Association of Cereal Chemists. pp. 381-399.
- [7] วุฒิชัย นาครักษา. (2535). เทคโนโลยีธัญพืช. ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 198 หน้า
- [8] พรทิพย์ ศิริสุนทรลักษณ์ และคณะ (2550). การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วเสริมแคลเซียม. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 38. ฉบับที่ 6 (พิเศษ). หน้า 123-126.
- [9] สำนักวิจัยและพัฒนาข้าว. (2552). เอกสารวิชาการข้าวโภชนาการ. กรมการข้าว กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- [10] กองโภชนาการ. (2544). ตารางแสดงคุณค่าทางโภชนาการของอาหารไทย. กรมอนามัย กระทรวงสาธารณสุข.
- [11] ศูนย์วิทยาศาสตร์ข้าว. (2553). ข้าวไรซ์เบอร์รี่ Riceberry. ค้นเมื่อ 30 พฤศจิกายน 2553, จาก <http://dna.kps.ku.ac.th>
- [12] กมลทิพย์ มั่นภักดี. (2533). ปัจจัยที่สำคัญในกระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็ว. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (เทคโนโลยีทางอาหาร), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [13] Birch, G.G. and Priestley, R.J. (1973). Degree of gelatinization of cooked rice. Starch. 25: 98-100.
- [14] Juliano, B.O. and Bechtel, D.B. (1985). The rice grain and its gross composition. In Rice Chemistry and Technology, 2<sup>nd</sup> ed.; Juliano, B.O., Ed.; American Association of Cereal Chemists: Eagan, MN, USA, 1985. pp. 17-57.
- [15] ขวัญใจ เลหาสวัสดิ์ และ วรณดี บินไชย. (2540). เทคโนโลยีผลิตข้าวกึ่งสำเร็จรูป. กลุ่มงานเทคโนโลยีอาหาร 1. กองวิทยาศาสตร์ชีวภาพ กรมวิทยาศาสตร์บริการ.
- [16] พรทิพย์ ศิริสุนทรลักษณ์ กัญญารัตน์ รุจิรา รุ่งเรือง และเกื้อพันธุ์ ชยะสุนทร. (2552). การพัฒนากระบวนการผลิตข้าวหุงสุกเร็วด้วยวิธีแช่น้ำ. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. ปีที่ 40. ฉบับที่ 1 (พิเศษ). หน้า 429-432.
- [17] Bello, M., Tolaba, M. P. and Suarez, C. (2004). Factors affecting water uptake of rice grain during soaking. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 37: 811-816.
- [18] Adams, M.R. and Moss, M.O. (2008). Food Microbiology, 3<sup>rd</sup> edition. The Royal Society of Chemistry, Cambridge.

- [19] อรสุดา ลีละทัศนารุ. (2550). การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวเหนียวขึ้นรูปแช่เยือกแข็ง. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ, ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [20] Chakkaravarthi, A., Lakshmi, S., Subramanian, R. and Hegde V.M. (2008). Kinetics of cooking unsoaked and presoaked rice. *Journal of Food Engineering*. 84: 181-186.
- [21] กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. (2543). เทคโนโลยีของแป้ง. (พิมพ์ครั้งที่ 2) กรุงเทพฯ. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 48-56.