Research Article

Received: October 24, 2019; Accepted: January 27, 2020

ผลของความเค็มต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอก

Effect of Salt Stress on Phenolic Contents and Antioxidant Activity of Germinated Brown Rice

ชุติมา แก้วพิบูลย์*

สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

ณวงศ์ บุนนาค

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ

วิทยาเขตสงขลา ตำบลเขารูปช้าง อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา 90000

Chutima Kaewpiboon*

Department of Biology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung Campus

Ban Phrao, Pa Payom, Phatthalung 93210

Nawong Boonnak

Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University,

Songkhla campus, Khoa Roob Chang, Muang, Songkhla 90000

บทคัดย่อ

ปัจจุบันข้าวกล้องงอกเป็นอาหารสุขภาพที่ได้รับความนิยม เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารและสารต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวกล้องและข้าวขัดสี และพบว่าการงอกของข้าวกล้องในสภาวะความเครียดจากความเค็มสามารถเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในพืช ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเค็มต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอก โดยเปรียบเทียบผลของความเค็มจากเกลือโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในข้าว 3 พันธุ์ ได้แก่ ไรซ์เบอรี่ สังข์หยดพัทลุง และขาวดอกมะลิ 105 ผลการทดลองพบว่าข้าวสังข์หยดพัทลุงที่แช่โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงที่สุด คือ 707.96±0.02 มิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิคต่อมิลลิลิตร เมื่อศึกษาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS มีค่า Ec_{50} เท่ากับ 8.73±0.04 และ 8.13±0.12 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ เมื่อเพาะข้าวงอกสังข์หยดพัทลุงที่แช่โซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ เป็นต้นอ่อน พบว่ามีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงกว่าชุดควบคุม คือ 852.04±0.030 และ 487.43±0.010 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ

คำสำคัญ : ข้าวกล้องงอก; ปริมาณฟีนอลิกรวม; ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

***ผู้รับผิดชอบบทความ :** chutima.k@tsu.ac.th

doi: 10.14456/tstj.2021.23

Abstract

Nowadays, the consumption of germinated brown rice becomes a popular health food because of their high nutritional value and antioxidants compared with normal brown and white rice. It has been found that salt stress during germination affects the contents of antioxidant compounds. Therefore, the aim of this research was to study the effect of salt stress on total phenolic contents and antioxidant activity in germinated brown rice. The comparative study of salt stress from sodium chloride (NaCl) at various concentrations was performed in 3 rice cultivars, i.e. riceberry, Sung-yod Phatthalung and Kao Dok Mali 105. From the results, Sung Yod Phatthalung extract showed the highest total phenolic content of 707.96±0.02 mg GAE/g extract, and antioxidant activities assayed by DPPH and ABTS methods with EC_{50} values of 8.73±0.04 and 8.13±0.12 μg/mL, respectively. Rice sprout of Sung Yod Phatthalung soaked in 100 mM NaCl showed total phenolic contents of 852.04±0.003 mg GAE/g extract which was higher than that of the control (487.43±0.010 mg GAE/g extract).

Keywords: germinated brown rice; total phenolic content; antioxidant activity

1. บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตและสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเฉพาะข้าวที่ผ่านกระบวนการงอกมักมีสารต้านอนุมูลอิสระกลุ่มสารประกอบฟีนอลิกสูงขึ้น [1] ซึ่งสามารถช่วยป้องกันและยับยั้งการเกิดโรคต่าง ๆ ได้แก่ โรคมะเร็ง โรคเบาหวาน โรคหลอดเลือด และโรคหัวใจ เป็นต้น [2] มีรายงานว่าการแช่ข้าวกล้องงอกในสภาวะเครียดจากความเค็ม (salinity stress) สามารถเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระและฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องงอกอย่างมีนัยสำคัญ [3] ทั้งนี้เนื่องจากความเค็มส่งผลกระทบต่อการเกิดสารอนุมูลอิสระที่เป็นพิษต่อเซลล์พืชเพิ่มสูงขึ้น ดังนั้นภายใต้สภาวะเครียดจากความเค็มพืชจะมีกลไกการปรับตัวเพื่อลดความเสียหายที่จะเกิดขึ้น โดยสร้างสารต้านอนุมูลอิสระขึ้น [4]

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจผลของความเค็มต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอกของข้าว 3 พันธุ์ ที่มีสีต่างกัน ได้แก่ ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวสังข์หยดพัทลุง และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ในการเพาะเมล็ดข้าวกล้อง

2. อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเพาะเมล็ดข้าวกล้องงอก

เตรียมเมล็ดข้าวกล้องงอกโดยการนำเมล็ดข้าวเปลือกพันธุ์ไรซ์เบอรี่ สังข์หยดพัทลุง และข้าวขาวดอกมะลิ 105 ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์จากศูนย์วิจัยข้าว จังหวัดพัทลุง มาวางแผนการทดลองแบบ CRD (completely randomized design) โดยนำเมล็ดข้าวกล้องของข้าว 3 พันธุ์ แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ความเข้มข้น 0, 50, 100 และ 150 มิลลิโมลาร์ จากนั้นแช่ข้าวกล้องไว้ที่อุณหภูมิห้องจนข้าวงอกประมาณ 2 มิลลิเมตร ใช้เวลาประมาณ 3 วัน

2.2 การเตรียมสารสกัดจากข้าวกล้องงอก

นำข้าวกล้องงอก 3 พันธุ์ น้ำหนัก 200 กรัม อบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส เป็นเวลา

8 ชั่วโมง จากนั้นนำมาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่น ชั่งตัวอย่างข้าวกล้องงอกสังข์หยดแช่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ปริมาตร 500 มิลลิลิตร ตั้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบเวลานำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 แล้วนำสารสกัดหยาบที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบลดความดัน จะได้สารสกัดหยาบข้าวกล้องงอก

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu โดยนำสารสกัดตัวอย่างข้าวกล้องปริมาตร 70 ไมโครลิตร ผสมกับ 1 เปอร์เซ็นต์ Folin-Ciocalteu reagent ปริมาตร 525 ไมโครลิตร เขย่าให้เข้ากัน แล้วนำไปไว้ในที่มืด 1 นาที จากนั้นเติม 7.5 เปอร์เซ็นต์ โซเดียมคาร์บอเนตปริมาตร 525 ไมโครลิตร วางพักไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที แล้วนนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร นำค่าที่ได้เปรียบเทียบกับกราฟมาตรฐานของกรดแกลลิก (gallic acid) โดยวิเคราะห์ซ้ำตัวอย่างละ 3 ครั้ง คำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในรูปมิลลิกรัมของสมมูลของกรดแกลลิก (gallic acid equivalents, GAE) ต่อกรัมของน้ำหนักของตัวอย่างข้าว (mg GAE/g extract)

2.4 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (DPPH radical scavenging activity)

นำสารสกัดข้าวกล้องงอกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (10, 50, 500, 1,000 และ 2,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) เติมลงใน 96 well plate โดยเติมสารสกัดข้าวปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมเอทานอล 50 ไมโครลิตร และสารละลาย DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) 50 ไมโครลิตร บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ (สมการที่ 1) เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์มีประสิทธิภาพกำจัดอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (EC_{50}) เปรียบเทียบกับสารมาตรฐานวิตามินซีซึ่งเป็นตัวควบคุมการทดลองเชิงบวก

ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ DPPH = [(AC - AS) ÷ AC] x 100 สมการ 1

เมื่อ AC = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่ไม่มีสารทดสอบ; AS = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย DPPH ที่มีสารทดสอบ

2.5 การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี ABTS (ABTS radical scavenging activity)

นำสารสกัดข้าวกล้องงอกที่ความเข้มข้นต่าง ๆ (10, 50, 500, 1,000 และ 2,000 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร) เติมลงใน 96 well plate โดยเติมสารสกัดข้าวปริมาตร 100 ไมโครลิตร เติมเอทานอล 50 ไมโครลิตร และสารละลาย ABTS 50 ไมโครลิตร [โดยใช้ ABTS เป็นอนุมูลอิสระ เตรียมโดย 2,2′-azino- bis-(3 - ethylbenzothiazoline-6 - sulphonic acid) diammonium salt (ABTS) ผสมกับสารละลายโพแทสเซียมเปอร์ซัลเฟต (K_2SO_4) เข้มข้น 2.45 มิลลิโมลาร์ บ่มในที่มืดเป็นเวลา 12 ชั่วโมง] บ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 734 นาโนเมตร ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง ทดลองซ้ำ 3 ครั้ง คำนวณหาค่าร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ (สมการที่ 2) เพื่อคำนวณเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของสารที่ออกฤทธิ์มีประสิทธิภาพกำจัดอนุมูลอิสระได้ 50 เปอร์เซ็นต์ (EC_{50})

ร้อยละการกำจัดอนุมูลอิสระ ABTS = [(AC - AS) ÷ AC] x 100 สมการ 2

เมื่อ AC = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS ที่

ไม่มีสารทดสอบ; AS = ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลาย ABTS ที่มีสารทดสอบ

2.6 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ผลแตกต่างทางสถิติของค่าเฉลี่ยและค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานถูกวิเคราะห์ด้วยสถิติ unpaired Student's t-test, one way ANOVA และ post hoc tests ด้วยวิธี Duncan's multiple range tests (DMRT) ของ software SPSS v. 14.0

3. ผลและอภิปรายผลการทดลอง

3.1 วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu สามารถคำนวณโดยใช้สมการเส้นตรงของกรดแกลลิก จากสมการ $y = 0.0113x - 0.2935$ $R^2 = 0.9985$ เมื่อเปรียบเทียบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมของข้าวกล้องงอก 3 พันธุ์ ที่ผ่านการแช่น้ำกลั่น พบว่าข้าวกล้องงอกไรส์เบอรี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงสุด (741.66± 0.04 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมสารสกัด) รองลงมา คือ ข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุง (627.97± 0.07 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมสารสกัด) และข้าวกล้องงอกขาวดอกมะลิ 105 (308.85±0.00 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมสารสกัด) ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาข้าวสี 9 พันธุ์ พบว่าเมล็ดข้าวที่มีสีต่างกันจะมีปริมาณและชนิดของสารประกอบกลุ่มฟีนอกลิกรวมต่างกัน โดยข้าวสีดำมีสารประกอบกลุ่มฟีนอกลิกรวมสูงสุด รองลงมา คือ ข้าวสีแดง ส่วนข้าวสีขาวมีปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอกลิกรวมน้อยมาก [5,6] นอกจากนี้กระบวนการงอกของเมล็ดข้าวภายใต้ภาวะเครียดจากความเค็ม มีการเปลี่ยนแปลงการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น สารประกอบฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ [7] ผลการทดลองพบว่าการแช่เมล็ดข้าวกล้องในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ เป็นระยะเวลา 72 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นให้เมล็ดข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงและข้าวขาวดอกมะลิ 105 มีสารประกอบฟีนอลิกรวมสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 เมื่อเปรียบเทียบกับการแช่น้ำกลั่น เนื่องจากความเค็มสามารถทำให้เกิดภาวะเครียดในพืช พืชจะมีการตอบสนองต่อภาวะเครียดและการปรับตัวให้สามารถเจริญเติบโตโดยอาศัยการสะสมสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อป้องกันเซลล์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระ [8] แต่ที่ความเข้มข้นของสารละลายเกลือโซเดียมคลอไรด์สูงขึ้นเป็น 150 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมลดลง แต่ในข้าวกล้องงอกไรซ์เบอร์รี่ที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ส่งผลต่อการงอกและการลดลงของปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม (ตารางที่ 1) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Umnajkitikorn และคณะ [9] ที่รายงานว่าการแช่เมล็ดข้าวกล้องในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นให้เมล็ดข้าวกล้องงอกพันธุ์ก่ำดอยสะเก็ดมีการสร้างและสะสมสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสสำคัญ และมีรายงานว่าโซเดียมคลอไรด์ยังมีผลเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมในเมล็ดข้าวพันธุ์อื่น ได้แก่ กข6 ขาวดอกมะลิ 105 และก่ำดอยสะเก็ด [10,11] และงานวิจัยของ Chutipaijit และคณะ [12] ที่พบว่าข้าวพันธุ์สังข์หยด กุหลาบแดง เขาแดง และ TD 49 ในอาหารเหลวที่เติมโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ เพาะเลี้ยงเป็นเวลา 4 วัน สามารถเพิ่มปริมาณแอนโทไซยานินและโพรลีนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

3.2 ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS

Table 1 Total phenolics content (TPC) of methanolic extract of germinated brown rice in various concentrations of NaCl

Cultivars	NaCl concentrations (mM)	Total phenolic contents (mg GAE/g extract)
Riceberry	0	741.66±0.04[b]
	50	659.82±0.12[ab]
	100	300.88±0.07[ab]
	150	276.11±0.05[a]
Sung-yod Phatthalung	0	627.97±0.07[b]
	50	520.31±0.14[a]
	100	707.96±0.015[c]
	150	567.96±0.04[bc]
Khao Dawk Mali 105	0	308.85±0.00[a]
	50	307.97±0.01[a]
	100	360.71±0.00[c]
	150	347.08±0.00[b]

The values are mean±standard deviation (n = 3); [a-c] Means within each column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) using one way ANOVA.

การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH และ ABTS พบว่าสารสกัดข้าวกล้องงอกสังข์หยดแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ มีความสามารถในการกำจัดอนุมูลอิสระสูงกว่าชุดควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และมีประสิทธิภาพกำจัดอนุมูลอิสระได้ไม่แตกต่างกับกรดแอสคอบิกซึ่งเป็นสารควบคุมเชิงบวกอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 (ตารางที่ 2) โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moongngarm และ Khomphiphatkul [13] ที่พบว่าการแช่เมล็ดข้าวกล้องในสารละลายโซเดียมคลอไรด์และเกลือแกงเป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นให้เมล็ดข้าวกล้องงอกมีสารประกอบฟีนอลิกรวม แอนโทไซยานินและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระสูงขึ้น ถึงแม้ว่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH ต่ำกว่าการทดสอบด้วยวิธี ABTS แต่วิธีการทั้งสองแสดงแนวโน้มผลลัพธ์เดียวกัน ซึ่งเป็นผลจากอนุมูลอิสระ DPPH เป็นอนุมูอิสระสังเคราะห์ที่มีความเสถียรและโครงสร้างของ DPPH ที่มีขนาดใหญ่ มีผลต่อการเกิดปฏิกิริยากับสารต้านอนุมูลอิสระ [14] ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Floegel และคณะ [15] ที่เปรียบเทียบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของอาหารที่อุดมไปด้วยสารต้านอนุมูลอิสระ 50 อันดับจากสหรัฐอเมริกาและพบว่าสารต้านอนุมูลอิสระนั้นมีประสิทธิภาพในการต้านอนุมูล DPPH ต่ำกว่า ABTS

ความเค็มสามารถกระตุ้นให้ข้าวกล้องงอกสะสมสารที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ทั้งนี้

เนื่องจากสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกมีประสิทธิภาพในการกำจัดอนุมูลอิสระได้ดี สอดคล้องกับงานวิจัยของ Sutharut และ Sudarat [1] ที่รายงานว่าข้าวเหนียวดำงอก Niew Dam และ Hom Nil มีความสัมพันธ์เชิงบวกระหว่างปริมาณแอนโธไซยานินรวมกับความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระเทียบเท่า Trolox (TEAC) แต่เมื่อความเค็มเพิ่มสูงขึ้นที่ความเข้มข้น 150 มิลลิโมลาร์ ส่งผลให้ปริมาณสารประกอบกลุ่มฟีนอลิกลดลงในข้าวทั้ง 3 พันธุ์ เนื่องจากเมื่อพืชอยู่ในภาวะเครียดจากความเค็ม (salinity stress) โดยมีการใช้สารต้านอนุมูลอิสระที่พืชสร้างขึ้นในกระบวนการป้องกันเซลล์จากความเสียหายที่เกิดขึ้นจากอนุมูลอิสระ [16]

Table 2 Antioxidant activities of methanolic extract of Sung Yod Phatthalung germinated brown rice (SGPBr) in 100 mM NaCl

Samples	Antioxidant activities (EC_{50}; μg/mL)	
	DPPH assay	ABTS assay
SGPBr in 0 mM NaCl	38.33±1.45[b]	30.8±0.2[b]
SGPBr in 100 mM NaCl	8.73±0.04[a]	8.13±0.12[a]
Positive control (ascorbic acid)	7.33±0.03[a]	7.06±0.14[a]

The values are mean±standard deviation (n = 3); [a-b] Means within each column followed by different letters are significantly different ($p < 0.05$) using paired T-test and one way ANOVA.

Table 3 Total phenolics content (TPC) of Sung Yod Phatthalung sprout (SPS) soaking in 100 mM NaCl for 15 days

Samples	Total phenolic contents (mg GAE/g extract)
SPS in 0 mM NaCl	487.43±0.010
SPS in 100 mM NaCl	852.04±0.003*

The values are mean±standard deviation (n = 3); *Means within each column are significantly different ($p < 0.05$) using unpaired Student's t-test

3.3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมของต้นอ่อนข้าวสังข์หยดพัทลุง

การนำข้าวสังข์หยดพัทลุงแช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ เพาะเป็นต้นอ่อน ระยะเวลา 15 วัน มาวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิครวมโดยวิธี Folin-ciocaltue และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร ซึ่งการคำนวณจะใช้สมการของกราฟมาตรฐานกรดแกลลิค จากสมการ y = 0.0113x - 0.2935 ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่าในต้นอ่อนของข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมมากกว่าต้นอ่อนของข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงแช่น้ำกลั่น อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

การทดลองนี้เป็นการพัฒนาต่อยอดและประยุกต์เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีปริมาณสารสำคัญและสารต้านอนุมูลอิสระมากขึ้นด้วยการใช้ความเค็มเป็นปัจจัยในการเพิ่มขึ้นของสารสำคัญภายในข้าวกล้องงอก โดยเพาะต้นอ่อนของข้าวสังข์หยดพัทลุงให้ความเข้มข้นของโซเดียมคลอไรด์ที่ 100 มิลลิโมลาร์ เป็นเวลา 15 วัน จากนั้นนำไปสกัดหยาบเพื่อหาปริมาณสาร

ประกอบฟีนอลิคในต้นอ่อนของข้าวสังข์หยดพัทลุง พบว่าต้นอ่อนของข้าวสังข์หยดพัทลุงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์เข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม 852.04±0.00 มิลลิกรัมสมมูลกรดแกลลิคต่อกรัมสารสกัด ซึ่งมีค่าเป็น 2 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับต้นอ่อนข้าวสังข์หยดพัทลุงแช่ในน้ำกลั่น ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิคที่สกัดได้จากเมล็ดข้าวงอก และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Chutipaijit และคณะ [8] ที่พบว่าความเค็มเป็นปัจจัยทางสิ่งแวดล้อมที่ส่งผลต่อความเครียดของพืช โดยภายใต้สภาวะความเครียดจากความเค็ม พืชจะมีการตอบสนองเพื่อป้องกันความเสียหายจากอนุมูลอิสระ โดยการสร้างสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แอนโทไซยานิน เพื่อป้องกันเซลล์จากการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชันจากอนุมูลอิสระ ทำให้พืชสามารถทนต่อความเครียดจากความเค็มและเจริญเติบโตได้

4. สรุป

ข้าวกล้องงอกในสภาวะเครียดจากความเค็มช่วยเพิ่มปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอกได้ โดยเฉพาะในข้าวกล้องงอกสังข์หยดพัทลุงในสารละลายโซเดียมคลอไรด์ความเข้มข้น 100 มิลลิโมลาร์ สามารถเพิ่มการสะสมสารประกอบฟีนอลิกรวมและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ นอกจากนั้นสามารถพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ต้นอ่อนข้าวสังข์หยดพัทลุงที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเพิ่มมากขึ้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสามารถนำมาใช้เพื่อพัฒนาต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพในอนาคตต่อไป

5. กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ภายใต้โครงงานวิจัยระดับปริญญาตรี และขอขอบคุณข้อมูลสนับสนุนจาก นางสาวอาทิตตยา ทวนทอง

6. References

[1] Sutharut, J. and Sudarat, J., 2012, Total anthocyanin content and antioxidant activity of germinated colored rice, Int. Food Res. J. 19: 215-221.

[2] Sompong, R., Siebenhandl-Ehn, S., Linsberger-Martin, G. and Berghofer, E., 2011, Physicochemical and antioxidative properties of red and black rice varieties from Thailand, China and Sri Lanka, Food Chem. 124: 132-140.

[3] Thammapat, P., Meeso, N. and Siriamornpun, S., 2015, Effects of NaCl and soaking temperature on the phenolic compounds, alpha-tocopherol, gamma-oryzanol and fatty acids of glutinous rice, Food Chem. 175: 218-24.

[4] Kibria, M.G., Hossain, Y.M. and Hoque, M.A., 2017, Antioxidant defense mechanisms of salinity tolerance in rice genotypes, Rice Sci. 24: 155-162.

[5] Chen, X.Q., Nagao, N., Itani, T. and Irifune, K., 2012, Anti-oxidative analysis, and identification and quantification of anthocyanin pigments in different coloured rice, Food Chem. 135: 2783-2788.

[6] Moongngarm, A. and Saetung, N., 2010, Comparison of chemical compositions and bioactive compounds of germinated

rough rice and brown rice, Food Chem. 122: 782-788.

[7] Chen, H.H., Chang, H.C., Chen, Y.K., Hung, C.L., Lin, S.Y. and Chen, Y.S., 2016, An improved process for high nutrition of germinated brown rice production: Low-pressure plasma, Food Chem. 191: 120-127.

[8] Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Somporn pailin, K., 2009, Differential accumulations of proline and flavonoids in indica rice varieties against salinity, J. Bot. 41: 2497-2506.

[9] Umnajkitikorn, U., Faiyue, B. and Saengnil, K., 2013, Enhancing antioxidant properties of germinated Thai rice (*Oryza sativa* L.) cv. Kum Doi Saket with salinity, J. Rice Res. 1: 1-8.

[10] Daiponmak, W., Senakun, C. and Siriamornpun, S., 2014, Antiglycation capacity and antioxidant activities of different pigmented Thai rice, Int. J. Food Sci. Technol. 49: 1805-1810.

[11] Thammapat, P., Meeso, N. and Siriamornpun, S., 2015, Effects of NaCl and soaking temperature on the phenolic compounds, α-tocopherol, γ-oryzanol and fatty acids of glutinous rice, Food Chem. 175: 218-224.

[12] Chutipaijit, S., Cha-um, S. and Somporn pailin, K., 2011, High contents of proline and anthocyanin increase protective response to salinity in *Oryza sativa* L. spp. *Indica*, Aus. J. Crop Sci. 5: 1191-1195.

[13] Moongngarm, A. and Khomphiphatkul, E., 2011, Germination time dependence of bioactive compounds and antioxidant activity in germinated rough rice (*Oryza sativa* L.), Am. J. Appl. Sci. 8: 15-25.

[14] Prior, R.L., Wu, X. and Schaich, K., 2005, Standardized methods for the determination of antioxidant capacity and phenolics in foods and dietary supplements, J. Agric. Food Chem. 53: 4290-4302.

[15] Floegel, A., Kim, D.O., Chung, S.J., Koo, S.I. and Chun, O.K., 2011, Comparison of ABTS/DPPH assays to measure antioxidant capacity in popular antioxidant-rich US foods, J. Food Comp. Anal. 24: 1043-1048.

[16] AbdElgawad, H., Zinta, G., Hegab, M.M., Pandey, R., Asard, H. and Abuelsoud, W., 2016, High salinity induces different oxidative stress and antioxidant responses in maize seedlings organs. Front, Plant Sci. 7: 276-280.