

## บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคัดแปรเนื้อสัมผัสโดยการใช้เอนไซม์และทำให้คงตัวด้วยไมโครเวฟ พร้อมทั้งศึกษาชนิดของบรรจุภัณฑ์และสภาวะการบรรจุเพื่อเก็บรักษาข้าวกล้องคัดแปรเนื้อสัมผัส โดยใช้ข้าวกล้องปกติเป็นตัวอย่งควบคุม

จากการศึกษาความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสสำหรับการย่อยเส้นใยข้าวกล้องโดยใช้ระดับความเข้มข้นของเอนไซม์ 1.5, 3.5 และ 5.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร และระยะเวลาในการย่อยที่ 1, 2 และ 3 นาที โดยใช้สัดส่วนข้าวกล้องต่อสารละลายเอนไซม์เท่ากับ 1: 1.5 พบว่าเมื่อระดับความเข้มข้นของเอนไซม์และระยะเวลาในการย่อยเพิ่มขึ้น ทำให้ข้าวกล้องมีค่า L, LER, VER และ WUR เพิ่มขึ้น ค่า OCT,  $T_{gel}$  และความแข็งลดลง ( $P \leq 0.05$ ) สำหรับปริมาณกรดไขมันอิสระนั้นไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ( $P > 0.05$ ) มีผลทำให้การยอมรับทางประสาทสัมผัสดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ โดยผู้ทดสอบชิมให้คะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมอยู่ในช่วง 6.1–6.5 ซึ่งมากกว่าคะแนนความชอบสำหรับข้าวกล้องปกติ (5.5–5.9) โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้เอนไซม์เพื่อคัดแปรเนื้อสัมผัส คือ ที่ระดับความเข้มข้น 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร เวลาในการย่อย 3 นาที โดยข้าวกล้องคัดแปรมีค่า L สูง เท่ากับ 65.58 มีค่า LER, VER และ WUR สูงที่สุด เท่ากับ 1.11, 2.07 และ 1.93 ตามลำดับ และมีค่า OCT,  $T_{gel}$  และค่าความแข็งน้อยที่สุด เท่ากับ 15.67 นาที, 62.29 องศาเซลเซียส และ 7.89 นิวตัน ตามลำดับ ซึ่งส่งผลให้คุณภาพการหุงและเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องดีที่สุด

เมื่อนำสภาวะที่ได้ไปศึกษาการทำให้คงตัวด้วยไมโครเวฟ โดยใช้ระดับพลังงานความร้อนที่ 510, 680 และ 850 วัตต์ เวลาในการให้ความร้อน 30, 60 และ 90 วินาที พบว่าเมื่อระดับพลังงานความร้อนและระยะเวลาในการให้ความร้อนเพิ่มขึ้น ทำให้ค่า L, LER, VER และ WUR เพิ่มขึ้น ( $P \leq 0.05$ ) เพิ่มขึ้น ค่า OCT,  $T_{gel}$  ปริมาณกรดไขมันอิสระ และกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสลดลง ( $P \leq 0.05$ ) มีผลการยอมรับทางประสาทสัมผัสดีขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับข้าวกล้องปกติ พบว่าผู้ทดสอบให้คะแนนการยอมรับทางด้านเนื้อสัมผัสและความชอบรวมอยู่ในช่วง 6.5–6.9 ซึ่งมากกว่าคะแนนความชอบสำหรับข้าวกล้องปกติ (5.3–5.4) โดยสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการใช้ไมโครเวฟ คือ ที่ระดับพลังงานความร้อน 850 วัตต์ เวลาในการให้ความร้อน 90 วินาที ซึ่งข้าวกล้องมีค่า L สูงที่สุด เท่ากับ 65.28 มีค่า LER, VER และ WUR สูงที่สุด เท่ากับ 1.12, 2.07 และ 1.91 ตามลำดับ และ

มีค่า OCT และค่าความแข็งน้อยที่สุด เท่ากับ 16.00 นาที และ 8.71 นิวตัน ตามลำดับ นอกจากนี้ยังพบว่าไมโครเวฟสามารถลดปริมาณกรดไขมันอิสระและกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปสลงได้ โดยพบปริมาณกรดไขมันอิสระ เท่ากับ ร้อยละ 0.01 และกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส เท่ากับ 634.37 หน่วย/กิโลกรัมข้าวกล้อง

สภาวะที่เหมาะสมในการผลิตข้าวกล้องหอมมะลิคัดแปรเนื้อสัมผัสและทำให้คงตัวด้วยไมโครเวฟ ได้แก่ การใช้ความเข้มข้นของเอนไซม์เซลลูเลสที่ระดับ 3.5 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ใช้เวลา 3 นาที ให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่ระดับพลังงาน 850 วัตต์ เป็นเวลา 90 วินาที

เมื่อวิเคราะห์คุณค่าทางโภชนาการ พบว่า ข้าวกล้องคัดแปรเนื้อสัมผัสมีคุณค่าทางโภชนาการลดลง ( $P \leq 0.05$ ) เมื่อเทียบกับข้าวกล้องปกติ โดยมีปริมาณโปรตีน, ไขมัน, เถ้า, เส้นใย และคาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 5.95, 0.81, 0.49, 0.45 และ 75.49 ตามลำดับ ข้าวกล้องคัดแปรเนื้อสัมผัสและทำให้คงตัวด้วยไมโครเวฟมีแร่ธาตุและวิตามินที่สำคัญ ได้แก่ ฟอสฟอรัส โพแทสเซียม แมกนีเซียม และวิตามินบี 1

จากการศึกษาการเก็บรักษาข้าวกล้องคัดแปรในถุงโพลีเอทิลีนแบบเคลือบออกซิเจนและแบบไม่เคลือบออกซิเจน โดยปิดผนึกแบบธรรมดา สูญญากาศ และการเติมก๊าซไนโตรเจน และเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 6 เดือน สุ่มวิเคราะห์คุณภาพทุกๆเดือน พบว่าเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น ข้าวกล้องมีสีคล้ำขึ้น มีกิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส กรดไขมันอิสระ และค่าความแข็งเพิ่มขึ้น โดยสภาวะการเก็บรักษาที่เหมาะสมที่สุด คือ การบรรจุในถุงโพลีเอทิลีนแบบเคลือบออกซิเจนและปิดผนึกแบบสูญญากาศ ซึ่งสามารถรักษาการเสื่อมสภาพของข้าวกล้องคัดแปรได้สูงสุด โดยมีปริมาณกรดไขมันอิสระ กิจกรรมของเอนไซม์ไลเปส ระหว่างการเก็บรักษาน้อยกว่าการบรรจุในสภาวะอื่น ๆ ( $P > 0.05$ ) และได้รับการยอมรับทางประสาทสัมผัสสูงสุด

**คำสำคัญ :** ข้าวกล้อง การคัดแปรเนื้อสัมผัสด้วยเอนไซม์ ไมโครเวฟ การบรรจุ การเก็บรักษา

## Abstract

This research was aimed to find suitable conditions for processing of texture modified brown rice using enzyme and its stabilization by microwave heating. It also included the study on effects of packaging material and packaging condition on quality changes of the processed brown rice during storage. Normal brown rice was used as a control sample

A study on the effect of enzyme concentration and treatment time was conducted at the concentrations of 1.5, 3.5 and 5.5 mg/ml and treatment time of 1, 2 and 3 minutes. The ratio of rice to enzyme solution was 1:1.5. It was found that when the enzyme concentration and treatment time increased, the values of L, LER, VER and WUR increased, while OCT,  $T_{gel}$  and hardness decreased ( $P \leq 0.05$ ), giving the brown rice with better physical and cooking quality. There was no statistically significant difference ( $P > 0.05$ ) for free fatty acid content. The textural and overall acceptance scores were in the range of 6.1-6.5, which were higher than those for untreated brown rice (5.5-5.9).

It was found that the optimum condition for texture modification of brown rice was the use of 3.5 mg/ml enzyme concentration and treatment time of 3 minutes. At this condition, the sample had L value of 65.58, highest LER, VER and WUR of 1.11, 2.07 and 1.93, respectively. OCT and hardness were the lowest at 15.67 min and 7.89 N, respectively. Cooking quality and physical properties of the sample were the most acceptable.

A study on the effect of microwave heating for the brown rice stabilization was carried out using 3 microwave levels (510, 680 and 850 W) and 3 heating times (30, 60 and 90 s). It was found that when the microwave power and time increased, the values of L, LER, VER and WUR increased ( $P \leq 0.05$ ), while OCT,  $T_{gel}$ , FFA and lipase activity decreased ( $P \leq 0.05$ ). The textural and overall acceptance scores were in the range of 6.5-6.9, which were higher than those for untreated brown rice (5.3-5.4).

The optimum condition for microwave heating condition was at 850 W for 90 s. At this condition, the sample had the highest L value of 65.28, LER, VER and WUR at 1.12, 2.07 and 1.91, respectively. It had the lowest OCT and hardness of 16 min and 8.71 N, respectively. It was

also found that microwave heating could reduce FFA content and lipase activity. The FFA content and lipase activity of the sample treated at the optimum condition were 0.01% and 634.37 unit/kg brown rice, respectively.

Therefore, the optimum condition for texture modification and stabilization of brown rice was the use of cellulase enzyme at concentration of 3.5 mg/ml, 3 minutes soaking time, and microwave heating at 850 W for 90 s.

It was found that the nutritional values of texture modified brown rice had lower values than control sample. Its protein, fat, ash, fiber and carbohydrate contents were 5.95, 0.81, 0.49, 0.45 and 75.49%, respectively. The important minerals and vitamin in the brown rice were phosphorous, potassium, magnesium and vitamin B<sub>1</sub>.

The texture modified and stabilized brown rice was subjected to the storage study. The sample was packed in polyethylene bag with and without laminated aluminium. Packaging was done using normal atmosphere, vacuum and filling with nitrogen gas. The sample was stored for 6 months at room temperature and the quality was evaluated at monthly interval. It was found that the lightness decreased, while lipase activity, FFA content and hardness increased as the storage time increased. Packaging of the texture modified and stabilized brown rice in aluminium laminated polyethylene bag in vacuum condition was able to minimize quality degradation during storage. Free fatty acid content and lipase activity was found lower than at other packaging conditions ( $P>0.05$ ) and the sample was the most acceptable.

**Keywords :** Brown rice, texture modification by enzyme, microwave, packaging, storage