ปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบข้าวอ่อน
Factors affecting bioactive substance content and antioxidant capacity of young rice leaves

ชนันภรณ์ ทองโรจน์[1] อรรถ ขันสี[2] และอัศพงษ์ อุประวรรณา*[2]

[1] สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา

[2] โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาลำปาง

Chananbhorn Thongrote*[1] Att Khunsee[2] and Utsaphong Uprawanna[2]

[1] Innovation and Technology Transfer Institute, University of Phayao

[2] School of Culinary Arts, Suan Dusit University, Lampang Center

รับบทความ: 30 กรกฎาคม 2565

แก้ไขบทความ: 12 ตุลาคม 2565

ตอบรับบทความ: 18 ธันวาคม 2565

บทคัดย่อ

ข้าวเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์เชิงอาหารได้หลากหลายและมีประโยชน์แตกต่างกันทั้งสายพันธุ์และรูปแบบการใช้ เช่น ข้าวเต็มเมล็ด ข้าวงอก และใบข้าวอ่อน เป็นต้น งานวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาและปัจจัย (อายุของใบข้าวอ่อน, สายพันธุ์ข้าว และสภาวะการปลูกข้าว) ที่ส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าว 4 สายพันธุ์ คือ ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอมและข้าวจมูกดำ ที่เจริญเติบโตในระยะ 8-11 วัน พบว่า ต้นอ่อนข้าวไรซ์เบอรี่ มีปริมาณสารประกอบฟีนอลและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด 540.01 มิลลิกรัมต่อกรัม และร้อยละ 86.36 ตามลำดับ ในขณะที่วัสดุปลูก คือ แกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า มูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า และมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลและสมบัติการต้านอนุมูลอิสระ แต่การใช้ปุ๋ยไส้เดือนร่วมกับการใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ต้นอ่อนข้าวเจริญเติมโตเร็วกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

คำสำคัญ : ใบข้าวอ่อน สารประกอบฟีนอล การต้านอนุมูลอิสระ

* **ผู้ประสานงาน (Corresponding Author)**
e-mail: utsaphong.u@gmail.com

Abstract

Rice is a crop that has numerous food utilities and different benefits in both cultivars and kinds of usability, such as whole kernels, germinated rice and young rice leaves. The purposes of this research were to study the rice morphology, factors (age of young rice leaves, cultivars, and planting conditions), affects biological properties and antioxidant capacities in four cultivars which are wheat, rice berry, Homdokphayom, and Jamookdam. The research results showed that after growing for a period between 8 to 11 days, the young Rice berry grass had the highest of total phenolic compound and antioxidant capacity, which were 540.01 mg/g fresh weight and 86.36%, respectively. Although, planting materials which were rice husk ash, earthworm manure and earthworm manure mixed with chemical fertilizer have insignificant impacts on the total phenolic compound and antioxidant capacities. However, earthworm manure mixed with chemical fertilizer has nomentous effect on rice growing ($p \leq 0.05$).

Keywords: Young rice leaves, Total phenolic compound, Antioxidant

บทนำ

ต้นอ่อนของธัญพืชต่าง ๆ ในช่วงระยะงอก เป็นพืชอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการสูง ประกอบไปด้วยสารอาหารหลักและสารอาหารรองและสารพฤกษเคมีที่สร้างขึ้นมาเพื่อใช้เป็นระบบป้องกันตัวเองในช่วงระยะการงอกเพื่อลดภาวะเครียดออกซิเดชันที่เกิดจากการปรับตัวเพื่อความอยู่รอดในสภาวะแวดล้อมใหม่ (ชุติมา, 2562) ซึ่งปริมาณไนโตรเจนมีความสำคัญในการสังเคราะห์แสง เนื่องจากจะถูกใช้ในการสังเคราะห์องค์ประกอบของเซลล์จำนวนมาก เช่น กรดอะมิโน โปรตีน คลอโรฟิลล์ และกรดนิวคลิอิก (Kusano et al., 2011; Makino, 2011; Pradhan et al., 2014) มีงานวิจัยรายงานว่า ต้นอ่อนและน้ำคั้นจากใบข้าวสาลีนั้นมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูง และมีสารป้องกันการถูกทำลายได้ดี (Akbas et al., 2017) นอกจากใบอ่อนของต้นข้าวสาลีจะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงแล้ว ต้นอ่อนของธัญพืชชนิดอื่นก็มีแนวโน้มที่จะมีคุณค่าทางโภชนาการสูงเช่นกัน รวมถึงใบอ่อนของต้นข้าวอ่อนสายพันธุ์ของไทย จากงานวิจัยมีการศึกษาคุณค่าทางโภชนาการของใบต้นข้าวอ่อน พบว่า มีคุณค่าทางโภชนาการ สารออกฤทธิ์ชีวภาพ และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงและเมื่อเปรียบเทียบกับใบต้นอ่อนของข้าวสาลี พบว่า ใบต้นอ่อนของข้าวไทยส่วนใหญ่มีปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวสาลี และมีอยู่หลายสายพันธุ์ที่มีปริมาณสารดังกล่าวสูงกว่าใบอ่อนของต้นข้าวสาลี (Khanthapok et al., 2015) และเมื่อพิจารณาสายพันธุ์ข้าวระหว่างข้าวสี และข้าวขาว (Colored rice and white-colored rice) พบว่า นอกจากความแตกต่างของสีตามธรรมชาติและความหลากหลายทางสายพันธุ์แล้ว องค์ประกอบทางพฤกษเคมีและสารอาหารก็แตกต่างกัน (Saleh et al., 2019) ใบข้าวจะมีปริมาณคลอโรฟิลล์สูง ซึ่งจะเป็นส่วนที่พืชใช้ในกระบวนการสังเคราะห์แสง รวมถึงสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพซึ่งจะกระจายไปยังส่วนต่าง ๆ ของพืช (Zaynab et al., 2018; Luo et al., 2020)

นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ศึกษาผลของอายุการเก็บต่อปริมาณพฤกษเคมีของใบข้าวขาวและข้าวสี พบว่าข้าวสีที่ถูกเก็บที่ 5-7 วัน มีปริมาณสารประกอบฟีนอล และฟลาโวนอยด์สูงสุด (Tamprasit et al., 2019) ในประเทศไทยมีความต้องการเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพเพิ่มขึ้น (Wangcharoen & Phimphilai, 2016) และเป็นเครื่องดื่มที่ประกอบด้วยสีเขียวจากธัญพืช เช่น ใบอ่อนข้าว ใบอ่อนข้าวสาลีและข้าวบาร์เลย์ (Gruenwald, 2009) จากศึกษาสารออกฤทธิ์ชีวภาพในข้าวสายพันธุ์จากไทย จึงเป็นฐานข้อมูลที่มีประโยชน์ที่ใช้ในการต่อยอดเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มทางเลือกทดแทนการใช้ใบข้าวสาลีข้าวบาร์เลย์อ่อนได้ และเป็นการเพิ่มทางเลือกและศักยภาพของการใช้ข้าวสายพันธุ์ไทยเป็นอาหารได้อย่างหลากหลายมากยิ่งขึ้น

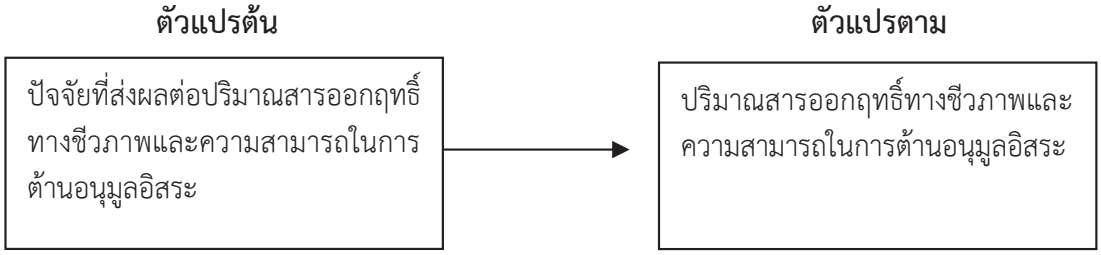
จากข้อมูลข้างต้นคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะศึกษาอายุการเพาะข้าวสายพันธุ์ต่าง ๆ คือ ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอม และข้าวจมูกดำ (สายพันธุ์พื้นเมือง) เทียบกับข้าวสาลี เพื่อศึกษาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและสารต้านอนุมูลอิสระ เพื่อให้เห็นศักยภาพและเป็นแนวทางในการนำใบข้าวอ่อนของไทยไปใช้ประโยชน์เชิงอาหารในอนาคต

วัตถุประสงค์

1) เพื่อศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าว 4 สายพันธุ์ และการเจริญเติบโตในสภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน

2) เพื่อศึกษาปัจจัย (อายุของใบข้าวอ่อน, สายพันธุ์ข้าว และสภาวะการปลูกข้าว) ที่ส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

กรอบแนวคิด



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ตัวอย่างสายพันธุ์ข้าวที่เลือกใช้ในการศึกษา ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอมและข้าวจมูกดำ (สายพันธุ์พื้นเมือง) และสภาวะการปลูก 3 แบบ ได้แก่ ปลูกในแกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า (แกลบดำ+น้ำเปล่า) ปลูกในมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า (มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า) และปลูกในมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี (มูลไส้เดือน+น้ำผสมปุ๋ยเคมี)

2. เครื่องมือในการวิจัยและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ

2.1 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 2 ตำแหน่ง (Ohaus: Model TS2KS, USA)

2.2 เครื่องชั่งไฟฟ้าทศนิยม 4 ตำแหน่ง (AND: Model HR-200, Japan)

2.3 เครื่องวัดสี (Minolta chroma meter:Model CR-300, Japan)

2.4 เครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง - Spectrophotometer- plate reader (SPECTRO star Nano: BMG LabTech, Germany)

2.5 ไมโครปิเปต (Biohit PLC, Finland)

2.6 อุปกรณ์เครื่องแก้ว

2.7 อุปกรณ์เครื่องครัว

3. การเก็บและรวบรวมข้อมูล

วางแผนการทดลองแบบ Factorial in Complete Randomized Design (CRD) โดยข้าวแต่ละสายพันธุ์ถูกเพาะตามวิธีของ Khanthapok et al. (2015) และนำใบข้าวหลังจากงอกในวันที่ 8, 9, 10 และ 11 แล้วนำไปศึกษาดังต่อไปนี้

- วัดความยาวโดยใช้ Vernier caliper (AACC, 1977)
- ปริมาณสารประกอบฟีนอล วิเคราะห์โดย Colormetric assay ด้วย Folin–Ciocalteu phenol reagent (Waterman and Mole, 1994)
- ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH Method (Brand-Williams et al., 1995)

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

นำผลการทดลองที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน แล้ววิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan’s New Multiple Range Test

ผลการวิจัย

ผลการศึกษาลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าว 4 สายพันธุ์ ได้แก่ ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอมและข้าวจมูกดำ (สายพันธุ์พื้นเมือง) (ตารางที่ 1) พบว่า เมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ในขณะที่ความยาวของข้าวไรซ์เบอรี่และข้าวหอมดอกพะยอมไม่แตกต่างกัน จากการวัดความยาวของเมล็ดข้าว 50 เมล็ด ($p > 0.05$) คือ 9.97 และ 10.06 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งยาวกว่าข้าวสาลี และข้าวจมูกดำที่มีลักษณะเม็ดสั้นอ้วน คล้ายเมล็ดข้าวญี่ปุ่น ($p \leq 0.05$) ส่วนความกว้างและความหนาของเมล็ดข้าว มีลักษณะที่แตกต่างกันทั้ง 4 สายพันธุ์ ซึ่งลักษณะดังกล่าวเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวแต่ละสายพันธุ์

ตารางที่ 1 ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวแต่ละสายพันธุ์

สายพันธุ์ข้าว	ภาพของเมล็ดข้าว	ยาว (มิลลิเมตร)	กว้าง (มิลลิเมตร)	หนา (มิลลิเมตร)
ข้าวสาลี		5.87^{c}±0.28	3.22^{a}±0.21	2.74^{a}±0.20
ข้าวไรซ์เบอรี่		9.97^{a}±0.50	2.25^{c}±0.17	1.70^{d}±0.11
ข้าวหอมดอกพะยอม		10.06^{a}±0.63	2.14^{d}±0.16	1.83^{c}±0.08
ข้าวจมูกดำ (พันธุ์พื้นเมือง)		9.48^{b}±0.83	2.94^{b}±0.19	2.03^{b}±0.16

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน/ ค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 50 ตัวอย่าง
: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวตั้ง หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการเจริญเติบโตของต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์ในสภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน ระหว่างการปลูกเป็นเวลา 8 ถึง 11 วัน (ตารางที่ 2) พบว่า ระหว่างการปลูกในวันที่ 8, 9, 10 และ 11 ต้นข้าวทุกสายพันธุ์มีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และปรากฏผลในลักษณะเดียวกันทั้ง 3 สภาวะการปลูก คือ การปลูกด้วยแกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า ปลูกด้วยดินมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า และดินมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่ปลูกในระยะเวลาเดียวกัน แต่ใช้สภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน พบว่า การปลูกข้าวด้วยดินมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี ต้นข้าวจะมีความสูงกว่าสภาวะการปลูกอื่น ($p \leq 0.05$) ซึ่งปรากฏขึ้นกับข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ และในทุกระยะวันที่ปลูกระหว่างวันที่ 8 ถึง 10 และเมื่อพิจารณาจากความสูงเฉลี่ยของข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่ระยะเวลาการปลูกเท่ากันพบว่า ข้าวที่ปลูกด้วยปุ๋ยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมีมีความสูงกว่า

ข้าวที่ปลูกในสภาวะอื่นประมาณ 1 เซนติเมตร ($p \leq 0.05$) แต่การใช้รดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมีอาจจะส่งผลเสียต่อการตกค้างของสารเคมีภายในดินจนนำไปสู่การเสื่อมสภาพของดิน และส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม เช่น เมื่อมีปุ๋ยเคมีตกค้างในดินจะถูกชะล้างลงสู่แหล่งน้ำทำให้สาหร่ายในแหล่งน้ำเจริญเติบโตและเพิ่มจำนวนอย่างรวดเร็ว ทำให้ระดับปริมาณออกซิเจนในน้ำลดลงก่อให้เกิดการเน่าเสียของแหล่งน้ำ และปุ๋ยเคมีบางชนิดยังส่งผลให้ดินมีสภาวะความเป็นกรดสูงขึ้นจนไม่เหมาะสำหรับการเพาะปลูกในอนาคต เป็นต้น (สาคร, 2556; สรพงค์, 2553)

ตารางที่ 2 ความสูงของต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์ในสภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน

สายพันธุ์ข้าว	สภาวะการปลูก	ความสูงของต้นข้าวที่ปลูกในแต่ละวัน (เซนติเมตร)			
		8	9	10	11
ข้าวสาลี	แกลบดำ+น้ำเปล่า	9.78^{dF}±0.31	10.58^{cF}±0.56	11.32^{bF}±0.56.	13.14^{aC}±0.29
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	9.77^{dF}±0.29	10.32^{cG}±0.22	11.14^{bG}±0.56	13.09^{aCD}±0.31
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	10.09^{dDE}±0.38	11.06^{cE}±0.53	12.66^{bCD}±0.37	14.09^{aB}±0.37
ข้าวไรซ์เบอรี่	แกลบดำ+น้ำเปล่า	10.41^{dB}±0.26	12.46^{cA}±0.35	13.44^{bA}±0.46	14.22^{aB}±0.38
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	10.22^{dC}±0.23	11.95^{cC}±0.42	12.97^{bB}±0.36	14.01^{aB}±0.35
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	11.40^{dA}±0.53	12.29^{cB}±0.40	13.59^{bA}±0.46	14.78^{aA}±0.43
ข้าวหอมดอกพะยอม	แกลบดำ+น้ำเปล่า	9.79^{dF}±0.33	10.56^{cF}±0.32	13.13^{bB}±0.25	12.83^{aD}±0.39
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	9.83^{dF}±0.23	10.69^{cF}±0.34	11.95^{bE}±0.60	12.48^{aE}±0.31
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	10.20^{dCD}±0.28	10.70^{cF}±0.33	12.53^{bD}±0.36	13.97^{aB}±0.40
ข้าวจมูกดำ (พันธุ์พื้นเมือง)	แกลบดำ+น้ำเปล่า	8.85^{dG}±0.33	9.76^{cH}±0.51	10.60^{bH}±0.40	11.70^{aF}±1.57
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	8.75^{dG}±0.26	9.56^{cI}±0.42	10.67^{bH}±0.38	11.56^{aF}±1.59
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	10.03^{dE}±0.30	11.50^{cD}±0.46	12.80^{bC}±0.36	13.24^{aC}±0.38

หมายเหตุ: ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน/ ค่าเฉลี่ยจากการเก็บข้อมูล 50 ตัวอย่าง

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์เล็กในแนวนอนที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษพิมพ์ใหญ่ในแนวตั้งที่แตกต่างกัน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลของใบข้าวพันธุ์ต่าง ๆ คือ ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอม และข้าวจมูกดำ (สายพันธุ์พื้นเมือง) ระหว่างการเพาะเป็นเวลา 8-11 วัน (ตารางที่ 3) พบว่า สภาวะการปลูก คือ ปลูกด้วยแกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า ปลูกด้วยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า และปลูกด้วยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี ไม่มีผลต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลในใบข้าวแต่ละชนิด ($p>0.05$) ในขณะที่ปริมาณสารประกอบฟีนอลในใบข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งข้าวไรซ์เบอรี่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลสูงสุด โดยไม่แตกต่างกันในวันที่ 8 ถึง 11 ของการปลูก ($p>0.05$) คือ 540.01 มิลลิกรัม/กรัม

ตารางที่ 3 ปริมาณสารประกอบฟีนอลของใบข้าวพันธุ์ต่าง ๆ ระหว่างการเพาะเป็นเวลา 8-11 วัน

สายพันธุ์ข้าว	สภาวะการปลูก[NS]	ปริมาณสารประกอบฟีนอลของใบข้าว ที่ปลูกในแต่ละวัน (มิลลิกรัม/กรัม)			
		8	9	10	11
ข้าวสาลี	แกลบดำ+น้ำเปล่า	439.38[a]±54.34	404.34[b]±8.14	408.53[b]±4.97	410.09[b]±6.24
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	404.86[c]±7.48	408.70[c]±5.23	404.86[c]±8.97	402.42[c]±4.79
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	416.02[c]±8.92	406.78[c]±17.16	409.22[c]±8.97	4.09.22[c]±6.34
ข้าวไรซ์เบอรี่	แกลบดำ+น้ำเปล่า	550.38[a]±6.19	526.95[a]±5.16	533.26[a]±10.98	527.63[a]±6.09
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	544.75[a]±9.59	542.94[a]±13.19	533.26[a]±6.28	540.01[a]±3.96
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	551.95[a]±34.09	535.96[a]±19.41	541.82[a]±25.92	537.09[a]±16.19
ข้าวหอมดอกพะยอม	แกลบดำ+น้ำเปล่า	349.34[d]±5.45	331.65[d]±16.03	348.60[d]±7.90	343.99[d]±2.87
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	326.68[d]±10.72	327.60[d]±6.64	336.07[d]±14.04	337.18[d]±9.52
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	330.92[d]±13.33	327.60[d]±6.64	328.15[d]±8.14	331.84[d]±14.20
ข้าวจมูกดำ (พันธุ์พื้นเมือง)	แกลบดำ+น้ำเปล่า	467.84[b]±8.56	465.28[b]±7.59	468.09[b]±6.45	469.89[b]±10.44
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	474.75[b]±5.38	470.66[b]±1.93	470.14[b]±5.38	472.45[b]±5.38
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	486.80[b]±18.23	484.23[b]±20.77	4.81.68[b]±16.24	484.30[b]±15.85

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (ˆ≤0.05)

: NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (p>0.05)

ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบข้าวพันธุ์ต่าง ๆ คือ ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอม และข้าวจมูกดำ (สายพันธุ์พื้นเมือง) ระหว่างการเพาะเป็นเวลา 8-11 วัน (ตารางที่ 4) พบว่า สภาวะการปลูก คือ ปลูกด้วยแกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า ปลูกด้วยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า และปลูกด้วยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี ส่งผลต่อความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบข้าวแต่ละชนิดไม่แตกต่างกันทางสถิติ (p>0.05) ในขณะที่ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบข้าวสายพันธุ์ต่างๆ มีความแตกต่างกันทางสถิติ (p≤0.05) โดยข้าวไรซ์เบอรี่มีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด และไม่แตกต่างกันในวันที่ 8 ถึง 11 ของการปลูก (p>0.05) ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระร้อยละ 83.97-86.54

ตารางที่ 4 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบข้าวระหว่างการเพาะเป็นเวลา 8-11 วัน

สายพันธุ์ข้าว	สภาวะการปลูก[NS]	ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ DPPH (ร้อยละ)			
		8	9	10	11
ข้าวสาลี	แกลบดำ+น้ำเปล่า	69.21[b]±0.21	67.39[b]±0.19	63.78[b]±1.32	64.97[b]±1.11
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	66.32[b]±1.04	66.57[b]±1.17	67.22[b]±1.04	66.63[b]±1.58
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	64.93[b]±0.87	66.42[b]±1.42	61.99[b]±0.81	65.39[b]±1.71
ข้าวไรซ์เบอรี่	แกลบดำ+น้ำเปล่า	82.54[a]±2.01	83.48[a]±1.71	83.45[a]±1.32	84.59[a]±1.21
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	83.87[a]±1.35	86.24[a]±1.01	85.55[a]±1.00	86.36[a]±1.62
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	85.32[a]±0.51	85.54[a]±1.02	86.54[a]±1.28	83.97[a]±1.09
ข้าวหอมดอกพะยอม	แกลบดำ+น้ำเปล่า	49.12[d]±0.83	48.39[d]±1.37	46.92[d]±2.31	47.22[d]±1.77
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	47.16[d]±1.32	46.87[d]±0.92	47.24[d]±1.30	48.35[d]±0.65
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	47.44[d]±1.22	47.91[d]±1.40	48.41[d]±1.00	49.47[d]±1.69
ข้าวจมูกดำ (พันธุ์พื้นเมือง)	แกลบดำ+น้ำเปล่า	55.43[c]±1.57	53.43[c]±1.72	54.59[c]±1.00	53.41[c]±1.07
	มูลไส้เดือน+น้ำเปล่า	54.417[c]±1.49	54.93[c]±1.08	54.23[c]±0.95	53.31[c]±1.72
	มูลไส้เดือน+น้ำปุ๋ยเคมี	54.44[c]±1.417	54.83[c]±1.21	54.71[c]±1.12	55.23[c]±1.15

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ย±ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

: ตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันในแนวนอน หมายถึง ค่าเฉลี่ยมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

: NS หมายถึง ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

อภิปรายผล

จากการศึกษาสภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน 3 สภาวะ คือ ปลูกด้วยแกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า ปลูกด้วยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า และปลูกด้วยมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี ในข้าว 4 สายพันธุ์ คือ ข้าวสาลี ข้าวไรซ์เบอรี่ ข้าวหอมดอกพะยอม และข้าวจมูกดำ (สายพันธุ์พื้นเมือง) ต่อลักษณะทางสัณฐานวิทยาของข้าวแต่ละสายพันธุ์ ความสูงของต้นข้าว ปริมาณสารประกอบฟีนอล และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบข้าว ระหว่างการปลูกเป็นเวลา 8 ถึง 11 วัน พบว่า ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเมล็ดข้าวละสายพันธุ์มีความแตกต่างกันทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งเป็นลักษณะเฉพาะของข้าวแต่ละสายพันธุ์ เมื่อเปรียบเทียบความสูงของต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์ระหว่างการปลูกเป็นเวลา 8 ถึง 11 วัน พบว่า ระหว่างการปลูกในวันที่ 8, 9, 10 และ 11 ต้นข้าวทุกสายพันธุ์มีความสูงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$) และปรากฏผลในลักษณะเดียวกันทั้ง 3 สภาวะการปลูก คือ การปลูกด้วยแกลบดำรดด้วยน้ำเปล่า ปลูกด้วยดินมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำเปล่า และดินมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ยเคมี และเมื่อเปรียบเทียบการเจริญเติบโตของต้นข้าวแต่ละสายพันธุ์ที่ปลูกในระยะเวลาเดียวกัน แต่ใช้สภาวะการปลูกที่แตกต่างกัน พบว่า การปลูกข้าวด้วยดินมูลไส้เดือนรดด้วยน้ำผสมปุ๋ย

เคมี ต้นข้าวจะมีความสูงกว่าสภาวะการปลูกอื่น ($p \leq 0.05$) ซึ่งปรากฏขึ้นกับข้าวทั้ง 4 สายพันธุ์ และในทุกระยะวันที่ปลูกระหว่างวันที่ 8 ถึง 10 โดยมีรายงานว่า สีของใบข้าวจะเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยไนโตรเจน และลดลงเมื่อเพิ่มปริมาณปุ๋ยโพแทสเซียม อย่างไรก็ตามการเพิ่มโพแทสเซียมจะลดสีเขียวของใบแต่จะเพิ่มร้อยละของผลผลิต ซึ่งการใช้ปริมาณปุ๋ยไนโตรเจนและโพแทสเซียม ควรใช้ในปริมาณที่เหมาะสม (Hou et al., 2020) ซึ่งจากผลการศึกษานี้สามารถนำไปใช้ในการเตรียมเพราะปลูกใบข้าวให้ได้ลักษณะของสีตามต้องการ เป็นส่วนหนึ่งของกระบวนการควบคุมคุณภาพวัตถุดิบใบข้าวเพื่อนำไปสู่การผลิตเป็นอาหาร นอกจากปัจจัยข้างต้นแล้ว ปัจจัยเกี่ยวกับชนิด สี และระยะเวลาการการให้แสงสว่างยังเป็นอีกปัจจัยที่สำคัญที่อาจส่งผลต่อคุณลักษณะและคุณภาพต่างๆ ของใบข้าว จึงเป็นอีกปัจจัยที่ควรศึกษาเพื่อควบคุมคุณภาพของใบข้าวเพื่อให้เกิดความสม่ำเสมอในการใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับการแปรรูปอาหารต่อไป

อายุและสายพันธุ์ของข้าวส่งผลต่อสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในใบข้าวอ่อนที่เพาะได้ ซึ่งสายพันธุ์เป็นปัจจัยหลักที่ส่งผลต่อปริมาณสารออกฤทธิ์ชีวภาพที่แตกต่างกัน โดยไม่พบความแตกต่างในตัวอย่างสายพันธุ์เดียวกันที่เพาะปลูกระหว่าง 8 ถึง 11 วัน เนื่องจากช่วงแรกในการเจริญเติบโตของต้นข้าวจะใช้สารอาหารจากเมล็ดข้าวโดยเปลี่ยนรูปไปเป็นโปรตีน คาร์โบไฮเดรตและไขมัน และสลายไปอยู่ในรูปของสารโมเลกุลเดี่ยว คือ กรดอะมิโน น้ำตาลเชิงเดี่ยวและกรดไขมัน (ชุติมา, 2562) โดยการใช้ปุ๋ยเคมีส่งผลให้ต้นข้าวเจริญเติบโตเร็วยิ่งขึ้นแต่ไม่ส่งต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

เมื่อเปรียบเทียบข้าว 4 สายพันธุ์ที่นำมาศึกษาปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ พบว่า ข้าวไรซ์เบอรี่ ให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงสุด สอดคล้องกับงานวิจัยของ Khanthapok et al. (2015) ที่พบว่า ใบข้าวสีจะมีสารพฤกษเคมีและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงกว่าข้าวขาว ซึ่งข้าวไรซ์เบอรี่เป็นข้าวสีที่มีสีแดงเมล็ดเริ่มปรากฏสีในระยะน้ำนม (Jiamyangyuen et al., 2017) ซึ่งเป็นสีของแอนโทไซยานิน คือ แอนโทไซยานิน 3 กลูโคไซด์ ซึ่งมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระสูงเมื่อเทียบกับกลุ่มสารประกอบฟีนอลชนิดอื่น

จากผลการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของใบข้าวที่ได้จากการศึกษาในครั้งนี้ สามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาผลิตภัณฑ์และดึงศักยภาพของคุณประโยชน์จากใบข้าวเพื่อตอบโจทย์สำหรับคนรักสุขภาพในอนาคต เช่น การใช้เป็นแหล่งสารต้านอนุมูลอิสระทั้งในรูปแบบอาหารเสริมหรือส่วนผสมของอาหารชนิดอื่น ๆ รวมไปถึงใช้เป็นวัตถุปรุงแต่งสีซึ่งโดยปกติใบข้าวจะมีสีเขียวจากคลอโรฟิลล์ และสารแต่งกลิ่น ซึ่งข้าวเป็นพืชตระกูลหญ้า การทำลายเซลล์ของพืชตระกูลหญ้าทำให้เกิดกลิ่นพิเศษที่เรียกว่า “กลิ่นหญ้าตัดใหม่” (Green leaf volatiles) ซึ่งเป็นสารกลุ่มอัลดีไฮด์และแอลกอฮอล์ของสารประกอบคาร์บอน ซึ่งเป็นกลิ่นที่ส่งผลให้เกิดความผ่อนคลาย พบได้ในพืชตระกูลหญ้า ชาเขียว และฮอปสำหรับผลิตเบียร์ (Morcol et al., 2020; Zeng et al., 2019) แต่ข้อมูลเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพเกี่ยวกับกลิ่นในใบข้าวอ่อนยังไม่มีการรายงานแน่ชัดจึงควรมีการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติม และอาจสามารถใช้สารสกัดหรือน้ำคั้นใบข้าวผลิตเป็นอาหารหรือเครื่องดื่มชนิดใหม่ที่ได้รับความชื่นชอบจากผู้บริโภคได้ โดยการใช้ใบข้าวอ่อนเป็นแหล่งของกลิ่นหญ้าตัดใหม่สำหรับผสมอาหารมีข้อได้เปรียบกว่าการใช้กลิ่นนี้จากชาเขียวและฮอป คือ ใบข้าวอ่อนไม่มีคาเฟอีนและรสขมเหมือนชาเขียวและฮอป ทำให้สามารถใช้ได้กับผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย

ยิ่งขึ้น และสามารถใช้ได้ในอาหารที่เป็นมิตรกับเด็กและผู้ที่ไม่สามารถบริโภคคาเฟอีนได้ จึงเป็นอีกหนึ่งประเด็นสำคัญที่ควรใช้ในการศึกษาต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. ข้าวแต่ละสายพันธุ์มีองค์ประกอบที่แตกต่างกัน ดังนั้นหากมีการเปลี่ยนแปลงสายพันธุ์ในการศึกษาควรมีการเก็บรวบรวมข้อมูลใหม่

2. ควรมีการศึกษาเชิงลึกถึงชนิดและปริมาณสารสำคัญในใบข้าวอ่อนแต่ละชนิด

3. ศึกษาหรือค้นคว้าเกี่ยวกับปัจจัยเรื่องแสงต่อสี สารออกฤทธิ์ชีวภาพ ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และคุณสมบัติด้านอื่นๆ ของใบข้าวอ่อน

4. ศึกษาคุณสมบัติเกี่ยวกับกลิ่นข้าวตัดใหม่ที่เกิดจากใบข้าวอ่อน และการประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมของอาหาร

5. ศึกษาการประยุกต์ใช้ใบข้าวอ่อนเพื่อใช้เป็นอาหารในรูปแบบอื่น ๆ เพื่อให้ง่ายและเป็นแนวทางต่อการใช้ประโยชน์ของผู้ประกอบการอาหารและผู้บริโภค

References

ชุติมา คงจรูญ. (2562). สารทดแทนผงชาเขียว: ผงใบข้าวหอม. พัทลุง: มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง สถาบันวิจัยและพัฒนา

เทพสุดา รุ่งรัตน์ และ ณัฐชัย แถวอุทุม. (2564). ผลของแสงธรรมชาติและแสงจาก light-emitting diode (LED) ต่อประสิทธิภาพการสังเคราะห์แสงและลักษณะอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในข้าว. วารสารแก่นเกษตร. 49(5). 1279-1287.

สรพงค์ เบญจศรี. (2553). เกษตรอินทรีย์ในประเทศไทย (Organic Agriculture in Thailand). *วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ. 13*(1), 78-88.

สาคร ศรีมุข. (2556). ผลกระทบจากการใช้สารเคมีทางการเกษตรของประเทศไทย (The Impact of the Use of Agricultural Chemicals in Thailand). 3(17)

AACC. 1977. Analytical Cereal Method. American Associated of Cereal Chemists, USA.

Akbas, E., Kilercioglu, M., Onder, O.N., Koker, A., Soyler, B. & Oztop, M.H., 2017. Wheatgrass juice to wheat grass powder: Encapsulation, physical and chemical characterization. *Journal of Functional Foods. 28,* 19-27.

Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E. & Berset, C. 1995. Use of free radical method to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology. 28*(1), 25-30.

Jiamyangyuen, S., Nuengchamnog, N. & Ngamdee, P., (2017) Bioactivity and Chemical Components of Thai rice in five stage of grain development, *Journal of Cereal Science. 75,* 136-144.

Gruenwald, J. (2009). Novel botanical ingredients for beverages. *Clinics in dermatology, 27*(2), 210-216.

Hou, W., Tränkner, M., Lu, J., Yan, J., Huang, S., Ren, T., Li, X. (2020). Diagnosis of nitrogen nutrition in rice leaves influenced by potassium levels. *Frontiers in Plant Science, 11,* 165.

Khanthapok, P., Muangprom, A., & Sukrong, S. (2015). Antioxidant activity and DNA protective properties of rice grass juices. *Sci. Asia, 41,* 119.

Kusano, M., Fukushima, A., Redestig, H., & Saito, K. (2011). Metabolomic approaches toward understanding nitrogen metabolism in plants. *Journal of Experimental Botany, 62*(4), 1439-1453.

Luo, H., He, L., Du, B., Pan, S., Mo, Z., Duan, M., . . . Tang, X. (2020). Biofortification with chelating selenium in fragrant rice: Effects on photosynthetic rates, aroma, grain quality and yield formation. *Field Crops Research, 255,* 107909.

Makino, A. (2011). Photosynthesis, grain yield, and nitrogen utilization in rice and wheat. *Plant physiology, 155*(1), 125-129.

Morcol, T.B., Negrin, A. Matthews, P.D. and Kennelly, E.K. (2020). Hope (Humulus lupulus L.) Terroir has lage effects on a glycosylated green leaf volatile but not on other aroma glycosides. *Food Chemistry.* 321. 1-7.

Pradhan, S., Patra, P., Mitra, S., Dey, K. K., Jain, S., Sarkar, S., Goswami, A. (2014). Manganese nanoparticles: impact on non-nodulated plant as a potent enhancer in nitrogen metabolism and toxicity study both in vivo and in vitro. *Journal of agricultural and food chemistry, 62*(35), 8777-8785.

Saleh, A. S., Wang, P., Wang, N., Yang, L., & Xiao, Z. (2019). Brown rice versus white rice: Nutritional quality, potential health benefits, development of food products, and preservation technologies. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18*(4), 1070-1096.

Tamprasit, K., Weerapreeyakul, N., Sutthanut, K., Thukhammee, W., & Wattanathorn, J. (2019). Harvest age effect on phytochemical content of white and black glutinous rice cultivars. *Molecules, 24*(24), 4432.

Wangcharoen, W., & Phimphilai, S. (2016). Chlorophyll and total phenolic contents, antioxidant activities and consumer acceptance test of processed grass drinks. *Journal of food science and technology, 53*(12), 4135-4140.

Waterman, P.G. & Mole, S. 1994. Analysis of phenolic plant metabolites. Oxford: Blackwell Scientific Publications. Phytochemitry. 38, 1,064.

Zaynab, M., Fatima, M., Abbas, S., Sharif, Y., Umair, M., Zafar, M. H., & Bahadar, K. (2018). Role of secondary metabolites in plant defense against pathogens. *Microbial pathogenesis, 124,* 198-202.

Zeng, L., Wang, X., Xiao, Y., Gu, D., Liao, Y., Xu, X., Jia, Y., Deng, R., Song, C. and Yang, Z. (2019). Elucidation of (Z)-3-Hexenyl-β-glucopyranoside Enhancement Mechanism under Stresses from the Oolong Tea Manufacturing Process. *Agricultural and Food Chemistry. 67.* 6541-6550.

คณะผู้เขียน/ผู้เขียน

นางสาวชนันภรณ์ ทองโรจน์

สถาบันนวัตกรรมและถ่ายทอดเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยพะเยา

19 หมู่ 2 ต.แม่กา อ.เมือง จ.พะเยา 56000

e-mail: Chananbhorn.t@gmail.com

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อรรถ ขันสี

โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาลำปาง

140 ถนนสุเรนทร์ ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52100

e-mail: att_khu@dusit.ac.th

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อัศพงษ์ อุประวรรณา

โรงเรียนการเรือน มหาวิทยาลัยสวนดุสิต ศูนย์การศึกษาลำปาง

140 ถนนสุเรนทร์ ตำบลสบตุ๋ย อำเภอเมืองลำปาง จังหวัดลำปาง 52100

e-mail: utsaphong.u@gmail.com