

คุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของข้าวกล้องหอมมะลิแดงระหว่างการพัฒนา ของเมล็ดข้าวสามระยะ

Physical and chemical properties of Hom Mali Deang brown rice at 3-stages of grain development

อังคณา จันทรพลพันธ์^{1*} วิษณาด สกุนวิวัฒน์¹ และ มณีรัตน์ มีแก้ว¹

Angkana Chantaraponpan^{1*}, Wichanard Sakunwiwat¹ and Maneerat Meekeaw¹

บทคัดย่อ: ศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพ และเคมีของข้าวหอมมะลิแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในช่วงการพัฒนาของเมล็ด 3 ระยะ คือระยะหลังออกดอก 30, 37 และ 41 วัน พบว่าระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดหลังการออกดอกไม่มีผลต่อน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวของเมล็ดข้าวหอมมะลิแดง ($p>0.05$) แต่ค่าสี a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) ของเมล็ดข้าวเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น ($p\leq 0.05$) ข้าวหอมมะลิแดงหุงสุกจากการเก็บเกี่ยวเมื่อระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดเป็น 41 วันมีความแข็งสูงสุด ค่า final viscosity และ setback ของแป้งลดลงเมื่อระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดเพิ่มขึ้น แต่ไม่พบผลของเวลาในการพัฒนาเมล็ดหลังการออกดอกต่อ final viscosity, trough, breakdown และ pasting temperature ของแป้งข้าวหอมมะลิแดง ($p>0.05$) ระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดหลังการออกดอกมีผลต่อปริมาณอะมิโลส แอนโทไซยานิน และฟีนอลิกทั้งหมด ($p\leq 0.05$) ข้าวหอมมะลิแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยวเมื่อระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดเป็น 41 วันมีปริมาณอะมิโลส (ร้อยละ 8.46) และแอนโทไซยานิน (11.88 มิลลิกรัมไซยานิดิน-3-กลูโคไซด์ในตัวอย่าง 100 กรัมน้ำหนักแห้งของแป้ง) สูงที่สุด ในขณะที่ระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ด 30 วันให้ข้าวหอมมะลิแดงที่มีปริมาณ ฟีนอลิกทั้งหมด (83.92 มิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งของแป้ง) สูงที่สุด

คำสำคัญ: ความแข็ง, อะมิโลส, ฟีนอลิก, แอนโทไซยานิน, หอมมะลิแดง

ABSTRACT: Physical, and chemical properties of Hom Mali Deang rice at 30-, 37-, and 41-days of grain development after flowering were investigated. There was no significant effect of the day of grain development on kernel weight, width and length ($p>0.05$). On the other hand, the color parameters a^* (redness-greeness) increased with increasing the day of grain development ($p\leq 0.05$). Highest hardness of cooked rice was found in the 41-day. The final viscosity and the setback of Hom Mali Deang rice decreased with increasing the day of grain development ($p\leq 0.05$). But the peak viscosity, trough, breakdown and pasting temperature were not affected by the day of grain development ($p>0.05$). Amylose, anthocyanins and total phenolic contents of the Hom Mali Deang rice were significantly affected by the day of grain development ($p\leq 0.05$). Hom Mali Deang rice at 41-days of grain development showed the highest content of amylose (8.46%) and anthocyanin (11.88 mg Cyanidin-3-glucoside/100 g db), while the highest content of total phenolic content (83.92 mg GAE/100 g db) was found in the 30-days of grain development.

Keywords: Hardness, amylose, phenolics anthocyanins

¹ สาขาวิชาเทคโนโลยีการอาหารและโภชนาการ, คณะเทคโนโลยี, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Department of Food Technology and Nutrition, Faculty of Technology, Mahasarakham University

* Corresponding author:

บทนำ

ข้าวหอมมะลิแดงเป็นข้าวพันธุ์พื้นเมืองที่กลายพันธุ์มาจากข้าวขาวดอกมะลิ 105 (เกษตรและสหกรณ์, 2560) ลักษณะประจำพันธุ์ที่สำคัญคือเยื่อหุ้มเมล็ด (Pericarp) มีสีแดงเข้ม ลักษณะของสีแดงเข้มนี้อาจเกิดจากพฤษเคมีบางชนิด เช่น แอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ละลายน้ำได้จัดอยู่ในกลุ่มของสารประกอบฟีนอลิก ให้สีแตกต่างกันตั้งแต่สีแดง น้ำเงิน และม่วงขึ้นอยู่กับค่าความเป็นกรดต่าง (Castañeda-Ovando et al., 2009) แอนโทไซยานินมีประโยชน์ต่อสุขภาพหลายด้าน เช่น มีคุณสมบัติในการยับยั้งการเติบโตของเซลล์มะเร็ง ดังนั้นจึงช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคมะเร็ง ช่วยลดปริมาณคอเลสเตอรอล ช่วยควบคุมภาวะของการเกิดโรคหัวใจ ป้องกันการอักเสบ ป้องกันการเป็นโรคอ้วน ควบคุมเบาหวาน เป็นสารต้านจุลินทรีย์ นอกจากนี้ยังสามารถป้องกัน DNA จากความเสียหายเนื่องจากการเกิดออกซิเดชันได้อีกด้วย (Kong et al., 2003; Wang and Xu, 2007; Kapcum et al., 2015) นอกจากแอนโทไซยานินแล้วยังพบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพในเมล็ดข้าวอีกหลายชนิด ได้แก่ แกมมา-ออริซานอล โทโคฟีรอล และสารประกอบ ฟีนอลิก พิเศษบางประเภท เช่น กรดเฟอรูลิก กรดพาราควมาริก และไดเฟอรูลิก ที่พบน้อยมากในผัก และผลไม้แต่พบมากในเมล็ดข้าว (Adom & Liu, 2002) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพเหล่านี้มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ข้าวที่มีสีได้รับความนิยมเป็นอย่างมากจากผู้บริโภคในยุคปัจจุบันที่ให้ความสนใจในเรื่องของสุขภาพ

ระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดข้าวมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (Lin and Lai, 2011) ดังนั้นนักวิจัยหลายคนจึงได้ศึกษาผลของระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดต่อการเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าว เช่น Jiamyangyuen, Nuengchamnong, and Ngamdee (2017) ศึกษา

การเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของข้าวมะลิแดงหลังการออกดอก 7 วัน (ระยะเริ่มออกดอก), 14 วัน (ระยะเป็นน้ำนม), 21 วัน (ระยะเป็นเนื้อเมล็ด), 28 วัน (ระยะเริ่มแก่), และ 35 วัน (ระยะแก่เต็มที่) และรายงานพบว่าพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และโปรแอนโทไซยานินดินทั้งหมดในข้าวมะลิแดงหลังการออกดอกเป็นเวลา 7 - 28 วัน และ 14 - 35 วันตามลำดับ Shao et al. (2014) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวสีแดงในระหว่างการพัฒนาของเมล็ดหลังการออกดอกเป็นเวลา 4 ระยะ คือ 1, 2, และ 3 อาทิตย์หลังการออกดอก และเมล็ดที่แก่ (6 อาทิตย์หลังการออกดอก) และพบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (200.98 mg GAE/100 g) มากที่สุดในเมล็ดหลังการออกดอก 1 อาทิตย์ และมีปริมาณลดลงตามการเพิ่มขึ้นของระยะเวลาในการพัฒนาเมล็ด ($p < 0.05$) เมธพร อังคณา และทัตดาว (2561) ศึกษาปริมาณสารพฤษเคมีในข้าวเหนียวแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยวในช่วงการพัฒนาของเมล็ด 3 ระยะ คือระยะหลังออกดอก 30, 37 และ 51 วัน และพบว่าข้าวเหนียวแดงมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดอยู่ในช่วง 198.55-424.50 mg GAE/100 g db โดยมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุดเมื่อเก็บเกี่ยวหลังการออกดอก 30 วัน ($p < 0.05$) ในขณะที่ระยะเวลาในการเก็บเกี่ยว 3 ระยะหลังการออกดอกไม่มีผลต่อปริมาณแอนโทไซยานินของข้าวเหนียวแดง ($p < 0.05$) นอกจากสารพฤษเคมีแล้วยังมีรายงานว่าระยะเวลาในการพัฒนาของเมล็ดหลังการออกดอกมีผลต่อปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีอื่นๆ และคุณสมบัติทางกายภาพของข้าวหอมมะลิแดงระหว่างการพัฒนาของเมล็ดข้าวยังมีอยู่น้อย ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาของเมล็ดข้าวในระยะที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของข้าวหอมมะลิแดง

วิธีการศึกษา

ตัวอย่างข้าวและการเตรียมตัวอย่างแป้งข้าว

ข้าวหอมมะลิแดง ปลูกในฤดูนาปี 2558 ณ จังหวัดร้อยเอ็ด เก็บเกี่ยวระหว่างการพัฒนาของเมล็ดข้าวหลังช่วงเมล็ดสุกแก่ 3 ระยะ คือ ระยะหลังการออกดอก 30 วัน (ระยะที่ 1) 37 วัน (ระยะที่ 2) และ 41 วัน (ระยะที่ 3) นำไปสีกะเทาะเปลือกโดยไม่ผ่านการขัดสีเพื่อให้ได้ข้าวกล้อง คัดเมล็ดข้าวกล้องที่มีสภาพสมบูรณ์จำนวน 2500 กรัม จากนั้นแบ่งข้าวกล้องหอมมะลิแดงออกเป็น 2 ส่วน ส่วนละ 1,250 กรัม ส่วนที่หนึ่งเก็บในถุงพลาสติกกันความชื้นในรูปของข้าวเต็มเมล็ด ส่วนที่สองจำนวน 1,250 กรัม นำไปบด และร่อนผ่านตะแกรงขนาด 80 เมช บรรจุในถุงอลูมิเนียมฟอยล์ และเก็บที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อใช้ในการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมี

การตรวจสอบคุณสมบัติทางกายภาพ

น้ำหนักของเมล็ด โดยชั่งน้ำหนักข้าว 100 เมล็ด ใช้เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง **วัดความกว้าง และความยาวของเมล็ด** โดยใช้ Vernier Caliper และ คำนวณหาอัตราส่วนของความยาวต่อความกว้าง **ตรวจวัดค่าสี L^* (ความสว่าง), a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) และ b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) ของเมล็ดข้าวกล้อง** โดยใช้เครื่องวัดสี Minolta Chroma Meter รุ่น CR-400 (Minolta, Osaka, Japan) **ความหนาแน่นโดยรวมของเมล็ด** โดยการแทนที่ด้วยทราย ดัดแปลงจาก Doehlert and McMullen (2008) **ลักษณะเนื้อสัมผัสของข้าวกล้องหุงสุก** ดัดแปลงจากวิธีของ Li et al. (2016) โดยศึกษา ลักษณะเนื้อสัมผัสแบบวิเคราะห์เคี้ยวโครงเนื้อสัมผัส (Texture profile analysis: TPA) ด้วยเครื่อง Texture analyzer (รุ่น TA.XTplus, United Kingdom) หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 mm (P/35) ระยะทางที่หัววัดกดตัวอย่าง 90% strain ความเร็วก่อนวัด ชนวัด และหลัง วัด 1 mm/s บันทึกค่า Hardness และ Stickiness ของข้าวกล้องหุงสุก ทำการทดลอง 3 ซ้ำ **ศึกษาการเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะให้ความร้อน (Pasting properties) ของแป้งข้าว**

กล้องหอมมะลิแดงความเข้มข้นร้อยละ 10 โดยใช้เครื่อง Rapid Visco Analyser (Newport Scientific, model RVA-4) พารามิเตอร์ที่ศึกษา ได้แก่ Peak viscosity, Trough, Breakdown, Final viscosity, Setback, Peak time และ Pasting temperature

การตรวจสอบคุณสมบัติทางเคมี

ปริมาณความชื้น โดยการอบไล่ความชื้นที่อุณหภูมิ 105°C ด้วยตู้อบลมร้อน เป็นเวลา 3 ชั่วโมง หรือจนน้ำหนักคงที่ จากนั้นนำตัวอย่างที่อบจนน้ำหนักคงที่ใส่ใน Desiccators ให้เย็นลง แล้วชั่งน้ำหนัก และคำนวณหาปริมาณความชื้น (AOAC, 2000), **ปริมาณอะไมโดส** (Juliano, 1972), **ปริมาณสารฟีนอลิกทั้งหมด** ดัดแปลงจากวิธีของ Kubola et al. (2011) ใช้กรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน ปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดแสดงในหน่วยมิลลิกรัมสมมูลย์กรดแกลลิกต่อ 100 กรัม น้ำหนักแห้งของแป้ง (mg GAE/100 g flour, db.) และ **ปริมาณแอนโทไซยานิน** ดัดแปลงจากวิธีของ Giusti and Wrolstad (2001) รายงานผลในรูปของมิลลิกรัม ไชยานิน-3-กลูโคไซด์ในตัวอย่ง 100 กรัม น้ำหนักแห้งของแป้ง (mg cyanidin-3-glucoside/100 g flour, db.)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์

วางแผนการทดลองแบบ Randomized Complete Block Design แสดงข้อมูลในรูปค่าเฉลี่ย $\pm$ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS version 23 (SPSS, USA)

ผลการศึกษาและวิจารณ์

คุณสมบัติทางกายภาพของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวระหว่างการพัฒนาของเมล็ดข้าวหลังเมล็ดสุกแก่ 3 ระยะคือ ระยะหลังการออกดอก 30 วัน (ระยะที่ 1), 37 วัน (ระยะที่ 2), และ 41 วัน (ระยะที่ 3) แสดงดัง Table 1 ผลการทดลอง

พบว่าน้ำหนัก ความกว้าง และความยาวของข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะ ไม่มีความแตกต่างกัน ($p > 0.05$) ในขณะที่ความหนาแน่นโดยรวมของข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 1 (0.75 g/ml) มีค่าน้อยกว่าความหนาแน่นโดยรวมของข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 2 และ 3 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) พบว่าค่า L^* (ความ

สว่าง), ค่า a^* (ความเป็นสีแดง-เขียว) และค่า b^* (ความเป็นสีเหลือง-น้ำเงิน) ของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิแดงทั้ง 3 ระยะแตกต่างกัน ($p < 0.05$) โดยค่า a^* เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บเกี่ยวหลังออกดอกที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ซึ่งเห็นว่าเมล็ดข้าวมีความเป็นสีแดงมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บเกี่ยวหลังออกดอกที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ค่า L^* และค่า b^* ของเมล็ดข้าว

Table 1 Physical properties of red-jasmine brown rice at 3-stages of grain development

Physical properties	Stages of grain development		
	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Weight(g/100 grains) ^{ns**}	2.46 ± 0.07	2.50 ± 0.02	2.47 ± 0.05
Length (mm) ^{ns}	7.65 ± 0.15	7.87 ± 0.28	7.83 ± 0.16
Width(mm) ^{ns}	1.79 ± 0.10	1.90 ± 0.13	1.91 ± 0.14
Bulk density (g/ml)	0.75 ± 0.01 ^b	0.78 ± 0.01 ^a	0.78 ± 0.00 ^a
Colour			
L^*	46.23 ± 1.54 ^{a*}	43.09 ± 0.75 ^b	43.81 ± 1.14 ^b
a^*	5.21 ± 0.35 ^c	6.32 ± 0.85 ^b	7.29 ± 0.84 ^a
b^*	8.81 ± 1.03 ^a	6.99 ± 0.69 ^c	7.81 ± 1.41 ^b
Texture properties			
Hardness (g)	4924.44 ± 59.77 ^b	5807.79 ± 97.6 ^a	6022.17 ± 181.38 ^a
Stickiness (g.s)	-403.07 ± 63.69 ^a	-659.65 ± 124.23 ^b	-742.10 ± 58.38 ^b

* Values within the same row followed by the different letter are significantly different ($p \leq 0.05$).

**^{ns} = Not significant ($p > 0.05$)

*** Stages of grain development; Stage 1 = 30-days of grain development after flowering, Stage 2 = 37-days of grain development after flowering, Stage 3 = 41-days of grain development after flowering.

กล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 1 (46.23 และ 8.81 ตามลำดับ) มีค่าสูงกว่าเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 2 และ 3 ($L^* = 43.09$ และ 43.81, $b^* = 6.99$ และ 7.81 ตามลำดับ) ($p < 0.05$) นั่นคือเมล็ดข้าวมีสีคล้ำ และให้มีสีเข้าใกล้สีน้ำเงินมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บเกี่ยวหลังออกดอกที่เพิ่มขึ้น

ค่า Hardness และ Stickiness ของข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุกที่ได้จากการเก็บเกี่ยวที่แตกต่างกัน 3 ระยะมีความแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุกที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 3 มีค่า Hardness (6022.17 g) สูงกว่าข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุกที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2

ผลการศึกษาพฤติกรรมการเปลี่ยนแปลงความหนืดขณะร้อนของข้าวกล้องหอมมะลิแดง 3 ระยะ พบว่า Peak viscosity, Trough, Breakdown และ Pasting temperature ของข้าวกล้องหอมมะลิแดงทั้ง 3 ระยะมีค่าไม่แตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) (Table 2) Final viscosity และ Setback ของแป้งข้าวกล้องหอมมะลิแดงลดลงเมื่อระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวเพิ่มขึ้น ($p \leq 0.05$) แป้งจากข้าวหอมมะลิแดงในระยะที่ 1 มีค่า Setback สูงกว่าแป้งจากข้าวหอมมะลิแดงในระยะที่ 2 และ 3 ($p \leq 0.05$) ซึ่งเห็นว่าแป้งจากข้าวหอมมะลิแดงในระยะที่ 1 มีแนวโน้มในการขึ้นรูปเป็นเจลได้ดี รวมถึงให้เจลที่แข็งแรงกว่า

Table 2 Pasting parameters of red-jasmine brown rice at 3-stages of seed development.

Pasting parameters	Stages of seed development		
	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Peak viscosity (RVU) ^{ns**}	219.47 ± 19.25	221.22 ± 8.67	202.58 ± 6.87
Trough(RVU) ^{ns}	125.58 ± 5.49	131.58 ± 2.42	124.29 ± 1.51
Breakdown(RVU) ^{ns}	93.89 ± 14.48	89.64 ± 6.30	77.86 ± 5.38
Final viscosity (RVU)	228.27 ± 9.69 ^a	217.33 ± 2.49 ^{ab}	208.86 ± 4.36 ^b
Setback (RVU)	102.69 ± 4.21 ^a	85.75 ± 0.36 ^b	84.14 ± 2.85 ^b
Peak time(min) ^{ns}	5.46 ± 0.17	5.55 ± 0.75	5.55 ± 0.04
Pasting temperature(°C) ^{ns}	72.03 ± 1.24	72.36 ± 0.93	72.42 ± 0.41

* Values within the same row followed by the different letter are significantly different ($p \leq 0.05$).

**^{ns} = Not significant ($p > 0.05$)

*** Stages of grain development; Stage 1 = 30-days of grain development after flowering, Stage 2 =37-days of grain development after flowering, Stage 3 =41-days of grain development after flowering.

แบ่งที่ได้จากระยะที่ 2 และ 3 Peak time และ Pasting temperature ของแบ่งข้าวหอมมะลิแดง 3 ระยะมีค่าอยู่ในช่วง 5.46-5.55 นาที และ 72.03-72.42°C ตามลำดับ ทั้งนี้ Peak time และ Pasting temperature ของแบ่งข้าวหอมมะลิแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะที่แตกต่างกันมีค่าไม่แตกต่างกันทางสถิติ ($p > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ผลต่อปริมาณอะมิโลสของข้าวกล้องหอมมะลิแดง ($p < 0.05$) (Table 3) ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1, 2 และ 3 มีอะมิโลสเป็น 4.34,

5.59 และ 8.46% ตามลำดับ ($p < 0.05$) ปริมาณอะมิโลสมีความสำคัญต่อคุณสมบัติเชิงหน้าที่ และคุณภาพในการหุงต้ม นอกจากนี้ยังใช้ในการจำแนกประเภทของข้าวอีกด้วย โดยทั่วไปข้าวที่มี อะมิโลสสูงในระหว่างการหุงต้มจะดูดน้ำได้มากกว่าทำให้ข้าวสุกมีความเหนียวลดลงจึงร่วนกว่า และแข็งกว่าข้าวที่มีอะมิโลสดำ (Julino, 1972) ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่แตกต่างกันมีปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 3 มีแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าว

Table 3 Chemical compositions and bioactive compounds of red-jasmine brown rice at 3-stages of seed development*

Pasting parameters	Stages of seed development		
	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Moisture content (%) ^{ns**}	11.57 ± 0.23	11.55 ± 0.14	11.06 ± 0.62
Amylose content (%)	4.34 ± 0.05 ^c	5.59 ± 0.07 ^b	8.46 ± 0.13 ^a
Anthocyanin content (mg Cyanidin-3-glucoside/100 g db)	6.28 ± 0.54 ^b	6.46 ± 0.97 ^b	11.88 ± 0.55 ^a
Phenolic content (mg GAE/100 g flour db)	83.92 ± 0.38 ^a	60.27 ± 0.32 ^b	37.68 ± 0.40 ^c

* Values within the same row followed by the different letter are significantly different ($p \leq 0.05$).

**^{ns} = Not significant ($p > 0.05$)

*** Stages of grain development; Stage 1 = 30-days of grain development after flowering, Stage 2 =37-days of grain development after flowering, Stage 3 =41-days of grain development after flowering.

กล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 ($p < 0.05$) Jiamyangyuen, Nuengchamnong, and Ngamdee (2017) รายงานว่าไม่พบแอนโทไซยานินในข้าวมะลิแดงหลังการออกดอก 7 – 35 วัน แต่พบโปรแอนไซยานินทั้งหมดในข้าวมะลิแดงหลังการออกดอกเป็นเวลา 14 - 35 วัน (2.5 – 58.1 mg CE/100 g dw) อย่างไรก็ตาม Kapcum et al. (2016) พบว่าข้าวหอมมะลิแดงมีแอนโทไซยานินสูงถึง 28.42 mg Cy-3-G eq/ 100 g ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1, 2 และ 3 มีฟีนอลิกทั้งหมด 83.92, 60.27 และ 37.68 mg GAE/100 g flour db ตามลำดับ นั่นคือปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดลดลงตามระยะการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) และข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 มีฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด ($p < 0.05$) Jiamyangyuen, Nuengchamnong, and Ngamdee (2017) พบว่าข้าวมะลิแดงหลังการออกดอก 7 – 35 วันมีฟีนอลิกทั้งหมด (55-141 mg GE/100 g dw g) สูงกว่าที่พบในข้าวกล้องหอมมะลิแดงในงานวิจัยนี้ ความแตกต่างนี้อาจเกิดจากหลายปัจจัย ได้แก่ พื้นที่ในการปลูก สภาพภูมิอากาศ และการเก็บรักษาเมล็ดข้าวในระหว่างการทดลองที่อาจแตกต่างกัน เป็นต้น ในปี 2011 Lin & Lai รายงานไว้ว่าสารประกอบฟีนอลิกที่พบในเมล็ดข้าวส่วนใหญ่มักอยู่ในรูปแบบของ Hydroxycinnamic และ Hydroxybenzoic acids

สรุป

ศึกษาการพัฒนาของเมล็ดข้าวหลังการออกดอกในเวลาที่แตกต่างกัน 3 ระยะคือ ระยะหลังการออกดอก 30 วัน ระยะหลังออกดอก 37 วัน และระยะหลังออกดอก 41 วันต่อการเปลี่ยนแปลงคุณสมบัติทางเคมี และกายภาพของข้าวหอมมะลิแดง ผลการทดลองสรุปได้ว่า น้ำหนัก ความกว้าง และความยาวของข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ได้จากการเก็บเกี่ยว 3 ระยะไม่มีความแตกต่างกัน ($p \geq 0.05$) ค่าสี L^* และ b^* ของเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 1 มีค่าสูงกว่าเมล็ดข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 2 และ 3 ($p < 0.05$) ค่าสี a^* เพิ่มขึ้นตามระยะการเก็บ

เกี่ยวหลังออกดอกที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$) ค่าดังกล่าวชี้ให้เห็นว่าเมล็ดข้าวค้ำขึ้น มีความเป็นสีน้ำเงิน และสีแดงมากขึ้นเมื่อเวลาในการเก็บเกี่ยวหลังการออกดอกเพิ่มขึ้น แปรจากข้าวหอมมะลิแดงในระยะที่ 1 มีแนวโน้มในการขึ้นรูปเป็นเจลได้ดี รวมถึงให้เจลที่แข็งแรงกว่าแป้งที่ได้จากระยะที่ 2 และ 3 เนื่องจากมีค่า Setback ที่สูงกว่า ($p < 0.05$) อะมิโลสของข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 3 มีปริมาณสูงที่สุด ($p < 0.05$) จึงส่งผลให้มีค่า Hardness สูงกว่าข้าวกล้องหอมมะลิแดงหุงสุกที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 ($p < 0.05$) ข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่แตกต่างกันมีปริมาณแอนโทไซยานินแตกต่างกัน ($p < 0.05$) ข้าวกล้องหอมมะลิแดงระยะที่ 3 มีแอนโทไซยานินสูงกว่าข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เก็บเกี่ยวในระยะที่ 1 และ 2 ($p < 0.05$) ตรงข้ามกับปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่ลดลงตามระยะการเก็บเกี่ยวที่เพิ่มขึ้น ($p < 0.05$)

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองนี้สามารถนำไปใช้ในการเลือกระยะเวลาในการเก็บเกี่ยวข้าวที่มีคุณสมบัติทางกายภาพ เคมี และปริมาณพฤกษเคมีต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการนำไปประยุกต์ใช้เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์อาหาร และการเลือกข้าวกล้องหอมมะลิแดงที่เหมาะสมต่อความต้องการของผู้บริโภคเฉพาะรายต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- เกษตรและสหกรณ์, กระทรวง, กรมการข้าว. 2560. ข้าวหอมมะลิแดง. <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=11>. ค้นเมื่อ 7 ตุลาคม 2561.
- เมธาพร ผลวา, อังคณา จันทร์พลพันธ์, และทัตตาว ภาชีผล. 2561. คุณลักษณะทางเคมี และกายภาพของข้าวเหนียวแดงระหว่างการพัฒนาของเมล็ดข้าว 3 ระยะหลังการออกดอก. แก่นเกษตร 46 ฉบับพิเศษ 1 : 526-532.

- Adom, K.K. and Liu, R.H. 2002. Antioxidant activity of grains. *J. Agric. Food Chem.* 50: 6182-6187. AOAC, 2000. Official methods of analysis. Association of Official Analytical Chemists International. Maryland, USA.
- Castañeda-Ovando, A., M.D.L. Pacheco-Hernández, M.E. Pérez-Hernández, J.A. Rodríguez, and C.A. Galán-Vidal. 2009. Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chem.* 113: 859-871.
- Doehlert, D. C., and McMullen, M. S. 2008. Oat grain density measurements by sand displacement and the analysis of physical components of test weight. *Cereal Chem.* 85:654-659
- Doehlert, D. C., and McMullen, M. S. 2008. Oat grain density measurements by sand displacement and the analysis of physical components of test weight. *Cereal Chem.* 85:654-659
- Doehlert, D. C., and McMullen, M. S. 2008. Oat grain density measurements by sand displacement and the analysis of physical components of test weight. *Cereal Chem.* 85:654-659
- Doehlert, D. C., and McMullen, M. S. 2008. Oat grain density measurements by sand displacement and the analysis of physical components of test weight. *Cereal Chem.* 85:654-659
- Giusti, M.M. and R.E. Wrolstad. 2001. Anthocyanins. Characterization and Measurement of Anthocyanins by UV-Visible Spectroscopy. In: Wrolstad, R., Ed., *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*, John Wiley & Sons, Inc., New York, F1.2.1-F1.2.13.
- Jiamyangyuen, S. N. Nuengchamnong, P. Ngamdee. 2017. Bioactivity and chemical components of Thai rice in five stages of grain development. *J CEREAL SCI.* 74: 136-144.
- Julino, B. O. 1972. Physicochemical properties of starch and protein in relation to grain quality and nutritional value of rice. P.389-405. In: IRRI. *Rice Breeding*. Los Baños, Philippines.
- Kapcum, N., J. Uriyapongson, I. Alli, and S. Phimphilai. 2016. Anthocyanins, phenolic compounds and antioxidant activities in colored corn cob and colored rice bran. *IFRJ.* 23: 2347-2356.
- Kong, J.-M., L. -S. Chia, N. -K. Goh, T.-F. Chia, and R. Brouillard. 2003. Analysis and biological activities of anthocyanins. *Phytochemistry*, 64: 923-933.
- Kubola, J. S. Siriamornpun, and N. Meeso. 2011. Phytochemicals, vitamin C and sugar content of Thai wild fruits. *Food Chem.* 126: 972-981.
- Li, H., T. M. Prakash, M. A. Nicholson, R. Fitzgerald, and R. G. Gilbert. 2016. Instrumental measurement of cooked rice texture by dynamic rheological testing and its relation to the fine structure of rice starch. *Carbohydr. Polym.* 146: 253-263.

- Lin, P. Y., and H.M. Lai. 2011. Bioactive compounds in rice during grain development. *Food Chem.*127: 86–93.
- Shao,Y., X. Feifei, S. Sun, B. Jinsong, and B. Trust. 2014. Phenolic acids, anthocyanins, and antioxidant capacity in rice (*Oryza sativa* L.) grains at four stages of development after flowering. *Food Chem.*143:90- 96.
- Wang,W.D., and S.Y., Xu. 2007. Degradation kinetics of anthocyanins in blackberry juice and concentrate. *J. Food Eng.* 82: 271–275.