PRAWARUN AGRICULTURAL JOURNAL

https://li01.tci-thaijo.org/index.php/pajrmu/index

บทความวิจัย

ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและไฟโตสเตอรอลในข้าวไทยบางชนิด

วีระชาติ นันตะเวช สำราญ พิมราช และ พรพิษณุ ธรรมปัทม์*

สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม อำเภอเมือง จังหวัดมหาสารคาม 44000

ข้อมูลบทความ

Article history
รับ: 23 สิงหาคม 2566
แก้ไข: 29 กันยายน 2566
ตอบรับการตีพิมพ์: 31 ตุลาคม 2566
ตีพิมพ์ออนไลน์: 15 พฤศจิกายน 2566

คำสำคัญ
เวลา
การงอก
สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ
ข้าวกล้อง

บทคัดย่อ

ข้าวประกอบด้วยแกลบ เอนโดสเปิร์มและชั้นรำ ซึ่งมีส่วนประกอบทางโภชนาการและหน้าที่ทางชีวภาพที่หลากหลาย การงอกเป็นเทคนิคหนึ่งในการปรับปรุงเนื้อสัมผัสและคุณภาพทางโภชนาการของข้าว โดยทำการงอกข้าวกล้องนิลสุรินทร์ ไรซ์เบอรี่ และทับทิมชุมแพ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง เปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอล ผลการศึกษาพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอลของข้าวนิลสุรินทร์ ไรซ์เบอรี่ และทับทิมชุมแพ มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเมื่อระยะเวลาในการงอกที่นานขึ้น การงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณไฟโตสเตอรอลสูงสุด ($p<0.05$) อย่างไรก็ตามปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงสุด เมื่อทำการงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง ($p<0.05$)

บทนำ

ข้าวเป็นพืชในตระกูลหญ้า (Graminaceae) จัดเป็นกลุ่มอาหารหลักที่เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตของประชากรมากกว่าครึ่งโลก มีการปลูกและบริโภคอย่างแพร่หลายในฐานะอาหารที่บริโภคประจำวันโดยไม่ต้องปรุงรสร่วมกับอาหารชนิดอื่น ๆ (Hu et al., 2023) ข้าวเป็นอาหารหลักของคนไทยมาตั้งแต่ครั้งบรรพกาลและถือเป็นชีวิตวิญญาณของคนไทย การทำนาจึงเป็นอาชีพหลักของประชาชนส่วนใหญ่ของประเทศ และถือได้ว่าข้าวเป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญยิ่งที่นำรายได้จำนวนมากเข้าสู่ประเทศ (ORDPB, 2017) ข้าวจัดเป็นผลิตผลทางการเกษตรของไทยที่มีปริมาณผลผลิตเป็นอันดับหนึ่งมาหลายทศวรรษติดต่อกัน การส่งออกข้าวของไทยในปี พ.ศ. 2565 มีปริมาณการส่งออกถึง 7.69 ล้านตัน โดยปริมาณส่งออกเพิ่มขึ้น 22.10 % เมื่อเทียบช่วงเดียวกันของปีก่อน โดยประเทศผู้นำเข้าข้าวไทย 5 อันดับแรก ประกอบด้วยอิรัก แอฟริกาใต้ จีน สหรัฐอเมริกา และเบนิน (Office of agricultural economics, 2023)

ข้าวเป็นธัญชาติชนิดหนึ่งซึ่งได้มาจากเมล็ดของธัญพืชพวกหญ้า สามารถเจริญเติบโตได้ในลักษณะภูมิประเทศและภูมิอากาศที่แตกต่างกันทั้งในเขตร้อน (tropical zone) และเขตอบอุ่น (temperate zone) ซึ่งโครงสร้างเมล็ดข้าวประกอบด้วยเปลือกแข็งหุ้มเมล็ดหรือแกลบ (hull) ทำหน้าที่หุ้มเมล็ดเอาไว้ภายในเปลือกหุ้มผล (pericarp) เป็นเซลล์รูปแท่งห่อหุ้มรอบเมล็ด เมล็ด (seed) ภายในเมล็ดประกอบด้วยเปลือกหุ้มเมล็ด (tegmen หรือ seed coat) เป็นผนังเซลล์บาง รูปร่างยาวรี อุดมไปด้วยไขมัน จึงทำให้มีคุณสมบัติในการป้องกันน้ำไม่ให้เข้าสู่เนื้อเมล็ด ส่วนชั้นเยื่อโปร่งใส (hyaline layer หรือ nucellus) อยู่ติดกับชั้นเปลือกหุ้มเมล็ดประกอบด้วยสารให้สี ถัดมาเป็นชั้นเยื่อหุ้มเมล็ด (aleurone layer) มีลักษณะเซลล์รูปสี่เหลี่ยมลูกบาศก์และมีนิวเคลียสอยู่ตรงกลาง ประกอบด้วยโปรตีน เฮมิเซลลูโลส และเซลลูโลส ชั้นต่อมาเป็นคัพภะ (germ หรือ embryo) เป็นส่วนที่เรียกว่าจมูกข้าวเป็นตำแหน่งรวมของส่วนที่จะงอกเป็นต้นข้าวต้นใหม่ คัพภะเป็นส่วนที่จะงอกเป็นยอดอ่อน (plumule) และส่วนที่จะงอกเป็นรากกำเนิด (radicle) และส่วนเนื้อเมล็ด (endosperm) มีประมาณ 68-70 % ของเมล็ดข้าว ภายในเซลล์ประกอบด้วยสตาร์ช (starch) และโปรตีนเป็นส่วนใหญ่ (Matin & Kang, 2010)

ข้าวกล้องงอก (Germinated brown rice) โดยดั้งเดิมผลิตขึ้นเพื่อเพิ่มรสชาติของข้าวกล้อง การงอกทำให้รำข้าวอ่อนลง ลดระยะเวลาการหุง และกระตุ้นการสังเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพใหม่ ข้าวกล้องงอกเป็นผลิตภัณฑ์จากภูมิปัญญาท้องถิ่นของชาวภูไทที่อาศัยอยู่ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนของไทย โดยในปัจจุบันกระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกได้มีการพัฒนามาโดยตลอด เพื่อปรับปรุงคุณภาพให้ดีขึ้นทั้งในระดับห้องปฏิบัติการและระดับอุตสาหกรรม ซึ่งแต่ละระดับการผลิตก็มีเทคนิคที่แตกต่างกันบางส่วน แต่กระบวนการผลิตส่วนใหญ่แล้วมีขั้นตอนการผลิต

*Corresponding author
E-mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)
Online print: 15 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2023.32

ที่คล้ายกัน คือประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนหลักต่อเนื่องกัน ได้แก่ 1) การแช่และการงอก (soaking and germination) 2) การทำแห้งหรืออบแห้ง (drying) และ 3) การสี (hulling) หรือกะเทาะเปลือกออก (Oli et al., 2014) การแช่และการงอกเป็นกระบวนการที่สำคัญ โดยการนำข้าวเปลือกแช่ในน้ำประมาณ 6-24 ชั่วโมง เพื่อให้น้ำที่แช่ซึมผ่านเปลือกเข้าไปสู่เนื้อในเมล็ดข้าวจนอิ่มตัว แล้วทำการงอกเป็นระยะเวลา 12-72 ชั่วโมง ส่วนการอบแห้งเป็นการนำข้าวงอกมาทำการอบแห้ง โดยการตากแดดหรืออบให้แห้ง เพื่อให้ข้าวเปลือกมีความชื้นเหมาะสมต่อการสีและการเก็บรักษา และการสีหรือกะเทาะเปลือกออก คือ การแยกเปลือกออกไป เพื่อให้ได้ข้าวในลักษณะข้าวกล้อง (Kumar et al., 2018)

ข้าวกล้องงอกที่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายโดยเฉพาะสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ เช่น วิตามินอี ไฟโตสเตอรอล สารประกอบฟีนอลิก เป็นต้น กระบวนการแช่น้ำทำให้งอกเป็นต้นอ่อนขึ้น ซึ่งถือเป็นวิธีการหนึ่งที่ได้รับความสนใจอย่างมากในปัจจุบัน ข้าวกล้องงอกเป็นสินค้าที่มีศักยภาพในการแข่งขันในตลาดสูง เพราะมีจุดเด่นหลายประการ อาทิ มีกลิ่นหอม สีสวย อุดมด้วยคุณค่าทางอาหาร เป็นที่ต้องการของตลาดและขายได้ราคาสูงกว่าข้าวขาวทั่วไป ซึ่งข้าวกล้องงอกยังอุดมไปด้วยวิตามินบี เกลือแร่ เส้นใย และมีองค์ประกอบที่สามารถนำไปใช้ในกิจกรรมทางชีวภาพของร่างกายได้ดีกว่าข้าวกล้องปกติ (Patil & Khan, 2011; Thammapat et al., 2016; Weng et al., 2019) ปัจจุบันมีการศึกษาถึงผลของกระบวนการงอกข้าวต่อการเปลี่ยนแปลงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในข้าว Trachoo et al. (2006) ได้ทำการศึกษากระบวนการงอกข้าว พบว่าสามารถเพิ่มสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพได้สูงกว่าข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก Choi et al. (2006) ได้ทำการศึกษากระบวนการงอกข้าวเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง พบว่าสามารถเพิ่มปริมาณน้ำตาลฟรุคโตส 3.4 เท่า น้ำตาลรีดิวซ์ 2.75 เท่า และสารประกอบ GABA (Gamma-aminobutyric acid) 7.97 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก นอกจากนั้น Ukpong et al. (2023) พบว่าการเพิ่มระยะเวลาในการงอกส่งผลต่อการเพิ่มปริมาณโปรตีน สารประกอบ GABA และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้น แต่ผลของการงอกต่อการเปลี่ยนแปลงสารไฟโตสเตอรอลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวที่ปรับปรุงพันธุ์ยังมีน้อยมาก ดังนั้นการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ไฟโตสเตอรอลและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของข้าวปรับปรุงพันธุ์บางชนิดของไทย ซึ่งจะเป็นแหล่งสารสนเทศในการพัฒนากระบวนการผลิตข้าวกล้องงอกให้มีความสามารถในการแข่งขันในตลาดต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

วัตถุดิบ

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาประกอบด้วยข้าวนิลสุรินทร์ ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวทับทิมชุมแพ ทำการเก็บเกี่ยวในช่วงปี พ.ศ. 2563

การเตรียมตัวอย่างข้าวกล้องงอก

นำข้าวทั้ง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวนิลสุรินทร์ ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวทับทิมชุมแพ มาคัดแยกสิ่งปลอมปนและทำการกะเทาะเปลือก หลังจากนั้นคัดเฉพาะข้าวที่สมบูรณ์และเต็มเมล็ด ล้างน้ำให้สะอาด แล้วนำข้าวมาแช่น้ำโดยปริมาณข้าว : น้ำ คือ 1 : 3 (w/v) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ทำการล้างและเปลี่ยนน้ำใหม่ทุก 8 ชั่วโมง นำข้าวที่ผ่านการแช่แล้วมาทำการงอกโดยประยุกต์ใช้ตามวิธีของ Thammapat et al. (2016) โดยการใช้ผ้าขาวบางห่อไว้และวางไว้บนตะแกรงเพื่อไม่ให้ความชื้นระเหยออกไปเร็วเกินไปและเพื่อให้ความชื้นคงที่ ทำการงอกในตู้ควบคุมอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง หลังผ่านการงอก นำข้าวที่ผ่านการงอกไปอบให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อนแบบถาดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ให้ได้ปริมาณความชื้นต่ำกว่า 16 % (d.b.) หลังจากนั้นนำข้าวที่ได้ไปทำการบดให้ละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงร่อน (sieving) ขนาด 180 เมช (mesh) และเก็บตัวอย่างในถุงทึบแสงที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนทำการวิเคราะห์

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดวิเคราะห์โดยใช้ Folin-Ciocalteu method ตามวิธีของ Abootalebian et al. (2016) โดยนำตัวอย่างมา 500 มิลลิกรัม ทำการเติมสารละลายเมทานอล 80 % ทำการปั่นผสมและกรองเอาตัวอย่างมา 0.5 มิลลิลิตร ทำการเติมสารละลาย Folin-Ciocalteu reagent (0.2 N) ปริมาตร 2.5 มิลลิลิตร ทำการตั้งทิ้งไว้ 5 นาที แล้วทำการเติมสารละลาย sodium carbonate (7.5 %, w/v) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ในที่มืด 30 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้เครื่อง UV–visible spectrophotometer ใช้สารละลาย gallic acid เป็นสารละลายมาตรฐานในช่วงความเข้มข้น 50–200 มิลลิกรัมต่อลิตร คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในรูปมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิก (mg GAE)

การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH scavenging assay โดยดูดสารละลาย DPPH ความเข้มข้น 0.1มิลลิโมลาร์ 3 มิลลิลิตร ลงในสารสกัดจากตัวอย่าง 150 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน บ่มที่อุณหภูมิห้องในที่มืดเป็นเวลา 30 นาที แล้ววัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV–visible spectrophotometer ที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร (Mokbel & Hashinaga, 2005) เพื่อคำนวณหา % radical scavenging จากสมการ

$$\% \text{ DPPH radical scavenging} = [(X-Y)/X]\times 100$$

เมื่อ Y คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง
X คือ ค่าการดูดกลืนแสงของ control

การวิเคราะห์ปริมาณไฟโตสเตอรอล

การวิเคราะห์ปริมาณไฟโตสเตอรอล ประยุกต์ใช้ตามวิธีของ Thammapat et al. (2016) โดยนำตัวอย่างปริมาณ 2 กรัม มาทำการซาพอนิไฟด์ไขมันออก ด้วย KOH 2 มิลลิลิตร (600 กรัม/ลิตร) NaCl 2 มิลลิลิตร (10 กรัม/ลิตร) 95 % Ethanol 2 มิลลิลิตร และ Ethanolic pyrogallol 5 มิลลิลิตร (60 กรัม/ลิตร) โดยใช้ 5α-Cholestane เป็น Internal standard หลังจากนั้นทำการอุ่นใน water bath ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา

45 นาที ทำให้เย็นและสกัดด้วย n-hexane : ethyl acetate (9 : 1) หลังจากนั้นนำไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่อง rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เปลี่ยนให้อยู่ในรูปอนุพันธ์โดยใช้ BSTFA : TMCS (99 : 1) 10 ไมโครลิตร และ pyridine 1 มิลลิลิตร ละลายกลับด้วย n-heptane และนำไปวิเคราะห์ปริมาณไฟโตสเตอรอล โดยใช้ GC-MS (Gas-Chromatography Mass-Spectrometry)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in CRD (Completely Randomized Design) วิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ย โดยวิธี DMRT (Duncan New Multiple Range Test) ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ผลและวิจารณ์ผลการวิจัย

ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การศึกษาผลของสภาวะในการงอกข้าวนิลสุรินทร์ ข้าวไรซ์เบอรี่ และข้าวทับทิมชุมแพ ที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ผลการทดลองพบว่าสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดของข้าวทับทิมชุมแพมีปริมาณสูงสุด (213.95 mgGAE/100 g) รองลงมาคือ ไรซ์เบอรี่ (196.97 mgGAE/100 g) และนิลสุรินทร์ (193.94 mgGAE/100 g) ตามลำดับ เมื่อทำการงอกเป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดจะมีปริมาณเพิ่มมากขึ้น ($p<0.05$) จนถึงระยะเวลาในการงอกเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง (Table 1) โดยข้าวไรซ์เบอรี่ที่ทำการงอกเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุด (288.22 mgGAE/100 g) เนื่องจากกระบวนการงอกจะทำให้เอนไซม์ต่าง ๆ (phosphoenolpyruvate, d-erythrose-4-phosphate) ภายในเมล็ดข้าวเริ่มทำงานและย่อยสลายสารประกอบโมเลกุลใหญ่เพื่อใช้ในกระบวนการสร้างอาหารให้กับต้นอ่อนของข้าว จึงทำให้สารประกอบฟีนอลิกดังกล่าวเพิ่มขึ้น (Thammapat et al., 2016) ข้าวประกอบด้วยกรดฟีนอลิกและไกลโคไซด์ทั้งที่ละลายน้ำได้และไม่ละลายน้ำ สารประกอบฟีนอลส่วนใหญ่อยู่ในรูปแบบที่ไม่ละลายน้ำ ซึ่งจะจับกับพอลิแซ็กคาไรด์ที่ผนังเซลล์ของพืช (Miller et al., 2000) การงอกที่ระดับอุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 48 ชั่วโมง มีปริมาณของสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงที่สุด หลังจากผ่านกระบวนการงอกระยะเวลานานขึ้น โดยใช้เวลาในการงอก 72 ชั่วโมง ทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดลดลง ($p<0.05$) เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงไปเป็นสารอื่นเพื่อการเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Yang et al. (2001) และ Tian et al. (2004) ที่รายงานไว้ว่ากระบวนการงอกกระตุ้นให้เกิดการเปลี่ยนแปลงคุณค่าทางอาหารและสารประกอบฟีนอลิกในระหว่างกระบวนการงอก โดยระหว่างกระบวนการงอกผนังเซลล์ของพืชถูกย่อยทำให้ได้สารประกอบฟีนอลิกรูปอิสระเพิ่มขึ้น ส่งผลให้สารประกอบฟีนอลิกและกรดฟีนอลิกเพิ่มขึ้นได้ในระหว่างการงอก Vongsudin et al. (2012) ได้รายงานว่าการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีของข้าวกล้อง 3 ชนิด ได้แก่ ข้าวหอมนิล ข้าวขาวดอกมะลิ 105 และข้าวเหนียวดำ ที่ผ่านกระบวนการงอกที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส และระยะเวลางอก 48 ชั่วโมง พบว่าข้าวทั้ง 3 พันธุ์ที่ผ่านกระบวนการงอกมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มขึ้น 1–4 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับเมล็ดข้าวที่ไม่ผ่านกระบวนการงอก

ส่วนฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวทั้ง 3 สายพันธุ์ (Table 2) พบว่าข้าวไรซ์เบอรี่มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (45.45 % Inhibition) รองลงมาคือ นิลสุรินทร์ (42.40 % Inhibition) และทับทิมชุมแพ (41.41 % Inhibition) ตามลำดับ เมื่อทำการงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลานานขึ้นพบว่าข้าวทั้ง 3 ชนิด มีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ($p<0.05$) โดยข้าวไรซ์เบอรี่ที่ทำการงอกเป็นระยะเวลา 48 ชั่วโมง จะมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด (79.54 % Inhibition) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Lin et al. (2015) และ Ukpong et al. (2023) ที่พบว่าเมื่อทำการงอกข้าวเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น

Table 1 Phenolic content (mgGAE/100 g) of ungerminated and germinated some rice cultivars

Germination Time	Varieties		
(h)	Nil-Surin	Riceberry	Tubtim Chumphae
0	193.94 ± 2.26^{Cb}	196.97 ± 2.23^{Db}	213.95 ± 3.45^{Da}
24	223.78 ± 10.16^{Bb}	237.11 ± 4.63^{Cab}	237.82 ± 3.12^{Ca}
48	258.14 ± 20.33^{Aa}	288.22 ± 18.49^{Aa}	273.37 ± 3.30^{Aa}
72	239.59 ± 9.04^{ABb}	267.39 ± 2.82^{Ba}	245.68 ± 2.40^{Bb}

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples.

Values with the different capital and small letter in each column and row are significantly different ($p<0.05$).

Table 2 Antioxidant activities (% Inhibition) of ungerminated and germinated some rice cultivars

Germination Time	Varieties		
(h)	Nil-Surin	Riceberry	Tubtim Chumphae
0	42.40 ± 1.84^{Cb}	45.45 ± 0.97^{Da}	41.41 ± 0.73^{Db}
24	74.80 ± 1.12^{Aa}	57.18 ± 0.26^{Cc}	60.46 ± 0.26^{Cb}
48	70.22 ± 0.52^{Bb}	79.54 ± 0.18^{Aa}	68.54 ± 0.52^{Ac}
72	70.60 ± 0.95^{Bb}	76.31 ± 0.16^{Ba}	62.63 ± 0.25^{Bc}

Mean values ± standard deviation of determinations for triplicate samples.

Values with the different capital and small letter in each column and row are significantly different ($p<0.05$).

ผลของระยะเวลาในการงอกต่อปริมาณไฟโตสเตอรอล

จากผลการศึกษาสภาวะในการงอกข้าวที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 0 24 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับ ที่มีต่อปริมาณไฟโตสเตอรอล ผลการศึกษาพบว่าไฟโตสเตอรอลที่พบในข้าวประกอบด้วย Campesterol Stigmasterol β-Sitosterol Δ5-Avenasterol Δ7-Stigmasterol และ Δ7-Avenasterol โดยไฟโตสเตอรอลหลักที่พบในข้าว คือ Campesterol เมื่อทำการงอกเป็นระยะนานขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของปริมาณไฟโตสเตอรอลอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) การงอกข้าวนิลสุรินทร์และทับทิมชุมแพระยะเวลา 72 ชั่วโมง ทำให้มีปริมาณไฟโตสเตอรอลรวมสูงสุดเท่ากับ 313.54 mg/100 g และ 310.95 mg/100 g ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Chu et al. (2020) ที่พบว่าเมื่อทำการงอกข้าวเป็นระยะเวลานานขึ้นส่งผลต่อการเพิ่มขึ้นของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ การสังเคราะห์สารในกลุ่มไฟโตสเตอรอลนั้นเกิดจากการเปลี่ยนแปลงของเอนไซม์กลูตาเมทดีคาร์บอกซิเลสจากกระบวนการดีคาร์บอกซิเลชัน (decarboxylation) ของกรดอะมิโนแอล-กลูตาเมตในระหว่างกระบวนการงอก (Komatsuzaki et al., 2007)

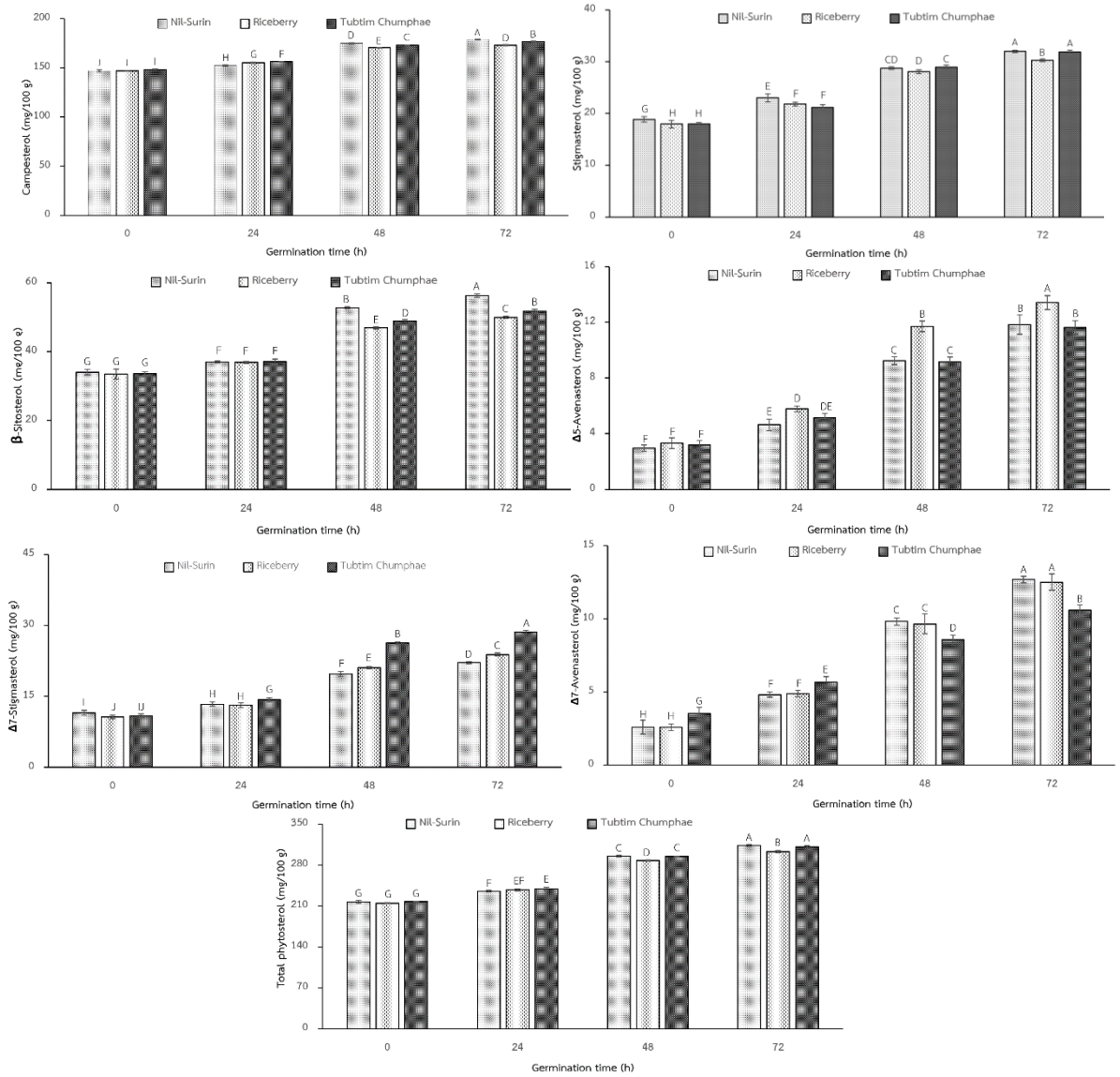

Figure 1 Phytosterol content of ungerminated and germinated some rice varieties.
Different letters above the bars indicate significant differences ($p<0.05$).

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของระยะเวลาในการงอกนั้นส่งผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและไฟโตสเตอรอล เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการงอกนานขึ้นทำให้สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ และไฟโตสเตอรอลสูงขึ้น โดยการงอกข้าวทั้ง 3 ชนิดที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ระยะเวลา 72 ชั่วโมง จะมีปริมาณไฟโตสเตอรอลสูงสุด ส่วนฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดสูงสุดเมื่อทำการงอกที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส ที่ระยะเวลา 48 ชั่วโมง

References

Abootalebian, M., Keramat, J., Kadivar, M., Ahmadi, F., & Abdinian, M. (2016). Comparison of total phenolic and antioxidant activity of different *Mentha spicata* and *M. longifolia* accessions. *Annals of Agricultural Sciences*, *61*(2), 175-179. doi: 10.1016/j.aoas.2016.10.002

Choi, I. D., Kim, D. S, Son, J. R., Yang, C. I., Chun, J. Y., & Kim, K. J. (2006). Physicochemical properties of giant embryo brown rice (Keunnunbyeo). *Journal of Applied Biological Chemistry*, *49*(3), 95-100.

Chu, C., Du, Y., Yu, X., Shi, J., Yuan, X., Lui, X., Lui, Y., Zhang, H., Zhang, Z., & Yan, N. (2020). Dynamics of antioxidant activities, metabolites, phenolic acids, flavonoids, and phenolic biosynthetic genes in germinating Chinese wild rice (*Zizania latifolia*). *Food Chemistry*, 318, 126483. doi:10.1016/j.foodchem.2020.126483

Hu, X., Fang, C., Zhang, W., Lu, L., Guo, Z. Li, S., & Chen, M. (2023). Change in volatiles, soluble sugars and fatty acids of glutinous rice, japonica rice and indica rice during storage. *LWT-Food Science and Technology*, 174, 114416. doi:10.1016/j.lwt.2022.114416

Komatsuzaki, N., Tsukahara, K., Toyoshima, H., Suzuki, T., Shimizu, N., & Kimura, T. (2007). Effect of soaking and gaseous treatment on GABA content in germinated brown rice. *Journal of Food Engineering*, *78*(2), 556-560. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2005.10.036

Kumar, D., Das, P. K., & Sarmah, B. K. (2018). Reference gene validation for normalization of RT-qPCR assay associated with germination and survival of rice under hypoxic condition. *Journal of Applied Genetic*, *59*(4), 419-430. doi: 10.1007/s13353-018-0466-1

Lin, Y. T., Pao, C. C., Wu, S. T., & Chang, C. Y. (2015). Effect of different germination conditions on antioxidative properties and bioactive compounds of germinated brown rice. *BioMed Research International*, 608761. doi: 10.1155/2015/608761

Matin, M. N., & Kang, S. G. (2010). Morphological characteristics of the rice (*Oryza sativa* L.) with red pigmentation. *Journal of Life Science, 20*(1), 22-26.

Miller, H. E., Rigelhof, F., Marquart, L., Prakash, A., & Kanter, M. (2000). Antioxidant content of whole grain breakfast cereals, fruits and vegetables. *Journal of the American College of Nutrition*, *19*(Suppl.3), 312S–319S. doi: 10.1080/07315724.2000.10718966

Mokbel, M. S., & Hashinaga, F. (2005). Antibacterial and antioxidant activities of banana (*Musa*, AAA cv.*Cavendish*) fruits peel. *American Journal of Biochemistry and Biotechnology*, *1*(3), 125-131. doi: 10.3844/ajbbsp.2005.125.131

Office of Agricultural Economics. (2023). *Agricultural economic information by product in 2020*. Bangkok: Ministry of agriculture and cooperatives. (in Thai)

Office of the Royal Development Projects Board (ORDPB). (2017). *Knowledge of rice: rice of sufficient people*. Bangkok: ORDPB. (in Thai)

Oli, P., Ward, R., Adhikari, B., & Torley, P. (2014). Parboiled rice: Understanding from a materials science approach. *Journal of Food Engineering*, *124*, 173-183. doi: 10.1016/j.jfoodeng.2013.09.010

Patil, S. B., & Khan, M. K. (2011). Germinated brown rice as a value added rice product: a review. *Journal of Food Science and Technology*, *48*(6), 661–667. doi: 10.1007/s13197-011-0232-4

Thammapat, P., Meeso, N., & Siriamornpun, S. (2016). Effects of the traditional method and an alternative parboiling process on the fatty acids, vitamin E, γ-oryzanol and phenolic acids of glutinous rice. *Food Chemistry*, *194*(21), 230-236. doi: 10.1016/j.foodchem.2015.08.014

Tian, S., Nakamura, K., & Kayahara, H. (2004). Analysis of phenolic compounds in white rice, brown rice, and germination brown rice. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *52*(15), 4808-4813.doi: 10.1021/jf049446f.

Trachoo, N., Boudreaux, C., Moongngarm, A., Samappito, S., & Gaensakoo, R. (2006). Effect of germinated rough rice media on growth of selected probiotic bacteria. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, *9*(14), 2657-2661. doi: 10.3923/pjbs.2006.2657.2661

Ukpong, E. S., Onyeka, E. U., & Oladeji, B. S. (2023). Bioactive compounds, nutrients and pasting properties of parboiled milled rice, brown rice and germinated brown rice of selected cultivars and theeffects of germination durations. *Food Chemistry Advances*, 2, 100234. doi: 10.1016/j.focha.2023.100234

Vongsudin, W., Ratthanatham, P., Laohakunjit, N., & Kerdchoechuen, O. (2012). Change of bioactivecompounds in germinated rice. *Journal of Agricultural Science*, *43*(Suppl. 2), 553-556. (in Thai)

Weng, X., Sun, M., Gao, H., Liu, Z., Huang, J., Liao, X., & Shen, G. X. (2019). Germinated brown rice, a whole grain with health benefits for common chronic diseases. *Nutrition and Food Science Journal*, *2*(1), 01-017.

Yang, F., Basu, T. K., & Ooraikul, B. (2001). Studies on germination conditions and antioxidant contents of wheat grain. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, *52*(4), 319-330. doi: 10.1080/09637480120057567

Research article

Effects of germination time on total phenolic content, antioxidant activity and phytosterol of some Thai rice cultivars

Weerachart Nantawetcht Sumran Pimratch and Pornpisanu Thammapat*

Program in Agricultural Technology, Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University, Maha Sarakham, Province 44000

ARTICLE INFO

Article history
Received: 23 August 2023
Revised: 29 September 2023
Accepted: 31 October 2023
Online published: 15 November 2023

Keyword
Time
Bioactive compound
Germination
Brown rice

ABSTRACT

Rice contains husk, endosperm, and bran layers, which contain a variety of nutritional and biofunctional components. Germination is one of the techniques used to improve the texture and nutritional qualities of rice. Germinated brown rice was produced from the Nil-Surin, Riceberry, and Tubtim Chumphae cultivars by dehusking the paddy grains and germinating them at 37°C for 0, 24, 48, and 72 hours. Total phenolic content, antioxidant activities, and phytosterol were analyzed and compared to that of non-germinated brown rice. The results showed that the total phenolic content, antioxidant activity, and phytosterol of the Nil-Surin, Riceberry, and Tubtim Chumphae rice exhibited an increasing trend as the germination time increased. Germination at 37°C for 72 hours provided the highest phytosterol content among the germination treatments tested ($p<0.05$). However, the amount of total phenolic content and antioxidant activity was found to be the highest at 37°C for 48 hours of germination ($p<0.05$).

*Corresponding author
E–mail address: Thammapat.p@gmail.com (P. Thammapat)
Online print: 15 November 2023 Copyright © 2023. This is an open access article, production, and hosting by Faculty of Agricultural Technology, Rajabhat Maha Sarakham University. https://doi.org/10.14456/paj.2023.32