# ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านการหุงต้มของข้าว
# Factors Affecting the Cooking Qualities of Rice

ละมุล วิเศษ*
คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Lamul Wiset*
Faculty of Engineering, Mahasarakham University.

## บทคัดย่อ

ผู้บริโภคไม่สามารถประเมินลักษณะของข้าวสุกจากลักษณะภายนอกของข้าวสารที่ปรากฏได้ เนื่องจากการหุงต้มมีความเกี่ยวข้องกับสมบัติทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวมากกว่าทางกายภาพ บทความนี้รวบรวมปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพด้านการหุงต้ม อาทิเช่น องค์ประกอบทางเคมี การอบแห้งข้าวเปลือก ระยะเวลาในการเก็บรักษา ระดับการขัดสี ซึ่งการประเมินคุณภาพทางด้านการหุงต้มได้แก่ ระยะเวลาในการหุงต้ม ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำข้าวสุก อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว การอุ้มน้ำของข้าวสุก การขยายปริมาตรของข้าวสุก สามารถสรุปได้ว่าปริมาณแอมิโลสที่มากขึ้นทำให้การขยายปริมาตรและการอุ้มน้ำของข้าวสุกมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่นานขึ้นมีผลต่อการอุ้มน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น และปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยลง สำหรับการขัดสีมีผลทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มเร็วขึ้น เมื่อชั้นรำถูกขจัดออกจากข้าวสารมากขึ้น ข้อมูลที่รวบรวมมานี้สามารถใช้เพื่อเป็นแนวทางการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับข้าวโดยเฉพาะอย่างยิ่งคุณภาพด้านการหุงต้มซึ่งเป็นหนึ่งในดัชนีชี้วัดที่สำคัญสำหรับการประเมินคุณภาพข้าว

**คำสำคัญ :** คุณภาพการหุงต้ม การประเมินคุณภาพ ข้าว แอมิโลส ดัชนีการหุงต้ม

## Abstract

Consumers cannot assess the cooked rice characteristic from the appearance of milled rice. Since the cooking quality is related to chemical and physicochemical properties rather than physical property of rice. This article reviews the factors affecting the cooking qualities such as chemical compositions, paddy drying, storage time and degree of milling. Cooking quality assessments are cooking time, solid loss, elongation ratio, water uptake and volume expansion. It can be concluded that the higher amylose content would result in the increase of volume expansion and water uptake of cooked rice. Besides, the drying temperature of paddy over 100 °C and longer storage time affect on the increase of volume expansion and water uptake of cooked rice, the longer time of cooking and the less of solid loss. Moreover, the degree of milling causes the shorter cooking time when more bran layer is removed from milled rice. The collected data can be used as a guideline for rice research, particularly in the aspect of cooking quality which is one of the key indicators for the rice quality assessment.

**Keywords :** cooking quality, quality assessment, rice, amylose, cooking index

***E-mail:** lamulwiset@hotmail.com

## บทนำ

ข้าวเป็นธัญพืชอาหารหลักที่ผู้บริโภคให้ความสำคัญในการพิจารณาเลือกคุณลักษณะที่สามารถมองเห็นได้ก่อนนำมาหุงต้ม เนื่องจากลักษณะของข้าวเมื่อหุงสุกมีความแตกต่างกันในด้านของเนื้อสัมผัส เช่น เหนียวนุ่ม แข็งร่วน ซึ่งความชอบของแต่ละบุคคลขึ้นอยู่กับความเคยชินของการบริโภคสืบต่อกันมา สำหรับขั้นตอนในการผลิตเพื่อให้ได้ข้าวสารนั้นต้องนำข้าวเปลือกหลังการเก็บเกี่ยวมาผ่านกระบวนการต่างๆ ที่สำคัญ อาทิเช่น กระบวนการอบแห้ง การเก็บรักษา การกะเทาะและขัดสี โดยสภาวะที่ข้าวเปลือกได้รับนั้นส่งผลให้คุณภาพด้านต่างๆ ของข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง ซึ่งมีทั้งการเปลี่ยนแปลงที่ส่งผลเชิงลบและเชิงบวกต่อคุณภาพของข้าวสารด้านต่างๆ

คุณภาพทางกายภาพเป็นตัวชี้วัดที่สามารถประเมินได้จากการมองเห็น ผู้บริโภคจะเลือกซื้อข้าวสารเต็มเมล็ดมากกว่าข้าวแตกหัก ซึ่งการแตกหักของข้าวเกิดจากหลายสาเหตุ เช่น การอบแห้งโดยใช้อุณหภูมิและเทคนิคที่ไม่เหมาะสมทำให้เกิดรอยร้าวในระหว่างการลดความชื้น เมื่อนำไปกะเทาะและขัดสีข้าวจึงแตกหักได้ง่าย (Iguaz *et al*., 2006; Borompichaichartkul *et al*., 2007) ซึ่งระดับการขัดสีส่งผลให้ปริมาณการแตกหักของเมล็ดข้าวเพิ่มสูงขึ้นเป็นลำดับ (Yadav & Jindal, 2008; Roy *et al*., 2008) นอกจากการพิจารณาข้าวเต็มเมล็ดแล้ว สีของข้าวสารยังมีผลต่อการตัดสินใจในการเลือกซื้อของผู้บริโภค ซึ่งผู้บริโภคส่วนใหญ่จะชอบข้าวที่มีสีขาว มีความสม่ำเสมอ และมันวาว ทั้งนี้ปัจจัยที่มีผลทำให้ข้าวกลายเป็นสีเหลือง ได้แก่ อุณหภูมิในการอบแห้ง ซึ่งการใช้อุณหภูมิสูงทำให้ข้าวเปลี่ยนเป็นสีเหลืองจากการเกิดปฏิกิริยาการเกิดสีน้ำตาลแบบไม่มีเอนไซม์ (Wiset *et al*., 2005) นอกจากนี้การเก็บรักษาเป็นระยะเวลานานโดยเฉพาะการเก็บรักษาที่อุณหภูมิสูงทำให้ข้าวกลายเป็นสีเหลืองได้ง่าย (Chrastil, 1990) ในขณะที่การขัดสีชั้นรำออกจากข้าวกล้องส่งผลให้ข้าวมีความสว่างเพิ่มมากขึ้นด้วยเช่นกัน (Park *et al*., 2001; Lamberts *et al*., 2007)

คุณภาพทางเคมีและเคมีกายภาพของข้าวไม่สามารถประเมินได้ด้วยตาเปล่า แต่เป็นสมบัติที่สำคัญและมีความเกี่ยวข้องกับการหุงต้มและลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุกมากที่สุด (Tan & Corke, 2002) ซึ่งลักษณะทางกายภาพไม่สามารถบอกคุณภาพทางการหุงต้มได้แน่ชัด (Mestres *et al*., 2011) อย่างไรก็ตามสามารถประเมินคุณสมบัติด้านนี้ด้วยการวิเคราะห์ทางเคมี เช่น การวิเคราะห์ปริมาณแอมิโลส (Juliano, 1971) การประเมินสมบัติทางเคมีกายภาพโดยใช้เครื่องในการวิเคราะห์ เช่น สมบัติด้านความหนืด ด้วยเครื่อง Rapid Visco-Analyser (Limpisut & Jindal, 2002) และสมบัติทางความร้อนโดยใช้เครื่อง Differential Scanning Calorimetry (DSC) เพื่อวิเคราะห์การเกิดเจลาทิไนเซชันของแป้งข้าว (Normand & Marshall, 1989)

การประเมินคุณภาพทางด้านการหุงต้ม ได้แก่ ระยะเวลาในการหุงต้ม (cooking time) ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำข้าวสุก (solid loss) อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว (elongation ratio) การอุ้มน้ำของข้าวสุก (water uptake) การขยายปริมาตรของข้าวสุก (volume expansion) (Juliano, 1985) Guraj & Kumar (2003) รายงานว่าลักษณะของข้าวหุงสุกที่ดีควรมีการอุ้มน้ำของข้าวสุก การยืดตัวและการขยายปริมาตรของข้าวสุกสูง หรือที่เรียกว่าข้าวหุงขึ้นหม้อ โดย Mohapatra & Bal (2007) เสนอการคำนวณค่าดัชนีการหุงต้ม (cooking index, CI) ดังสมการความสัมพันธ์ต่อไปนี้

$$CI = \frac{V_{ER} \times L_{ER} \times W_{UR}}{C_T}$$

จากสมการข้างต้นกล่าวได้ว่าดัชนีการหุงต้มมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อ $V_{ER}$ (อัตราส่วนการขยายตัวของข้าวสุก) $L_{ER}$ (อัตราส่วนการยืดตัวของข้าวสุก) และ $W_{UR}$ (อัตราส่วนการอุ้มน้ำของข้าวสุก) มีค่าเพิ่มขึ้น และ $C_T$ (ระยะเวลาหุงต้ม) มีค่าลดลง ซึ่งคุณภาพด้านการหุงต้มนี้มีปัจจัยหลายอย่างที่ทำให้คุณภาพด้านการหุงต้มแตกต่างกัน ได้แก่ องค์ประกอบทางเคมี การอบแห้งข้าวเปลือก ระยะเวลาในการเก็บรักษา และระดับการขัดสีเพื่อแยกชั้นรำออกจากข้าวสาร ซึ่งในแต่ละปัจจัยสามารถสรุปได้ดังต่อไปนี้

**องค์ประกอบทางเคมี**

องค์ประกอบทางเคมีของข้าวที่แตกต่างกันเนื่องจากพันธุ์ข้าว สภาวะการปลูก การเก็บเกี่ยวและกระบวนการแปรรูปเป็นข้าวสาร ซึ่งมีผลต่อคุณภาพของข้าว โดยองค์ประกอบทางเคมีหลักที่มีในข้าว คือ คาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใยอาหาร เถ้า (ตารางที่ 1 และ 3) ซึ่งมีสตาร์ชเป็นองค์ประกอบหลัก โดยสตาร์ชประกอบด้วยพอลิเมอร์ของกลูโคส 2 ชนิด คือ แอมิโลส (amylose) ซึ่งเป็นพอลิเมอร์ของน้ำตาลกลูโคสจับกันด้วยพันธะ อัลฟา 1,4 กลูโคซิดิค เป็นเส้นตรง และ แอมิโลเพกติน (amylopectin) ซึ่งน้ำตาลกลูโคสต่อกันเป็นกิ่งก้านสาขาจับกันด้วยพันธะ อัลฟา 1,4 และอัลฟา 1,6 กลูโคซิดิค โดยที่แอมิโลสเป็นตัวบ่งชี้คุณภาพในการหุงต้ม จากตารางที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสต่างกันมีผลต่อระยะเวลาในการหุงต้ม การอุ้มน้ำ ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และอัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าวแตกต่างกัน มีรายงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสสูงข้าวหุงสุกจะยิ่งแข็งและการขยายปริมาตรของข้าวหุงสุกก็ยิ่งสูงเช่นกัน (Juliano,

1985; Ong & Blanshard, 1995; Singh *et al*., 2005; Yadav *et al*., 2007; Mestres *et al*., 2011)

ในตารางที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณแอมิโลสกับค่าความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency) โดยแป้งข้าวที่มีความแข็งมากหลังหุงต้มจะมีค่าระยะทางการเคลื่อนที่ของแป้งสุกน้อย ซึ่งแป้งข้าวที่มีแอมิโลสสูงจะมีค่าความคงตัวของแป้งสุกต่ำ

***ตารางที่ 1*** สมบัติทางเคมีของข้าวสารในพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน (Yadav *et al*., 2007)

| พันธุ์ | ความชื้น (ร้อยละ) | โปรตีน (ร้อยละ) | เถ้า (ร้อยละ) | ไขมัน (ร้อยละ) | สตาร์ช (ร้อยละ) | แอมิโลส (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jaya | 12.55±0.08 | 5.46±0.23 | 0.31±0.04 | 0.82±0.27 | 70.24±1.22 | 2.25±0.09 |
| HKR120 | 12.15±0.04 | 5.59±0.12 | 0.40±0.05 | 0.78±0.08 | 69.43±1.47 | 4.32±0.08 |
| P-44 | 12.72±0.05 | 6.26±0.27 | 0.67±0.05 | 0.72±0.04 | 70.10±0.69 | 5.97±0.09 |
| Sharbati | 11.64±0.06 | 6.52±0.12 | 0.41±0.04 | 0.66±0.08 | 69.88±1.32 | 7.10±0.07 |
| Bas-370 | 11.85±0.05 | 7.02±0.16 | 0.44±0.06 | 0.65±0.08 | 68.73±0.71 | 20.58±0.06 |
| HBC-19 | 11.90±0.03 | 6.94±0.14 | 0.67±0.05 | 0.54±0.06 | 69.25±1.21 | 22.21±0.02 |

ค่าที่นำเสนอได้จาก ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

***ตารางที่ 2*** สมบัติด้านการหุงต้มของข้าวสารในพันธุ์ข้าวที่แตกต่างกัน (Yadav *et al*., 2007)

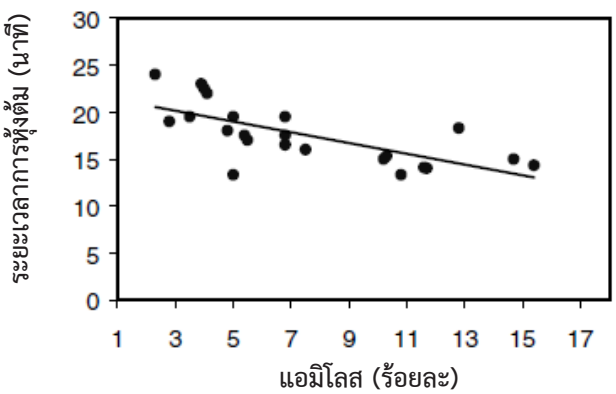
| พันธุ์ | ระยะเวลาในการหุงต้ม (นาที) | การอุ้มน้ำของข้าวสุก (กรัม/กรัม) | ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำข้าวสุก (ร้อยละ) | อัตราการยืดตัวของเมล็ดข้าว | อัตราการขยายตัวด้านกว้างของเมล็ดข้าวสุก |
|---|---|---|---|---|---|
| Jaya | 16.50±0.40 | 3.05±0.04 | 5.20±0.05 | 1.52±0.06 | 1.57±0.06 |
| HKR120 | 17.03±0.61 | 2.89±0.03 | 4.89±0.03 | 1.58±0.06 | 1.56±0.02 |
| P-44 | 17.40±0.23 | 3.54±0.06 | 3.82±0.06 | 1.66±0.02 | 1.46±0.06 |
| Sharbati | 17.53±0.43 | 3.73±0.33 | 3.21±0.07 | 1.75±0.04 | 1.39±0.04 |
| Bas-370 | 18.00±0.46 | 4.14±0.05 | 2.85±0.06 | 1.88±0.05 | 1.20±0.05 |
| HBC-19 | 18.30±0.63 | 4.63±0.05 | 2.51±0.03 | 1.89±0.03 | 1.14±0.02 |

ค่าที่นำเสนอได้จาก ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยการวิเคราะห์ 3 ซ้ำ

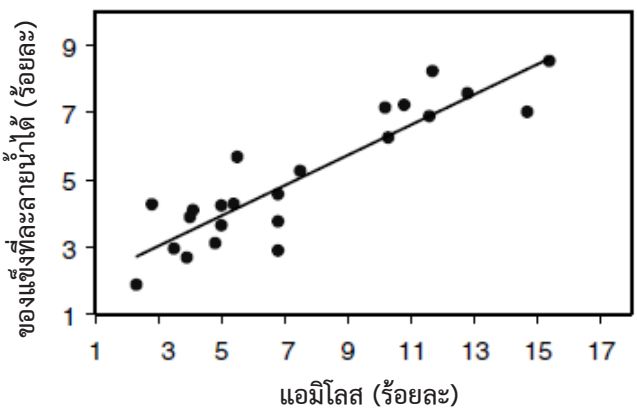
จากภาพที่ 1 และ 2 แสดงให้เห็นว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสในช่วงร้อยละ 2-15 โดยแอมิโลสที่สูงขึ้นมีแนวโน้มการใช้เวลาในการหุงต้มสั้นลง และมีปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้สูงกว่า เนื่องมาจากว่าในระหว่างการหุงต้มแอมิโลสจะแตกออกจากเม็ดแป้งทำให้น้ำหุงต้มมีปริมาณของแข็งที่ละลายได้สูง ซึ่งขัดแย้งกับรายงานของ Yadav *et al*. (2007) ดังแสดงในตารางที่ 2 ที่พบว่าปริมาณแอมิโลสที่สูงขึ้นทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มเพิ่มขึ้น ส่งผลให้ของแข็งสามารถละลายน้ำได้เพิ่มขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวที่มีปริมาณแอมิโลสเท่ากันยังสามารถทำให้มีความแตกต่างทางด้านการหุงต้มได้ ทั้งนี้อาจเนื่องจากองค์ประกอบของแอมิโลเพกตินซึ่งเป็นส่วนที่มีปริมาณมากที่สุดของสตาร์ชมีความแตกต่างของความยาวของสายกิ่งที่ไม่เหมือนกัน โครงสร้างและลักษณะผนังเซลล์ของสตาร์ชแต่ละพันธุ์ (Jane *et al*., 1999; Vidal *et al*., 2007) สำหรับระยะเวลาในการหุงต้มนั้นจะขึ้นอยู่กับอุณหภูมิแป้งสุก หากอุณหภูมิแป้งสุกมีค่าต่ำจะใช้ระยะเวลาในการหุงต้มเร็วกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูง (Juliano, 1985)

***ตารางที่ 3*** สมบัติทางเคมีกายภาพของข้าวพันธุ์ต่าง (Yadav & Jindal, 2007)

| พันธุ์ | แอมิโลส (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) | ความคงตัวของเจล (มิลลิเมตร) | ค่าการสลายเมล็ดข้าวในด่าง | โปรตีน (ร้อยละน้ำหนักแห้ง) |
|---|---|---|---|---|
| KDML 105 | 15.95 | 79.0 | 7.0 | 7.94 |
| HKLG | 17.34 | 89.5 | 7.0 | 7.46 |
| HSPR | 18.90 | 74.5 | 7.0 | 9.14 |
| SPR 60 | 22.30 | 49.0 | 6.7 | 6.96 |
| RD 7 | 23.13 | 48.0 | 4.8 | 7.95 |
| RD 23 | 23.41 | 53.0 | 5.0 | 7.44 |
| SPR 90 | 26.91 | 33.5 | 7.0 | 9.14 |
| SPR 1 | 27.34 | 38.0 | 5.0 | 7.84 |
| CNT 1 | 28.05 | 34.0 | 5.4 | 8.11 |
| LPT 123 | 28.16 | 36.0 | 6.0 | 8.18 |




***ภาพที่ 1*** ความสัมพันธ์ระหว่างระยะเวลาการหุงต้มต่อปริมาณแอมิโลสในข้าว (Singh *et al*., 2005)




***ภาพที่ 2*** ความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในระหว่างการหุงต้มต่อปริมาณแอมิโลสในข้าว (Singh *et al*., 2005)

นอกจากปริมาณของแอมิโลสซึ่งเป็นตัวชี้วัดที่สำคัญในการหุงต้มแล้วโปรตีนยังเป็นองค์ประกอบหนึ่งที่มีผลต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวหุงสุก โดยส่วนของโปรตีนจะสร้างพันธะไดซัลไฟด์ซึ่งเป็นพันธะที่มีความแข็งแรง ช่วยเพิ่มการยึดเกาะระหว่างโปรตีนและไปแทรกอยู่ระหว่างช่องว่างของเม็ดแป้ง ทำให้เพิ่มความแข็งแรงให้กับเม็ดแป้งในเมล็ดข้าว โดยข้าวที่มีโปรตีนสูงมีผลทำให้ความแข็งของข้าวหุงสุกสูงและความเหนียวของข้าวลดลง (Hamaker & Griffin, 1993; Derycke *et al*., 2005; Xie *et al*., 2008)

**อุณหภูมิในการอบแห้ง**

กระบวนการอบแห้งนอกจากเป็นการลดความชื้นของข้าวแล้วยังสามารถปรับปรุงคุณภาพข้าวโดยเร่งให้มีลักษณะคล้ายข้าวเก่าได้โดยเฉพาะการช่วยให้เมล็ดข้าวมีอัตราการยืดตัวเพิ่มขึ้นในระหว่างการหุงต้ม ซึ่งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อนำมาอบแห้งด้วยอุณหภูมิของลมร้อนที่สูงกว่า 100 °C ส่งผลให้ข้าวเกิดการเจลาติไนเซชันบางส่วน ทำให้เกิดการหลอมของเม็ดแป้งสามารถประสานรอยร้าวในเมล็ดได้ เมื่อเมล็ดข้าวเย็นตัวลงโครงสร้าง

***ตารางที่ 4*** ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและสมบัติทางการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการอบแห้ง อุณหภูมิแตกต่างกัน (อินดา แวดาลอ และคณะ, 2553)

| อุณหภูมิการอบแห้ง (℃) | ข้าวเต็มเมล็ด (ร้อยละ) | ระยะเวลาการหุงต้ม (นาที) | อัตราการยืดตัวของข้าวสุก | ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (ร้อยละ) | ความขุ่นของน้ำหุงต้ม (%T) | ความแข็งของข้าวสุก (นิวตัน) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ควบคุม | 62.4±0.9$^{a}$ | 12.3±0.5$^{c}$ | 1.51±0.14$^{c}$ | 9.48±0.30$^{a}$ | 8.34±0.00$^{f}$ | 34.2±4.0$^{f}$ |
| 100 | 41.2±1.3$^{e}$ | 12.8±0.5$^{bc}$ | 1.55±0.06$^{bc}$ | 9.13±0.51$^{ab}$ | 8.52±0.00$^{e}$ | 43.6±1.7$^{e}$ |
| 115 | 48.0±0.3$^{d}$ | 13.3±1.0$^{ab}$ | 1.62±0.04$^{abc}$ | 9.04±0.41$^{ab}$ | 8.54±0.00$^{d}$ | 48.5±3.3$^{d}$ |
| 125 | 50.6±1.0$^{c}$ | 13.5±0.6$^{ab}$ | 1.63±0.07$^{abc}$ | 8.76±0.02$^{bc}$ | 8.62±0.00$^{c}$ | 64.2±0.8$^{c}$ |
| 135 | 54.9±0.3$^{b}$ | 13.8±0.5$^{ab}$ | 1.65±0.07$^{ab}$ | 8.54±0.13$^{bc}$ | 8.68±0.00$^{b}$ | 71.7±2.3$^{b}$ |
| 150 | 54.6±2.0$^{b}$ | 14.3±0.5$^{a}$ | 1.69±0.05$^{a}$ | 8.40±0.58$^{c}$ | 8.72±0.00$^{a}$ | 76.8±2.6$^{a}$ |

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($p< 0.05$)

***ตารางที่ 5*** สมบัติการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 หลังจากการเก็บรักษาที่ช่วงเวลาแตกต่างกัน (Soponronnarit *et al*., 2008)

| ระยะเวลาการเก็บ (เดือน) | การอุ้มน้ำของข้าวสุก (ร้อยละ) | การขยายปริมาตรของข้าวสุก (ลูกบาศก์มิลลิเมตร) | ปริมาณของแข็งที่ละลายในน้ำข้าวสุก (ร้อยละ) |
|---|---|---|---|
| 0 | 377.38±11.21$^{a}$ | 474.30±8.22$^{a}$ | 2.60±0.02$^{f}$ |
| 1 | 381.93±11.39$^{ab}$ | 481.07±22.14$^{ab}$ | 2.52±0.05$^{e}$ |
| 2 | 402.13±20.30$^{abc}$ | 505.98±4.62$^{bc}$ | 2.43±0.05$^{d}$ |
| 3 | 397.50±17.56$^{abc}$ | 526.89±19.28$^{cd}$ | 2.38±0.01$^{d}$ |
| 4 | 404.62±7.11$^{bc}$ | 532.86±14.54$^{cd}$ | 2.27±0.02$^{c}$ |
| 5 | 414.44±7.88$^{c}$ | 547.36±0.28$^{d}$ | 2.17±0.06$^{b}$ |
| 6 | 418.83±11.32$^{c}$ | 548.81±27.42$^{d}$ | 1.84±0.06$^{a}$ |

ค่าเฉลี่ยที่ตามด้วยตัวอักษรที่ต่างกันในสดมภ์เดียวกันแสดงว่ามีความแตกต่างทางสถิติ ($p< 0.05$)

ภายในของแป้งจึงจับตัวกันแน่นขึ้น โดยตารางที่ 4 แสดงคุณภาพการหุงต้มของข้าวที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิสูง

ข้าวที่ผ่านการอบแห้งจะใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น การดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดน้อยลง (Borompichaichartkul *et al*., 2005; Soponronnarit *et al*., 2008) เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งส่งผลให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลงโดยผนังเซลล์ของเมล็ดข้าวมีความแข็งแรงมากขึ้น และมีลักษณะเป็น Hexagonal ที่มีลักษณะโปร่งและไม่อัดแน่น จึงสามารถดูดซับน้ำได้ดี

**ระยะเวลาในการเก็บรักษา**

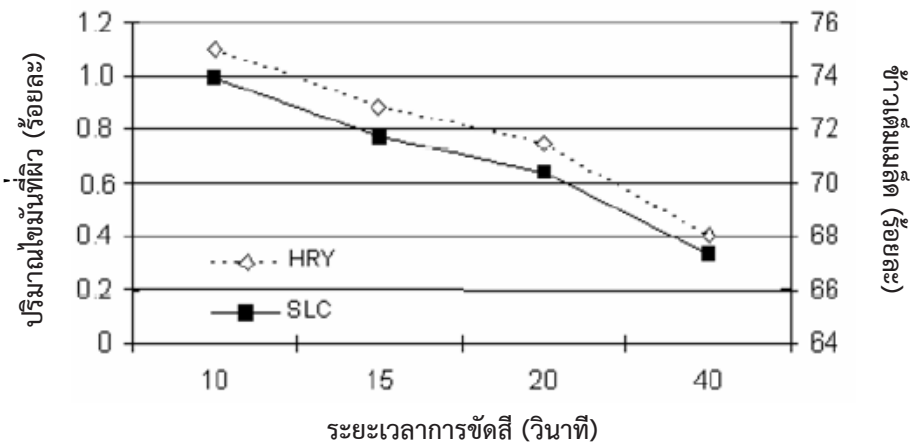
การเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่กลายเป็นข้าวเก่าเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกันระหว่าง แป้ง โปรตีน และไขมัน (Juliano, 1985; Zhou *et al*., 2002) การเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวเก่าจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาพการเก็บรักษา หากเก็บในที่อุณหภูมิสูงข้าวจะกลายเป็นข้าวเก่าเร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มของเมล็ดข้าวและคุณภาพของข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อนำมาหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกจะร่วนและแข็งมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลทำให้ข้าวสุกมีการขยายปริมาตรได้มากขึ้น (งามชื่น คงเสรี, 2546;

Indudhara *et al*., 1978) จากตารางที่ 5 แสดงคุณภาพการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการเก็บรักษา พบว่าเมื่อนำมาหุงสุกข้าวสามารถดูดซับน้ำได้มากขึ้น ปริมาตรของข้าวสุกสูงขึ้น และของแข็งที่ละลายน้ำได้ลดน้อยลง

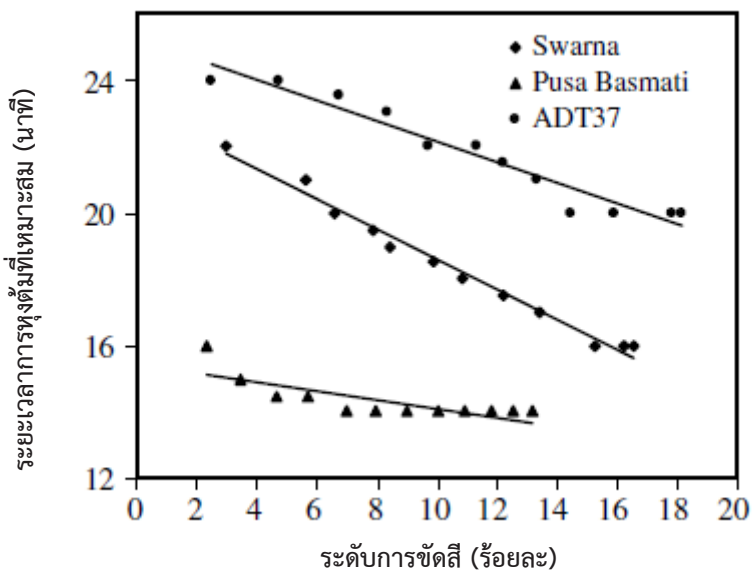
นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นมีผลต่อค่าการดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น (Chrastil, 1990; Zhou *et al*., 2007; Butt *et al*., 2008) พัสกร เจียตระกูล และคณะ (2546) รายงานว่าข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่เก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน ที่อุณหภูมิ 10 และ15 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง (28 องศาเซลเซียส) เมื่อนำมาทดสอบระยะเวลาในการหุงต้มพบว่าระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น โดยการเก็บที่อุณหภูมิห้อง ระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่า การเก็บที่ 15 และ 10 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

**ระดับการขัดสี**

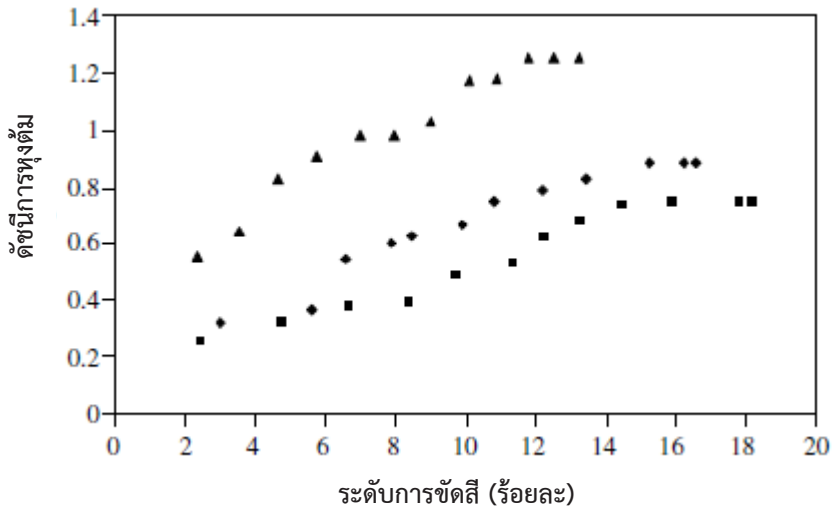
ระดับการขัดสี หมายถึง ร้อยละของชั้นรำที่ถูกกำจัดออก ขึ้นอยู่กับระยะเวลาในการขัดสี เมื่อระดับการขัดสีเพิ่มขึ้นทำให้ปริมาณไขมันที่เหลืออยู่ในเมล็ดข้าวมีปริมาณน้อยลงดังแสดงในภาพที่ 3 ซึ่งปริมาณไขมันที่อยู่ในชั้นรำเป็นตัวขัดขวางการซึมน้ำในระหว่างการหุงต้ม และจากภาพที่ 4 จะเห็นว่าข้าวที่มีการกำจัดชั้นรำออกไปมาก จะใช้ระยะเวลาในการหุงต้มเร็วขึ้น ซึ่งในแต่ละพันธุ์มีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน




***ภาพที่ 3*** ปริมาณไขมันที่ผิวเมล็ดข้าว (SLC) และข้าวเต็มเมล็ด (HRY) ของพันธุ์เบลกอลที่ขัดสีระยะเวลาต่างกัน (Cooper & Siebenmorgen, 2007)




***ภาพที่ 4*** ระยะเวลาการหุงต้มที่เหมาะสมของข้าวพันธุ์ต่างๆที่ผ่านการขัดสีระดับแตกต่างกัน (Mohapatra & Bal, 2006)




***ภาพที่ 5*** ดัชนีการหุงต้มกับระดับการขัดสีที่แตกต่างกันของข้าวพันธุ์ต่างๆ (▲) *Pusa Basmati* (♦) *Swarna* (■) *ADT37* (Mohapatra & Bal, 2007)

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าดัชนีการหุงต้มในข้าวแต่ละพันธุ์มีค่าเพิ่มสูงขึ้นเมื่อระดับการขัดสีเพิ่มขึ้น ซึ่งดัชนีการหุงต้มที่ดีควรมีค่าการอุ้มน้ำของข้าวสุก การยืดตัวและการขยายปริมาตรของข้าวสุกที่สูง และระยะเวลาในการหุงต้มต่ำดังสมการที่กล่าวไว้ในข้างต้น

ระดับการขัดสีที่เหมาะสมควรพิจารณาจากทั้งคุณค่าทางอาหาร คุณภาพและความชอบในการบริโภครวมถึงผลกำไรของผู้ผลิต ซึ่งระดับการขัดสีที่เพิ่มขึ้นมีผลทำให้ข้าวหุงสุกมีความเหนียวนุ่มเพิ่มขึ้น ความแข็งของข้าวสุกลดลง และคุณค่าทางอาหารลดลง (Park *et al*., 2001; Lamberts *et al*., 2007; Liu *et al*., 2009) ในขณะเดียวกันปริมาณรำที่ถูกขัดออกเพิ่มขึ้นทำให้การสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น (Liang *et al*., 2008) เมื่อพิจารณาในด้านของพลังงานที่ใช้นั้นพลังงานมีค่าเพิ่มขึ้นตามระดับการขัดสีแต่พลังงานที่ใช้ในการหุงต้มมีค่าลดน้อยลง (Roy *et al*., 2008)

## สรุป

คุณภาพการหุงต้มมีความแตกต่างกันเนื่องมาจากหลายปัจจัยสามารถสรุปได้ คือ ปริมาณแอมิโลส อันเป็นองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญซึ่งมีผลต่ออัตราการยืดตัวและการอุ้มน้ำของข้าวสุกเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณแอมิโลสสูงขึ้น ส่วนการอบแห้งข้าวเปลือกที่อุณหภูมิสูงกว่า 100 องศาเซลเซียส และการเก็บรักษาที่นานขึ้นทำให้ค่าการดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้น้อยลง สำหรับการขัดสีมีผลทำให้ระยะเวลาในการหุงต้มเร็วขึ้นเมื่อชั้นรำถูกขจัดออกจากข้าวสารมากขึ้น

## เอกสารอ้างอิง

งามชื่น คงเสรี. (2546). ข้าวและผลิตภัณฑ์ข้าว. กรมวิชาการเกษตร. 167 น.

พัสกร เจียตระกูล เมธินี เห่วซึ่งเจริญ และ ศุภศักดิ์ ลิมปิติ. (2546). ผลของอุณหภูมิและระยะเวลาการเก็บรักษาต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวขาวดอกมะลิ 105. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 34*(4-6), 149-152.

อินดา แวดาลอ ละมุล วิเศษ และ ชาลีดา บรมพิชัยชาติกุล. (2553). ผลของเทคนิคการอบแห้งและสภาวะการเก็บรักษาต่อคุณภาพการสีและหุงต้มข้าวขาวดอกมะลิ 105. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 41*(1), 488-491.

Borompichaichartkul, C., Wiset, L., Tulayatun, V., Tuntratean, S., Thetsupamorn, T., Impaprasert, R. & Waedalor, I. (2007). Comparative study of effects of drying methods and storage conditions on aroma and quality attributes of Thai jasmine rice. *Drying Technology, 25*, 1185-1192.

Butt, M.S., Anjum, F.M., Rehman, S., Nadeem, M.T., Sharif, M.K. & Anwer, M. (2008). Selected quality attributes of fine basmati rice: effect of storage history and varieties. *International Journal of Food Properties, 11*, 698-711.

Chrastil, J. (1990). Chemical and physicochemical changes of rice during storage at different temperatures. *Journal of Cereal Science, 11*, 71-85.

Cooper, N.T.W. & Siebenmorgen, T.J. (2008). Correcting head yield for surface lipid content (degree of milling) variation. *Cereal Chemistry, 84*, 88-91.

Derycke, V., Veraverbeke, W.S., Vandeputte, G.E., Man, W., Hoseney, R.C. & Delcour, J.A. (2005). Impact of proteins on pasting and cooking properties of nonparboiled and parboiled rice. *Cereal Chemistry, 82*, 468-474.

Gujral, H.S. & Kumar, V. (2003). Effect of accelerated aging on the physicochemical and textural properties of brown and milled rice. *Journal of Food Engineering, 59*, 117-121.

Hamaker, B.R. & Griffin, V. K. (1993). Effect of disulfide bond-ontaining protein on rice starch gelatinization and pasting. *Cereal Chemistry, 70*, 377-380.

Iguaz, A., Rodriquez, M. & Virseda, P. 2006. Influence of handling and processing of rough rice on fissures and head rice yield. *Journal of Food Engineering, 77*, 803-809.

Indudhara Swamy, Y.M., Sowbhagya, C.M. & Bhattacharya, K.R. (1978). Change in the physicochemical properties of rice with aging. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 29*, 627-639.

Jane, J., Chen, Y.Y., Lee, L.F., Mcpherson, A.E., Wong, K.S., Radosavljevic, M. & Kasemsuwan, T. (1999). Effects of amylopectin branch chain length and amylose content on the gelatinization and pasting properties of starch. *Cereal Chemistry, 76*, 629-637.

Juliano, B.O., Ed. (1985). Rice: Chemistry and Technology, 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, MN.

Juliano, B.O. (1971). A simplified assay for milled-rice amylose. *Cereal Science Today, 16*, 334-340.

Lamberts, L., Brijs, K., Mohamed, R., Verhelst, N. & Delcour, J.A. (2006). Impact of browning reactions and bran pigments on color of parboiled rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54*, 9924-9929.

Lamberts, L., De Bie, E., Vandeputte, G.E., Veraverbeke, W.S., Derycke, V., Man, W.D. & Delcour, J. A. (2007). Effect of milling on colour and nutritional properties of rice. *Food Chemistry, 100*, 1496-1503.

Lamberts, L. & Delcour, J. A. (2008). Carotenoids in raw and parboiled brown and milled rice. *Journal Of Agricultural and Food Chemistry, 56*, 119414-11919.

Liang, J., Li, Z., Tsuji, K., Nakano, K., Nout, M.J.R. & Hamer, R.J. (2008). Milling characteristics and distribution of phytic acid and zinc in long-, medium- and short-grain rice. *Journal of Cereal Science, 48*, 83-91.

Limpisut, P. & Jindal, V.K. (2002). Comparison of rice flour pasting properties using Brabender Viscoamylograph and Rapid Visco Analyser for evaluating cooked rice texture. *Starch, 54*, 350-357.

Liu, K., Xiaohong, C., Bai, Q., Huanbin, W. & Gu, Z. (2009). Relationships between physical properties of brown rice and degree of milling and loss of selenium. *Journal of Food Engineering, 94*: 69-74.

Mestres, C., Ribeyre, F., Pons, B., Fallet, V. & Matencio, F. (2011). Sensory texture of cooked rice is rather linked to chemical than to physical characteristics of raw rice. *Journal of Cereal Science, 53*, 81-89.

Mohapatra, D. & Bal, S. (2006). Cooking quality and instrumental textural attributes of cooked rice for different milling fractions. *Journal of Food Engineering, 73*, 253-259.

Mohapatra, D. & Bal, S. (2007). Effect of degree of milling on specific energy consumption, optical measurements and cooking quality of rice. *Journal of Food Engineering, 80*, 119-125.

Normand, F.L. & Marshall, W.E. (1989). Differential scanning calorimetry of whole grain milled rice and milled rice flour. *Cereal Chemistry, 66*, 317-320.

Ong, M.H. & Blanshard, J.M.W. (1995). Texture determinants in cooked parboiled rice I : Rice starch amylase and the fine structure of amylopectin. *Journal of Cereal Science, 21*, 251-260.

Park, J.K., Kim, S.S. & Kim, K.O. (2001). Effect of milling ratio on sensory properties of cooked rice and on physicochemical properties of milled and cooked rice. *Cereal Chemistry, 78*, 151-156.

Roy, P., Ijiri, T., Okadome, H., Nei, D., Orikasa, T., Nakamura, N. & Shiina, T. (2008). Effect of processing conditions on overall energy consumption and quality of rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Engineering, 89*, 343-348.

Singh, N., Kaur, L., Sodhi, S.S. & Sekhon, K.S. (2005). Physicochemical, cooking and textural properties of milled rice from different Indian rice cultivars. *Food Chemistry, 89*, 253-259.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P. & Taechapairoj, P. (2008). Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice. *Journal of Food Engineering, 85*, 268-276.

Tan, Y. & Corke, H. (2002). Factor analysis of physicochemical properties of 63 rice varieties. *Journal of the Science of Food and Agriculture, 82*, 745-752.

Vidal, V., Pons, B., Brunnschweiler, J., Handschin, S., Rouau, X. & Mestres, C. (2007). Cooking behavior of rice in relation to kernel physicochemical and structural properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry, 55*, 336-346.

Wiset, L., Srzednicki, G., Wootton, M., Driscoll, R. H. & Blakeney, A. B. (2005). Study on effects of high temperature drying using a fluidised-bed dryer on physico-chemical properties of various cultivars of rice. *Drying Technology, 23*, 2227-2237.

Xie, L., Chen, N., Duan, B., Zhu, Z. & Liao, X. (2008). Impact of proteins on pasting and cooking properties of waxy and non-waxy rice. *Journal of Cereal Science, 47*, 372-379.

Yadav, B.K. & Jindal, V.K. (2007). Water uptake and solid loss during cooking of milled rice (*Oryza sativa* L.) in relation to its physicochemical properties. *Journal of Food Engineering, 80*, 46-54.

Yadav, R.B., Khatkar, B.S. & Yadav, B.S. (2007). Morphological, physicochemical and cooking properties of some Indian rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Journal of Agricultural Technology, 3*, 203-210.

Yadav, B.K. & Jindal, V.K. (2008). Changes in head rice yield and whiteness during milling of rough rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Food Engineering, 86*, 113-121.

Zhou, Z., Robards, K., Helliwell, S. & Blanchard, C. (2002). Ageing of stored rice: changes in chemical and physical attributes. *Journal of Cereal Science, 35*, 65-78.

Zhou, Z. Robards, K. Helliwell, S. & Blanchard, C. (2007). Effect of storage temperature on cooking behavior of rice. *Food Chemistry, 105*, 491-497.