ผลของระยะการเก็บรักษาต่อคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าว[1/]

Influence of Storage Duration on Cooking and Eating Quality of Rice

ผู้ทำสัมมนา **นายณัฐพงษ์ ชื่นตา[2/]**

อาจารย์ที่ปรึกษา **รองศาสตราจารย์ ดร. สุรีพร เกตุงาม[3/]**

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย มีการส่งออกสร้างรายได้ให้กับประเทศเฉลี่ยปีละประมาณ 11 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 180,270 ล้านบาท อย่างไรก็ตามราคาของข้าวมีความผันแปรขึ้นกับคุณภาพของข้าว ซึ่งจัดเป็นตัวแปรสำคัญในการกำหนดราคาข้าวทั้งในประเทศและต่างประเทศ ปัจจัยที่มีผลต่อคุณภาพข้าว ได้แก่ ระยะเวลาการเก็บรักษาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษา โดยข้าวที่มีระยะเวลาการเก็บรักษาเพิ่มขึ้น มีผลทำให้คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณความหอมและปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว เป็นต้น การเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้น้ำหนัก ความกว้างและความหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น รวมทั้งปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสเพิ่มขึ้น แต่พบว่าปริมาณไขมัน และความหอมลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อการดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการหุงต้มมากขึ้น และเมื่อนำข้าวเก่ามาหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกจะร่วนและเหนียวเกาะติดกันน้อยลง

คำสำคัญ: ข้าว ระยะเวลาการเก็บรักษา คุณภาพการหุงต้มและรับประทาน คุณภาพทางกายภาพ ปริมาณอะไมโลส

[1/]**เอกสารประกอบรายวิชา 1201 480 สัมมนา**

[2/]**นักศึกษาชั้นปีที่ 4 ภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**

[3]**/อาจารย์ประจำภาควิชาพืชไร่ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี**

บทนำ

ข้าวเป็นอาหารหลักของประชากรโลกกว่า 3 พันล้านคน โดยประมาณร้อยละ 90 ของปริมาณผลผลิตข้าวทั้งหมดมาจากแหล่งผลิตในทวีปเอเชีย ประเทศไทยมีพื้นที่ปลูกข้าวประมาณ 61.9 ล้านไร่ ซึ่งให้ผลผลิตรวมประมาณ 25.5 ล้านตันข้าวเปลือก ถูกใช้เพื่อการบริโภคภายในประเทศ ร้อยละ 56 ส่วนที่เหลือถูกส่งออกในรูปของข้าวสาร ซึ่งมีแนวโน้มปริมาณการส่งออกเพิ่มขึ้นทุกปี การส่งออกข้าวไทยอยู่ที่ 8.76 ล้านตัน (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ , 2566) ประเทศไทยนิยมปลูกข้าวเจ้าและข้าวเหนียว นอกจากนี้พันธุ์ข้าวยังได้ถูกปรับปรุงและคัดสรรสายพันธุ์มาโดยตลอด จึงทำให้มีหลากหลายสายพันธุ์ ซึ่งมีรสชาติและคุณประโยชน์ของข้าวที่แตกต่างกันออกไป โดยพันธุ์ข้าวไทยที่มีชื่อเสียง คือ ข้าวหอมมะลิ และข้าวที่มีคุณค่าทางอาหารสูงก็คือ ข้าวกล้อง ข้าวซ้อมมือ ข้าวนึ่งก่อนสี และข้าวเสริมวิตามิน (สำนักงานเกษตรและสหกรณ์ จังหวัดสุรินทร์ , 2563)

คุณภาพทางกายภาพและคุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวถือเป็นลักษณะสำคัญที่ใช้กำหนดคุณภาพและราคาของข้าว และมีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อข้าวของผู้บริโภค ผู้บริโภคจะเลือกซื้อข้าวสารเต็มเมล็ดมากกว่าข้าวแตกหัก ข้าวแต่ละพันธุ์จะมีกลิ่นหอมที่แตกต่างกันไปตามพันธุกรรมของข้าว คุณภาพการหุงต้มของข้าวเกี่ยวกับลักษณะทางกายภาพ เช่น สีของข้าว ขนาด รูปร่าง น้ำหนักเมล็ด ความชื้นของเมล็ดข้าว และ ลักษณะทางเคมีของแป้งในเอนโดสเปิร์มที่ถูกควบคุมด้วยลักษณะที่สำคัญ 3 ลักษณะ คือ ปริมาณอะไมโลส (amylose content, AC) อุณหภูมิแป้งสุก (gelatinization temperature, GT) และความคงตัวแป้งสุก (gel consistency, GC) โดยที่ปริมาณอะไมโลสเป็นปัจจัยสำคัญในการกำหนดความนุ่มเหนียวของข้าว โดยข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำเมื่อหุงสุก จะได้ข้าวที่มีลักษณะนุ่มเหนียว ในขณะที่ข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสสูงข้าวสุกจะมีลักษณะแข็งและร่วนฟูขึ้นหม้อ อุณหภูมิแป้งสุกเป็นอุณหภูมิที่ทำให้แป้งข้าวเปลี่ยนเป็นเจล มีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (Fitzgerald et al., 2009; Naivikul, 2007; Waters et al., 2006) และความคงตัวแป้งสุกเป็นลักษณะที่ใช้คาดคะเนว่าข้าวสุกเมื่อเย็นแล้วจะมีแนวโน้มที่เนื้อสัมผัสจะแข็งมากหรือน้อย ซึ่งมีผลต่อความนุ่มเหนียวและแข็งกระด้างของข้าวเมื่ออุณหภูมิลดลง ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็งเมื่อหุงสุกจะได้ข้าวที่แข็งกระด้างมากกว่าข้าวที่มีความคงตัวแป้งสุกอ่อน (Kuntawong et al., 2015; Naivikul, 2007) การเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่กลายเป็นข้าวเก่าเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกันระหว่าง แป้ง โปรตีน และ ไขมัน การเปลี่ยนแปลงข้าวเก่าจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาพการเก็บรักษา หากเก็บในที่อุณหภูมิสูงข้าวจะกลายเป็นข้าวเก่าเร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มของเมล็ดข้าวและคุณภาพของข้าวสุก ข้าวเก่าเมื่อนำมาหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกจะร่วนและแข็งมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง

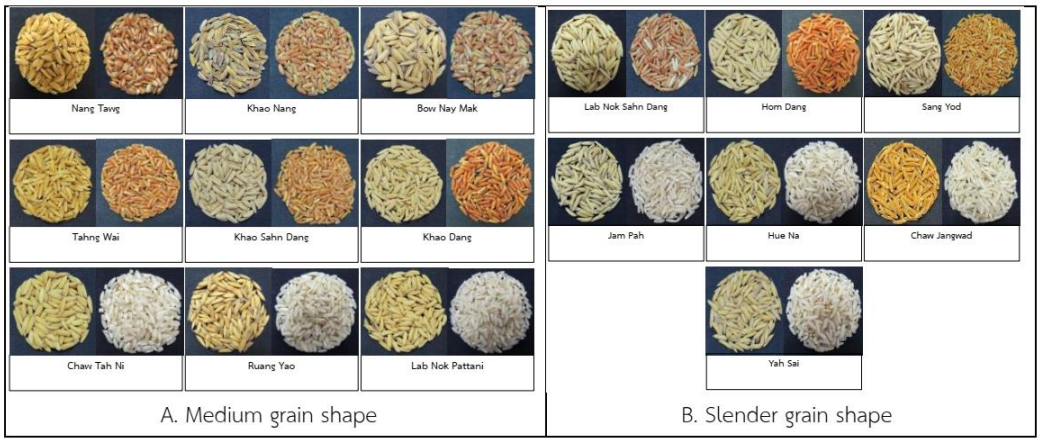
บทความสัมมนานี้มีวัตถุประสงค์เพื่ออภิปรายคุณภาพทางกายภาพและคุณภาพทางเคมีของเมล็ดข้าว ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาข้าวและผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของข้าว

คุณภาพของเมล็ดข้าว

ลักษณะและคุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่บ่งบอกถึงความสมบูรณ์และความเหมาะสมในการนำไปใช้บริโภคหรือแปรรูป ซึ่งคุณภาพสามารถพิจารณาได้จากหลายด้าน เช่น ลักษณะทางกายภาพ ลักษณะทางเคมี การรับประทาน รสชาติ และคุณค่าทางโภชนาการ เป็นต้น

คุณภาพของเมล็ดข้าวทางกายภาพ

คุณภาพของเมล็ดทางกายภาพ หมายถึง คุณสมบัติต่าง ๆ ของเมล็ดข้าวที่สามารถมองได้ด้วยตาเปล่าหรือชั่ง ตวง วัดได้ ตัวอย่างเช่น สีของข้าว ขนาด รูปร่างและน้ำหนักเมล็ด รวมถึงความชื้นของเมล็ดข้าว ทั้งนี้ ความชื้นมีผลต่ออายุการเก็บรักษา ถ้าเมล็ดข้าวมีความชื้นสูงทำให้เชื้อราและจุลินทรีย์เติบโตได้ข้าวจะเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้น ประเทศไทยกำหนดความชื้นในเมล็ดข้าวไม่เกิน 14 เปอร์เซ็นต์ (อรอนงค์, 2550) ลักษะทางกายภาพประกอบด้วย น้ำหนักเมล็ด ได้แก่ น้ำหนักต่อปริมาณ เช่น กรัม/ลิตร หรือ กิโลกรัม/ถัง และน้ำหนักต่อจำนวนเมล็ด เช่น น้ำหนัก 100 เมล็ด หรือน้ำหนัก 1,000 เมล็ด เป็นต้น น้ำหนักเมล็ดเป็นลักษณะหนึ่งที่ใช้จำแนกพันธุ์ข้าว สีของเมล็ดข้าวเปลือก เป็นลักษณะประจำพันธุ์สมัยก่อนใช้ในการตั้งชื่อพันธุ์ข้าว เช่น ขาวพวง ขาวนางเนย เนื่องจากเปลือกมีสีฟางหรือสีขาว เป็นต้น สีข้าวกล้อง การกะเทาะเปลือกข้าวออกจะพบข้าวกล้องที่มีสีขาว หรือ ข้าวบางพันธุ์มีข้าวกล้องสีแดงหรือสีม่วงจนเกือบดำข้าวกล้องมีสีมักนิยมบริโภคเพื่อเป็นอาหาร ขนาดรูปร่างเมล็ด เป็นลักษณะ ที่นักปรับปรุงพันธุ์ใช้ในการจำแนกพันธุ์ข้าว ขนาดรูปร่าง เมล็ด หมายถึง ความยาว ความกว้าง และความหนาของเมล็ด ความยาวของเมล็ด หมายถึงระยะทางจากปลายยอดสุดเมล็ดถึงโคนเมล็ด ความกว้างของเมล็ด หมายถึงระยะทางส่วนที่กว้างที่สุดของเมล็ดระหว่างเปลือกใหญ่ ถึงเปลือกเล็ก ความหนาของเมล็ด หมายถึงระยะทางที่มากที่สุดระหว่างเปลือกด้านหนึ่งไปยังอีกด้านหนึ่ง การเปรียบเทียบระหว่างข้าวกล้อง ข้าวสาร และข้าวเปลือก สามารถจำแนกรูปร่างของเมล็ดข้าวออกเป็น 3 แบบ คือ เรียว ปานกลาง ป้อม (Juliano, 1971) (ภาพที่ 1)



ที่มา:นันทิยา และจตุพร (2565)

ภาพที่ 1 รูปร่างของเมล็ดข้าว ข้าวเปลือก (ซ้าย) และข้าวกล้อง (ขวา) ของข้าวพันธุ์พื้นเมือง 16 ชนิด

คุณภาพของเมล็ดข้าวทางเคมี

คุณสมบัติและส่วนประกอบต่าง ๆ ของเมล็ดที่มีผลต่อคุณภาพการหุงต้มโดยมีผลทำให้ข้าวสุกนั้นนุ่ม เหนียวหรือร่วนขึ้นหม้อ และมีผลต่อการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ได้แก่ ชนิดและปริมาณของแป้ง โปรตีน ไขมัน และกลิ่นหอม เป็นต้น คุณภาพทางเคมีกายภาพของข้าว มีความสำคัญต่อการทดสอบและประเมินคุณภาพการหุงต้มและรับประทาน (Juliano, 1971) ซึ่ง คุณภาพทางเคมีต่อการหุงต้มประกอบด้วย ปริมาณอะไมโลส (amylose content; AC) ความคงตัวของแป้งสุก (gel consistency; GC) และอุณหภูมิของแป้งสุก (gelatinization temperature; GT) โดยข้าวที่มีคุณภาพการหุงต้มที่แตกต่างกันจะมีองค์ประกอบของลักษณะดังกล่าวแตกต่างกัน

ปริมาณอะไมโลส (amylose content) เป็นองค์ประกอบของสตาร์ช เกิดจากน้ำตาลกลูโคสเรียงต่อกันเป็นสายโซ่ตรง แป้งข้าวจะมีอะไมโลเพคตินเป็นองค์ประกอบหลักและอะไมโลสเป็นองค์ประกอบรอง โดยทั่วไปมักนิยมแบ่งประเภทข้าวโดยกล่าวถึงอะไมโลสเป็นหลักสำคัญ อัตราส่วนของอะไมโลสและอะไมโลเพคตินเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้ข้าวสุกมีคุณสมบัติแตกต่างกัน ข้าวที่มีอะไมโลสสูงในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้มากกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ปริมาณอะไมโลสทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงหรือร่วนมากขึ้น ข้าวที่มีอะไมโลสสูงเมื่อหุงต้มสุกจึงร่วนกว่าและแข็งกว่าข้าวที่มีอะไมโลสต่ำ ข้าวเหนียวเป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสต่ำ (0-2%) เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะเหนียวมาก ส่วนข้าวเจ้าเมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะแตกต่างกัน แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้ ข้าวอะไมโลสต่ำ เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส 10 – 19% เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะนุ่มเหนียว เช่น ข้าวพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ปทุมธานี 1 ข้าวเจ้าหอมสุพรรณบุรี ข้าวสังข์หยดพัทลุง เป็นต้น ข้าวอะไมโลสปานกลาง เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลส 20 – 25% เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกค่อนข้างนุ่มเหนียวเล็กน้อย เช่น สุพรรณบุรี 60 ขาวปากหม้อ เข็มทอง เล็บนกปัตตานี ข้าวอะไมโลสสูง เป็นข้าวที่มีปริมาณอะไมโลสมากกว่า 25% เมื่อหุงต้มลักษณะข้าวสุกจะร่วนค่อนข้างแข็ง เช่น ข้าวนางพญา 132 เฉี้ยงพัทลุง ชัยนาท 1 สุพรรณบุรี 90 ปราจีนบุรี 1 เป็นต้น ปริมาณอะไมโลสจะวิเคราะห์โดยทำปฏิกิริยาสตาร์ชข้าวกับสารละลายไอโอดีน และวัดความเข้มสีที่ความยาวคลื่น 620 นาโนเมตร เปรียบเทียบกับอะไมโลสมาตรฐาน (Juliano, 1971) (ตารางที่ 1)

ตารางที่ 1 ลักษณะของข้าวสุกในข้าว ที่มีปริมาณอะไมโลสต่างกัน ตามเกณฑ์มาตรฐานของกรมวิชาการเกษตร (2545)

ประเภทข้าว	ปริมาณอะไมโลส (%)	ลักษณะข้าวสุก (สวย)
ข้าวเหนียว	0-2	
ข้าวเจ้า		
ข้าวอะไมโลสต่ำ	10-19	เหนียว-นุ่ม
ข้าวอะไมโลสปานกลาง	20-25	ค่อนข้าวร่วนไม่แข็ง
ข้าวอะไมโลสสูง	26-34	ร่วน แข็ง

ความคงตัวของแป้งสุก (Gel consistency) หมายถึง คุณสมบัติของแป้งข้าวที่มีอัตราการคืนตัวไม่เท่ากันแม้ว่าจะมีปริมาณอะไมโลสเท่ากัน ทำให้แป้งสุกมีความแข็งและอ่อนแตกต่างกัน ข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกอ่อน เมื่อหุงสุก ข้าวที่ได้จะมีความนุ่มกว่าข้าวที่มีความคงตัวของแป้งสุกแข็ง การวิเคราะห์ค่าความคงตัวของแป้งสุกวัดได้จากระยะทางที่แป้งสุกเย็นไหล แบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้ ความคงตัวของแป้งสุกแข็ง (Hard) ระยะทางที่แป้งไหล 26 – 40 มิลลิเมตร ความคงตัวของแป้งสุกปานกลาง (Medium) ระยะทางที่แป้งไหล 41 – 60 มิลลิเมตร ความคงตัวของแป้งสุกอ่อน (Soft) ระยะทางที่แป้งไหล 61 – 100 มิลลิเมตร หรืออาจแบ่งความคงตัวของแป้งสุกได้อีกแบบ ดังนี้คือ แป้งข้าวสุกแข็ง ระยะทางที่แป้งไหลน้อยกว่า 35 มม. แป้งข้าวสุกค่อนข้างแข็ง: ระยะทางที่แป้งไหลอยู่ระหว่าง 35 – 60 มม. แป้งข้าวสุกปานกลาง ระยะทางที่แป้งไหลอยู่ระหว่าง 41 – 60 มม. แป้งข้าวสุกอ่อน ระยะทางที่แป้งไหลมากกว่า 60 มม.

อุณหภูมิแป้งสุก (Gelatinization temperature) หมายถึง อุณหภูมิที่ทำให้แป้งกลายเป็นเจล ซึ่งมีความสัมพันธ์กับระยะเวลาการหุงต้ม โดยทั่วไป การหุงต้มข้าวจะใช้เวลา 13-24 นาที ข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงจะใช้เวลาในการหุงต้มนานกว่าข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำ (งามชื่น, 2531) เนื่องจากข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำจะดูดน้ำและพองตัวเร็วกว่า จึงทำให้ข้าวสุกได้ง่ายกว่า การตรวจสอบลักษณะอุณหภูมิแป้งสุกจะประเมินทางอ้อมหรือสามารถคาดคะเนอุณหภูมิแป้งสุกได้จากวิธีหาค่าการสลายตัวของเมล็ดข้าวในสารละลายด่างโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) 1.7 เปอร์เซ็นต์ (alkali spreading value, ASV) เมื่อแช่ทิ้งไว้ในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 23 ชั่วโมง โดยข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกต่ำกว่า 65 องศาเซลเซียส จะมีค่า การสลายตัวในด่าง 6-7 คะแนน และมีระยะเวลาหุงต้ม 12-16 นาที ส่วนข้าวที่มีอุณหภูมิแป้งสุกสูงกว่า 75 องศาเซลเซียส จะมีค่าการสลายตัวในด่าง 1-3 คะแนน และมีระยะเวลาหุงต้มมากกว่า 24 นาที (กรมวิชาการเกษตร, 2545)

ปัจจัยที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาข้าว

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาข้าว ได้แก่ อุณหภูมิการเก็บรักษาและระยะเวลาการเก็บรักษา โดยอุณหภูมิ เป็นปัจจัยที่สำคัญอย่างหนึ่งในการยืดอายุหรือลดอายุการเก็บข้าว เนื่องจากอุณหภูมิสูงจะทำให้เกิดกลิ่นหืนในข้าวได้เร็ว ส่วนระยะเวลาในการเก็บรักษาข้าว มีผลทำให้คุณภาพทางเคมีของข้าวเปลี่ยนแปลงไป ได้แก่ ปริมาณไขมัน ปริมาณคาร์โบไฮเดรต ปริมาณความหอมและปริมาณอะไมโลสในเมล็ดข้าว เป็นต้น (ละมุล, 2555) (อินดาแวดาลอ และคณะ, 2553)

อุณหภูมิการอบแห้ง

กระบวนการอบแห้งเป็นการลดความชื้นของข้าวและยังสามารถปรับปรุงคุณภาพข้าวโดยเร่งให้มีลักษณะคล้ายข้าวเก่าได้โดยเฉพาะการช่วยให้เมล็ดข้าวมีอัตราการยืดตัวเพิ่มขึ้นในระหว่างการหุงต้ม ซึ่งข้าวเปลือกที่มีความชื้นสูงเมื่อนำมาอบแห้งด้วยอุณหภูมิของลมร้อนที่สูงกว่า 100 องศาเซลเซียส ส่งผลให้ข้าวเกิดการเจลาติไนเซชันบางส่วน ทำให้เกิดการหลอมของเม็ดแป้งสามารถประสานรอยร้าวในเมล็ดได้ เมื่อเมล็ดข้าวเย็นตัวลงโครงสร้างภายในของแป้งจึงจับตัวกันแน่นขึ้นข้าวที่ผ่านการอบแห้งจะใช้ระยะเวลาในการหุงต้มนานขึ้น การดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวสุกเพิ่มขึ้น ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้

ลดน้อยลง เนื่องจากความร้อนที่ใช้ในกระบวนการอบแห้งส่งผลให้โครงสร้างของเมล็ดข้าวเกิดการเปลี่ยนแปลง โดยผนังเซลล์ของเมล็ดข้าวมีความแข็งแรงมากขึ้นและมีลักษณะเป็น Hexagonal ที่มีลักษณะโปร่งและไม่อัดแน่นจึงสามารถดูดซับน้ำได้ดี (ละมุล, 2555) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณข้าวเต็มเมล็ดและสมบัติทางการหุงต้มของข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ผ่านการอบแห้งอุณหภูมิแตกต่างกัน (อีนดาแวดาลอ และคณะ, 2553)

อุณหภูมิการอบแห้ง (°C)	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+0.5b^{c}	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 ($p< 0.05$)

ระยะเวลาการเก็บรักษา

การเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่กลายเป็นข้าวเก่าเกิดจากปฏิกิริยาทางเคมีที่สัมพันธ์เกี่ยวข้องกันระหว่าง แป้ง โปรตีน และ ไขมัน การเปลี่ยนแปลงเป็นข้าวเก่าจะช้าหรือเร็วขึ้นอยู่กับสภาพการเก็บรักษา หากเก็บในที่อุณหภูมิสูงข้าวจะกลายเป็นข้าวเก่าเร็วขึ้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวมีผลกระทบต่อคุณภาพการหุงต้มของเมล็ดข้าวและคุณภาพของข้าวสุก กล่าวคือ ข้าวเก่าเมื่อนำมาหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกจะร่วนและแข็งมากขึ้นหรือเหนียวเกาะติดกันน้อยลง และมีผลทำให้ข้าวสุกมีการขยายปริมาตรได้มากขึ้น (Soponronnavil Reg et al. 2008) (ตารางที่ 3) นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิการเก็บรักษาสูงขึ้นมีผลต่อการดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการหุงต้มมากขึ้น

ตารางที่ 3 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 ($p< 0.05$)

ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาข้าวต่อคุณภาพข้าว

ระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพของเปลี่ยนแปลงไป ทั้งนี้เนื่องจากระยะเวลาและอุณหภูมิในระหว่างการเก็บรักษาจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจากข้าวใหม่เป็นข้าวเก่า ซึ่งเป็นผลมาจากปฏิกิริยาทางเคมีที่เกี่ยวข้องกันระหว่างองค์ประกอบในข้าวได้แก่ แป้ง โปรตีน และไขมัน โดยข้าวเก่าจะมีสีคล้ำ ซึ่งเกิดจากกรดอะมิโนทำปฏิกิริยากับน้ำตาลรีดิวซ์ มีกลิ่นหืนที่เกิดจากปฏิกิริยาการออกซิเดชั่นของไขมันมีเนื้อสัมผัสแข็งเนื่องจากโปรตีนที่ผิวเม็ดสตาร์ชเกิดการเปลี่ยนแปลง

อารีรัตน์และอิ่มศิลป์ (2556) ได้ทำการศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบลมร้อน ด้วยการเร่งความเก่าของข้าวเปลือกหอมมะลิด้วยตู้อบลมร้อน ได้แก่ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้ง โดยพิจารณาจากคุณภาพการสีข้าวเป็นสำคัญ พบว่า สภาวะ ที่เหมาะสมในการเร่งความเก่าข้าวเปลือกหอมมะลิ คือ ปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือก อุณหภูมิ และระยะเวลาในการอบแห้งเท่ากับ 21-25%, 90°C และ 3 ชั่วโมงตามลำดับ โดยมีผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว ค่าความขาว และค่าความมันเท่ากับ 60.30-0.28, 41.2410.92, 33.36+1.47 และ 3.41= 0.15% ตามลำดับการวิเคราะห์สหสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรด้วยวิธีเพียร์สันพบว่าปริมาณความชื้นเริ่มต้นของข้าวเปลือกให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p<0.01$) กับผลผลิตข้าวรวมและผลผลิต ต้นข้าว (r-0.725** และ 0.743** ตามลำดับ) แต่ไม่มีความสัมพันธ์กับค่าความขาวและความมันของข้าวสาร เมื่อพิจารณาคุณภาพข้าว พบว่าข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อน มีผลผลิตข้าวรวม ผลผลิตต้นข้าว

ปริมาณน้ำที่ข้าวดูดซับ อัตราส่วนความกว้างต่อความยาวของเมล็ดข้าวและค่าความแข็งของข้าวสุกสูงกว่าข้าวหอมมะลิเก่าตามธรรมชาติอายุการเก็บรักษา 6 เดือน และข้าวหอมมะลิใหม่อายุการเก็บรักษา 3 เดือน และไม่เกิน 1 เดือน ตามลำาดับ ($p<0.05$) แต่มีค่าความขาวค่าความมัน ค่าการแตกตัวของแป้งสุก ปริมาณของแข็งที่สูญเสีย และค่าความเหนียวของข้าวสุกต่ำที่สุด ในขณะที่ปริมาณอะมิโลสไม่แตกต่างกัน ($p>0.05$) นอกจากนี้ยังพบว่าข้าวหอมมะลิเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อน ผู้บริโภคให้การยอมรับด้านความชอบรวมไม่แตกต่างกับข้าวหอมมะลิเก่าตามธรรมชาติที่มีอายุการเก็บรักษานาน 6 เดือน ($p>0.05$) (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4 คุณภาพการสี ปริมาณอะไมโลส และคุณสมบัติด้านความหนืดของข้าวเก่าที่ผ่านการเร่งความเก่าด้วยตู้อบลมร้อนเปรียบเทียบกับข้าวใหม่และข้าวเก่าตามธรรมชาติ (อารัตน์ และกิตติศักดิ์, 2556)

ประเภทข้าว	**คุณภาพการสี**				**ปริมาณอะไมโลส (%)**	**คุณสมบัติด้านความหนืด**				
	ผลผลิตข้าวรวม (%)	**ผลผลิต ต้นข้าว (%)**	**ค่าความขาว (%)**	**ค่าความมัน (%)**		**ความหนืดสูงสุด (RVU)**	**การแตกตัวของแป้งสุก (RVU)**	**ความหนืดสุดท้าย (RVU)**	**ความคงตัวของแป้งสุก (RVU)**	**อุณหภูมิแป้งสุก (°C)**
ข้าวใหม่อายุไม่เกิน 1เดือน	51.71±0.18d	51.31±0.96d	38.56±0.16a	3.24±0.10b	19.00±0.50a	3,547±27a	2,170±33a	3,484±25c	517±6.4d	71.31±0.8d
ข้าวใหม่อายุ 3 เดือน	54.44±0.14c	32.54±0.16c	36.75±0.37b	3.13±0.02b	18.95±0.46b	3,438±36b	2,053±22b	3,660±16b	552±4.4c	74.12±0.8c
ข้าวเก่าอายุ 6 เดือน	55.97±0.27^{b}	35.51±0.34^{b}	35.50±0.10^{b}	2.12±0.01^{c}	19.35±0.84^{ns}	3,355±34^{c}	1,946±28^{c}	3,862±15^{a}	613±10^{b}	76.2±0.4^{b}
ข้าวเก่าที่ผ่านการเร่งตู้อบลมร้อน	60.30±0.28a	41.24±0.29a	33.36±1.47a	3.42±0.16a	19.62±0.90ns	3,441±29b	1,454±28b	3,684±11b	743±31a	86.7±0.5a

^{a,b,c} ตัวอักษรที่ต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$)

^{ns} หมายถึง ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$)

อภิวัฒน์และพักตร์เพ็ญ (2559) ได้ศึกษาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 โดยสุ่มเก็บตัวอย่างข้าวจากแปลงเกษตรกร ตำบลสังขะ อำเภอสังขะ จังหวัดสุรินทร์ จำนวน 2 แปลง ได้นำมาบรรจุข้าวกล้องในถุงสูญญากาศ และเก็บรักษาในอุณหภูมิห้องเป็นเวลา 12 เดือน พบว่าระยะเวลาการเก็บรักษามีผลทำให้คุณภาพกายภาพ ได้แก่ น้ำหนัก ความกว้าง และหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น และมีผลทำให้คุณภาพทางเคมีเปลี่ยนแปลงไป โดยปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันและสารความหอม (2-AP) ลดลง (ตารางที่ 5)

ตารางที่ 5 ผลของเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพทางกายภาพ (ก) คุณภาพทางเคมี (ข) และคุณภาพการหุงต้ม (ค) ของข้าวขาวดอกมะลิ 105 (อภิวัฒน์ และพักตร์เพ็ญ 2559)

คุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105	**เริ่มเก็บรักษา**		**เก็บรักษานาน 12 เดือน**		**P value**
	ข้าวอินทรีย์	**ข้าวเคมี**	**ข้าวินทรีย์**	**ข้าวเคมี**	
ก. คุณภาพทางกายภาพ					
น้ำหนัก 100 เมล็ด (กรัม)	2.09±0.01 [b1/]	2.13±0.02 [a]	2.13±0.01 [a]	2.14±0.01 [a]	0.0064
ความกว้าง (มิลลิเมตร)	2.02±0.07 [b]	2.01±0.05 [b]	2.14±0.06 [a]	2.14±0.08 [a]	<0.0001
ความยาว (มิลลิเมตร)	7.59±0.19 [a]	7.53±0.22 [a]	7.63±0.22 [a]	7.51±0.25 [a]	0.6253
ความหนา (มิลลิเมตร)	1.66±0.05 [b]	1.67±0.04 [b]	1.76±0.04 [a]	1.78±0.07 [a]	<0.0001
ยาว/กว้าง (เท่า)	3.76±0.18 [a]	3.74±0.15 [a]	3.69±0.34[a]	3.50±0.15 [a]	0.0516
ข. คุณภาพทางเคมี					
ไขมัน (ร้อยละ)	3.92±0.22 [a]	3.95±0.23 [a]	3.31±0.04 [b]	3.46±0.04 [b]	0.0365
โปรตีน (ร้อยละ)	6.82±0.21 [b]	7.71±0.04 [a]	6.94±0.04 [b]	7.50±0.02 [a]	0.0034
คาร์โบไฮเดรต (ร้อยละ)	74.55±0.02 [b]	72.72±0.20 [c]	75.35±0.12 [a]	75.63±0.04 [a]	<0.0001
2-AP (ppm)	4.04±0.07 [a]	3.96±0.03 [a]	1.96±0.04 [b]	1.60±0.06 [c]	<0.0001
ค. คุณภาพการหุงต้ม					
อะไมโลส (ร้อยละ)	17.81±1.01 [b]	20.05±0.39 [a]	21.08±2.32 [a]	22.25±0.56 [a]	0.0179
การสลายในด่าง (คะแนน)	5.00±0.01 [a]	4.83±0.28 [a]	3.40±0.67 [b]	3.14±1.05 [b]	0.0145
ความคงตัวของแป้งสุก (มม.)	70.83±2.88 [a]	65.50±12.12 [a]	8.90±3.60 [b]	5.56±2.51 [b]	<0.0001

[1/]ค่าเฉลี่ย ± ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในแนวนอนตามด้วยตัวอักษรต่างกันมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญที่ P <0.05 โดยวิธี DMRT

Jumali et al. (2024) ได้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงบางชนิดระหว่างการเก็บรักษา ในฤดูฝนปี 2014/2015 มีการปลูกพันธุ์ข้าวที่ได้รับการปรับปรุงจำนวน 10 สายพันธุ์ ได้แก่ อินปาริ 10, 13, 16, 20, 30, สินธุ์นูร, ซีเฮอแรง, เมคองกา, สีทุบาเก็นดิต และสีทุบาเท็งกัง ศูนย์วิจัยข้าวแห่งอินโดนีเซีย ทำการเก็บเกี่ยว และลดความชื่นที่อุณหภูมิ 45° นาน 10 ชั่วโมง จนความชื่นลดเหลือ 13-14% จากนั้นนำมาบรรจุใส่ถุงพลาสติก เก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 10 ชั่วโมง ทำการวิเคราะห์ ลักษณะทางกายภาพ,คุณภาพการสี และคุณภาพทางเคมี ของข้าวที่มีการเก็บรักษาที่ 0,3 และ 6 เดือน พบว่า คุณภาพของข้าวทุกพันธุ์ลดลงเมื่ออายุการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นโดยพบว่าความชื่นมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อย (13.0-14.16 %) (ตารางที่6) ส่วนผลผลิตของข้าวกล้อง ข้าวสี และต้นข้าว (เมล็ดข้าวหักที่มีความยาวมากกว่าข้าวหัก แต่ไม่ถึงความยาวของข้าวเต็มเมล็ด) ลดลงเล็กน้อย ในขณะที่เปอร์เซ็นต์ของข้าวหัก, ข้าวเมล็ดหัก, ข้าวท้องไข่ และข้าวที่มีการเปลี่ยนสีเหลืองและเมล็ดเสียหายเพิ่มขึ้นเล็กน้อย นอกจากนี้ยังพบว่า ความคงตัวของแป้งสุกและการสลายตัวของข้าวในสารละลายด่างยังคงเดิม แต่ปริมาณอะไมโลสเพิ่มขึ้นเล็กน้อย (ตารางที่ 7)

ตารางที่ 6 คุณภาพทางกายภาพของพันธุ์ข้าวทั้งหมดที่ 0, 3 และ 6 เดือนหลังการเก็บรักษา

Variety	Moisture (%)	Length (l) (mm)	Wide (w) (mm)	Grain shape (w/l ratio)
		0 month of storage (March 2015)		
Inpari 10	13.80±0.10	6.88±0.08	2.04±0.16	3.37±0.20
Inpari 13	13.26±0.28	7.18±0.13	2.14±0.09	3.36±0.20
Inpari 16	13.43±0.16	7.21±0.16	2.13±0.10	3.38±0.20
Inpari 20	13.47±0.29	7.21±0.16	2.23±0.03	3.23±0.10
Inpari 30	13.92±0.18	6.98±0.01	2.24±0.02	3.12±0.01
Sintanur	13.66±0.00	6.30±0.39	2.67±0.28	2.36±0.52
Ciherang	13.51±0.11	7.54±0.49	2.30±0.02	3.28±0.13
Mekongga	14.12±0.54	6.93±0.04	2.25±0.01	3.08±0.01
Situ Bagendit	13.48±0.13	6.95±0.03	2.39±0.08	2.91±0.03
Situ Patenggang	13.55±0.22	6.81±0.13	2.31±0.03	2.95±0.11
Average	**13.60**	**6.99**	**2.27**	**3.10**
		3 months of storage (July 2015)		
Inpari 10	13.77±0.06	6.89±0.06	2.08±0.11	3.31±0.12
Inpari 13	13.31±1.26	7.15±0.12	2.15±0.08	3.33±0.13
Inpari 16	13.43±0.18	7.21±0.16	2.12±0.06	3.40±0.18
Inpari 20	14.11±0.30	7.19±0.15	2.23±0.00	3.22±0.06
Inpari 30	13.93±0.01	6.88±0.07	2.11±0.08	3.26±0.08
Sintanur	13.70±0.01	6.36±0.44	2.48±0.18	2.56±0.41
Ciherang	13.55±0.09	7.53±0.39	2.30±0.05	3.27±0.09
Mekongga	14.13±0.32	6.91±0.05	2.21±0.10	3.13±0.10
Situ Bagendit	13.48±0.14	6.95±0.02	2.37±0.10	2.93±0.15
Situ Patenggang	13.39±0.21	6.80±0.13	2.28±0.04	2.98±0.11
Average	**13.68**	**6.98**	**2.23**	**3.14**
		6 months of storage (November 2015)		
Inpari 10	13.75±0.04	6.91±0.07	2.10±0.09	3.29±0.10
Inpari 13	13.30±0.28	7.10±0.06	2.13±0.08	3.33±0.13
Inpari 16	13.52±0.12	7.24±0.16	2.12±0.07	3.41±0.12
Inpari 20	14.11±0.29	7.22±0.15	2.21±0.08	3.27±0.08
Inpari 30	13.89±0.13	6.86±0.11	2.11±0.08	3.25±0.07
Sintanur	13.71±0.01	6.36±0.46	2.48±0.18	2.56±0.42
Ciherang	13.52±0.13	7.53±0.37	2.30±0.05	3.27±0.08
Mekongga	14.16±0.33	7.14±0.09	2.24±0.00	3.18±0.02
Situ Bagendit	13.54±0.11	6.94±0.05	2.36±0.09	2.94±0.15
Situ Patenggang	13.34±0.25	6.85±0.11	2.29±0.04	2.99±0.11
Average	**13.70**	**7.01**	**2.23**	**3.15**

ตารางที่ 7 คุณภาพทางเคมีของพันธุ์ข้าวทั้งหมดในช่วงเวลาเก็บรักษา 0, 3 และ 6 เดือน

no	Variety	Gel consistency(GC)*			Alkalib Digestion*	
		Amylose	Scale (mm)	GC type	Score	Amylose
		0 month of storage (March 2015)				
1	Inpari 10	22.30±1.03	67.2±1.48	soft	2	high
2	Inpari 13	18.89±1.39	62.1±2.12	soft	2	high
3	Inpari 16	20.42±0.30	65.7±0.42	soft	2	high
4	Inpari 20	20.67±0.13	66.8±1.20	soft	2	high
5	Inpari 30	21.46±0.73	63.5±0.80	soft	2	high
6	Sintanur	19.12±1.17	65.5±0.28	soft	5	intermediate
7	Cihereang	20.18±0.47	64.9±0.14	soft	1	high
8	Mekongga	22.13±0.91	67.1±1.04	soft	2	high
9	Situ Bagendit	21.31±0.33	62.5±1.84	soft	1	high
10	Situ	22.04±0.84	63.4±1.20	soft	2	high
	Average	**20.85**	**65.1**			
		3 months of storage (July 2015)				
1	Inpari 10	22.48±0.91	66.4±1.06	soft	2	high
2	Inpari 13	19.88±0.93	62.3±1.84	soft	2	high
3	Inpari 16	20.64±0.39	66.1±0.85	soft	2	high
4	Inpari 20	21.11±0.45	65.9±0.84	soft	2	high
5	Inpari 30	21.82±0.45	65.9±0.81	soft	2	high
6	Sintanur	19.16±1.44	64.8±0.07	soft	5	intermediate
7	Cihereang	20.56±0.37	65.0±0.07	soft	1	high
8	Mekongga	22.55±0.96	65.2±0.21	soft	2	high
9	Situ Bagendit	21.88±0.49	62.3±1.84	soft	1	high
10	Situ	21.86±0.47	64.0±0.64	soft	2	high
	Average	**21.19**	**64.9**			
		6 months of storage (November 2015)				
1	Inpari 10	22.89±0.83	67.1±1.7	soft	2	high
2	Inpari 13	20.23±1.05	63.2±1.06	soft	2	high
3	Inpari 16	21.56±0.11	65.5±0.57	soft	2	high
4	Inpari 20	22.20±0.35	66.4±1.2	soft	2	high
5	Inpari 30	21.66±0.08	65.9±0.85	soft	2	high
6	Sintanur	19.74±1.39	64.8±0.07	soft	5	intermediate
7	Cihereang	21.09±0.44	64.7±0.0	soft	2	high
8	Mekongga	22.94±0.87	65.2±0.35	soft	2	high
9	Situ Bagendit	21.45±0.52	59.6±3.6	soft	1	high
10	Situ	22.31±0.42	64.3±0.28	soft	1	high
	Average	**21.71**	**64.7**			

* IRRI [17]; **WAR = water absorption ratio; ***VER = volume expansion ratio

สรุป

ระยะเวลาการเก็บรักษาเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่ออายุการเก็บรักษาข้าว โดยมีอุณหภูมิเป็นตัวแปรสำคัญทำให้คุณภาพทางกายภาพคุณภาพทางเคมี และ คุณภาพการหุงต้มและรับประทานของข้าวเปลี่ยนแปลงไป การเก็บรักษาข้าวเป็นระยะเวลานานมีผลทำให้น้ำหนักความกว้างและความหนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น ปริมาณคาร์โบไฮเดรตและอะไมโลสเพิ่มขึ้น แต่ปริมาณไขมันและความหอมลดลง นอกจากนี้ยังพบว่าในระหว่างการเก็บรักษาข้าวที่อุณหภูมิสูงขึ้นมีผลต่อการดูดซับน้ำและอัตราการยืดตัวของข้าวเพิ่มขึ้น ระยะเวลาในการหุงต้มมากขึ้น และเมื่อนำข้าวเก่ามาหุงเป็นข้าวสวย ข้าวสุกจะร่วนและเหนียวเกาะติดกันน้อยลง

อ้างอิง

นันทิยา พนมจันทร์ และจตุพร ไกรถาวร. 2565. คุณภาพทางกายภาพและการหุงต้มของข้าวนาสวนพื้นเมือง 16 พันธุ์ในจังหวัดพัทลุง แก่นเกษตร. 50 (3) 1727-1737.

ละมุล วิเศษ, 2555 ปัจจัยที่ส่งผลกระทบต่อคุณภาพด้านการหุงต้มของข้าว วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา. 17 1 : 172-180.

วราภรณ์ กันทะวงค์ ศันสนีย์ จำจด นริศ ยิ้มแย้ม และ ชนากานต์ เทโบลต์ พรมอุทัย. 2558. ความแปรปรวนของคุณภาพการหุงต้มในข้าวพันธุ์พื้นเมือง จากจังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และแม่ฮ่องสอน. แก่นเกษตร. 43 (4) : 687-698.

อภิวัฒน์ อินทร์นก และพักตร์เพ็ญ ภูมิพันธ์. 2559. ผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อคุณภาพข้าวขาวดอกมะลิ 105 ที่ปลูกโดยใช้ปุ๋ยอินทรีย์และปุ๋ยเคมี. **TIST**. 5 (3), 234-243.

อรอนงค์ นัยวิกุล. 2550. ข้าว: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. *มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ. 366 หน้า*

อารีรัตน์ อิ่มศิลป์ และ กิตติศักดิ์ วสันติวงศ์. 2556. การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเร่งความเก่า ของข้าวเปลือกหอมมะลิโดยการอบลมร้อน. พระจอมเกล้าพระนครเหนือ. 23 (2), 419-430.

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

Fitzgerald M, Mc Couch S, Hall R 2009 Not just a grain of rice: the quest for quality. Trends Plant Sci 14(3):133–139.

Juliano, B.O. 1971. A simplified assay for milled rice amylase. Cereal Sci. Today 16: 334-338.

Jumali, B Kusbiantoro, D D Handoko. 2021 Changes in the quality of some improved rice grain varieties during storage. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sci. 828 012021.

Waters, D. L. E., Henry, R. J., Reinke, R. F. & Fitzgerald, M. A. 2006. Gelatinization temperature of rice explained bypolymorphisms in starch synthase. Plant Biotechnol. J. 4(1), 115–122.