การเจริญเติบโตและปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพภายใต้แสงเทียมและการพัฒนาสารเคลือบบริโภคได้จากสารสกัดกล้วยไม้เหลืองจันทบูร

Growth and bioactives content of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f. under artificial lights and development of edible coating from an extract

พรพรรณ สุขุมพินิจ[1*], หยาดรุ้ง สุวรรณรัตน์[2] และ วริศชนม์ นิลนนท์[2]

Pornpan Sukhumpinij[1*], Yardrung Suwannarat[1] and Waritchon Ninlanon[2]

Received: 19 July 2023; **Revised**: 5 September 2023; **Accepted**: October 2023

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและสารออกฤทธิ์กล้วยไม้เหลืองจันทบูรโดยนำกล้วยไม้อายุ 1 ปี มาเลี้ยงภายใต้แสง LEDs ที่แตกต่างกัน จากนั้นนำสารสกัดลำลูกกล้วยกล้วยไม้เหลืองจันทบูรไปศึกษาสารเคลือบบริโภคได้ ผลการศึกษาการเลี้ยงกล้วยไม้เหลืองจันทบูรภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกันเป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าการเจริญเติบโตทางด้านความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำลูกกล้วยไม่แตกต่างกันทางสถิติ และเมื่อนำลำลูกกล้วยของกล้วยไม้อายุ 7 เดือน ภายหลังการเลี้ยงด้วยแสงสีต่างๆ มาวิเคราะห์คุณสมบัติของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ พบว่าค่า IC_{50} ของสารสกัดกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีม่วงมีค่าต่ำกว่าสารสกัดจากกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่พบปริมาณสูงที่สุดในสารสกัดที่เลี้ยงด้วยแสงสีม่วง แสดงถึงแนวโน้มที่ดีในการเลี้ยงกล้วยไม้ภายใต้แสง LEDs เพื่อควบคุมปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ต้องการได้เมื่อเทียบกับการปลูกในธรรมชาติ ส่วนการศึกษาสารเคลือบบริโภคได้จากสารสกัดกล้วยไม้ ทำการศึกษาการชะลอการเปลี่ยนแปลงคุณภาพ และยืดอายุการเก็บรักษาของกล้วยไข่และมะนาว พบว่า การใช้สารเคลือบให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ โดยการใช้สารเคลือบมีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยไข่และมะนาว และมีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ความหวาน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดของกล้วยไข่ ซึ่งเป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรสารเคลือบกล้วยไข่และมะนาวต่อไป

คำสำคัญ: แสง LEDs, เหลืองจันทบูร, ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ, สารเคลือบผิว, สารเคลือบบริโภคได้

Abstract

The purpose of this research was to study the growth and bioactive compounds of one-year-old *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f. cultured under different LEDs light conditions. The pseudobulb of orchid extracts was used to study edible coatings. No significant differences of plant height and diameter were found when culturing under different LEDs light conditions for 6 months. The analysis of bioactive compounds from the pseudobulb of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f. incubated under different light conditions for 7 months found that the IC_{50} value of extract of orchid grown under purple light was statistically significantly lower than that of other light colors, corresponding to the total phenolic content of orchid extracts and the total flavonoid content from the orchids extracts from the purple light cultured. The results for culturing orchids under the LEDs to control the required amount of active ingredient were

[1] *ผู้ช่วยศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000*

[2] *รองศาสตราจารย์, คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี จังหวัดจันทบุรี 22000*

[1] *Assistant. Profersor., Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000*

[2] *Associate. Profersor., Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000*

** Corresponding author; Pornpan Sukhumpinij, Faculty of Agricultural Technology, Rambhai Barni Rajabhat University, Chanthaburi 22000. Email: pornpan.s@rbru.ac.th*

generally better compared to the natural planting. Edible coatings were studied from orchid extracts with the objective of finding ways to delay changes in quality and to extend the shelf life of Kluai Khai and lime. It was found that there were no significant differences for the application of coating agent to delay the color change of Kluai Khai and lime, and delay changes in firmness, sweetness, pH value and the acid content of Kluai Khai. This information provides guidelines for further development of Kluai Khai and lime of coating formulations in future.

Keywords : LEDs light, *dendrobium friedericksianum* Rchb.f., antioxidant activity, coating, edible coating

บทนำ

กล้วยไม้เหลืองจันทบูร (*dendrobium friedericksianum* Rchb.f.) เป็นดอกไม้ประจำจังหวัดจันทบุรี ซึ่งมีแหล่งกำเนิดอยู่ที่จันทบุรี และตราด เป็นกล้วยไม้อิงอาศัย มีลักษณะของลำลูกกล้วยรูปทรงกระบอก ใบรูปไข่ เป็นกล้วยไม้ที่มีค่าทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่ง ดอกของกล้วยไม้เหลืองจันทบูรมีลักษณะเป็นดอกเดี่ยว ออกตามข้อเกือบตลอดทั้งลำ กลีบดอกสีเหลืองสดเป็นมัน อาจมีแต้มสีม่วงแดงบริเวณโคนกลีบปาก หรือไม่มีแต้มเลย (อบฉันท์ ไทยทอง, 2549) ประโยชน์ของกล้วยไม้สกุลนี้นอกจากเป็นไม้ประดับแล้ว ยังสามารถนำส่วนต่างๆ มาใช้ทางยาได้ ประเทศจีนเป็นประเทศแรกที่มีการเพาะปลูกกล้วยไม้และนำมาใช้เป็นยาสมุนไพร สำหรับตำรับยาสมุนไพรกล้วยไม้สกุลหวายที่รู้จักอย่างแพร่หลายคือ สือ-หู (Shi-Hu) ซึ่งประกอบด้วย *Dendrobium* หลายชนิด เช่น *D. nobile, D. loddigesii, D. fimbriatum, D.chrysanthum* และ *D. candidum* ซึ่งมีข้อบ่งใช้ตามตำรับยา Chinese Pharmacopoeia ในการรักษาโรคต่างๆ เช่น โรคตับ โรคไต บำรุงกระเพาะอาหาร แก้อาการปวด ลดไข้ ลดบวม เป็นต้น (Hossain, 2011) นิสา จุลโพธิ์ (2559) ทำการศึกษาสารสกัดจากดอกกล้วยไม้สกุลหวาย 4 ชนิด พบว่า กล้วยไม้สายพันธุ์เอียสกุล สายพันธุ์เจสซิก้า สายพันธุ์บูรณะเจต และสายพันธุ์ขาว 5 เอ็น พบสารพฤกษเคมีหลายชนิด ได้แก่ เทอร์พีนอยด์ สเตียรอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ฟลาโวนอยด์ แทนนิน และคูมาริน จากการศึกษาข้างต้น สารสกัดกล้วยไม้สกุลหวายสายพันธุ์ต่าง ๆ สามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางยา หรือทำเป็นผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้ ดังนั้นจึงควรนำมาศึกษาวิจัยเพื่อพัฒนาศักยภาพในการผลิต เพื่อเพิ่มมูลค่า และสร้างช่องทางการตลาดใหม่ๆ เพิ่มมากขึ้น

แสงที่พืชนำมาใช้ประโยชน์ในการสังเคราะห์ด้วยแสงเพื่อการเจริญเติบโต สร้างใบ ดอก และผล คือ แสงในช่วงที่มนุษย์มองเห็น (Visible light) ซึ่งเป็นแสงที่มีความยาวคลื่น 380-770 นาโนเมตร แต่จะมีช่วงแสงเฉพาะที่พืชใช้ในการสังเคราะห์ด้วยแสง ที่เรียกว่า Photo synthetically active radiation (PAR) อยู่ในช่วงความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร ซึ่งสำคัญมากต่อพืชในการใช้พลังงานเพื่อสังเคราะห์ด้วยแสง มีการศึกษาการใช้แสงเทียมด้วยแสงจากหลอด LEDs เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิตกล้วยไม้ โดยสัดส่วนของแสงสีแดงและสีน้ำเงินของหลอดไฟ LEDs สามารถเพิ่มการสะสมของแอนโทไซยานินท์และฟลาโวนอยด์ได้ และเพิ่มการผลิต Plant secondary metabolites ได้อีกด้วย นอกจากสัดส่วนของแสงสีแดงและสีน้ำเงินยังพบว่า แสงสีเขียว สีเหลือง หรือการผสมระหว่างแสงสีแดงและแสงสีขาว สามารถเพิ่มฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้มากขึ้นด้วย (Hasan *et al.*, 2017) จิตราพรรณ พิลึก (2550) ใช้หลอดแอลอีดีเพื่อทดแทนหลอดฟลูออเรสเซนต์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้ พบว่าการใช้หลอดแอลอีดีสีแดง 90 เปอร์เซ็นต์ และสีน้ำเงิน 10 เปอร์เซ็นต์ ช่วยในการพัฒนาตาบนก้านช่อดอกได้สูงกว่าการใช้หลอดฟลูออเรสเซนต์ และช่วยเพิ่มจำนวนเนื้อเยื่อมากกว่า 2.5 เท่า และในการเลี้ยงต้นกล้าขนาดเล็กในสภาพปลอดเชื้อเป็นเวลา 120 วัน ทำให้ต้นกล้ามีน้ำหนักสด และความสูงมากกว่าต้นกล้าที่เลี้ยงด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์อย่างมีนัยสำคัญ วันทนา สมบูรณ์ทรัพย์ และคณะ (2558) ทำการศึกษาไดโอดเปล่งแสง (LEDs) ต่อการเพิ่มจำนวนของโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ (PLBs) ของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนียเอียสกุลในสภาพปลอดเชื้อ พบว่า PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสงสีแดงจากหลอด LEDs มีน้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด โดยมีจำนวน PLBs เพิ่มขึ้นมากกว่าแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ 28.6 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจึงมีความเป็นไปได้ในการปลูกเลี้ยงกล้วยไม้เหลืองจันทบูรภายใต้สภาพแสงสีต่างๆ เพื่อเพิ่มศักยภาพในการผลิต และศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกล้วยไม้เหลืองจันทบูร ซึ่งกล้วยไม้สกุลหวายเป็นพืชที่พบว่ามีสารพฤกษเคมีต่างๆ จำนวนมาก และมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระรวมสูง และพบว่าฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียทั้งแกรมบวกและแกรมลบ และมีฤทธิ์ต้านออกซิเดชันได้ (นิสา จุลโพธิ์, 2559 ; วาสนา ประภาเลิศ และคณะ, 2561) ดังนั้น ด้วยคุณสมบัติดังกล่าวจึงสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางยาหรือเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องสำอางได้ หรือการนำสารสกัดมาใช้ประโยชน์อย่างเช่น สารเคลือบบริโภคได้ทดแทนบรรจุภัณฑ์จากพลาสติก ในปัจจุบันพบว่าบรรจุภัณฑ์ประเภทพลาสติกเป็นปัญหาสำคัญ และมีผลกระทบต่อผู้บริโภค เนื่องจากมีสารที่ก่อมะเร็งปอด ตับ ต่อมน้ำเหลือง

และผิวหนัง การใช้ฟิล์ม สารเคลือบที่บริโภคได้ ทำได้ด้วยวิธีการต่างๆ เช่น การห่อหุ้ม การจุ่ม การแปรง หรือการพ่นฝอย เพื่อป้องกันการระเหยของก๊าซ และควบคุมการแลกเปลี่ยนเข้าออกของก๊าซจากอาหารที่ห่อหุ้ม ซึ่งฟิล์มของสารเหล่านี้ทำหน้าที่ขวางกั้นสารละลาย ก๊าซ ความชื้น สามารถชะลออัตราการหายใจ การสูญเสียน้ำ ยับยั้งปฏิกิริยาออกซิเดชัน และป้องกันการเกิดสีน้ำตาลในผลผลิตหลังการเก็บเกี่ยว (พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์, 2562)

ดังนั้นวัตถุประสงค์ในการศึกษาครั้งนี้เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตและสารออกฤทธิ์กล้วยไม้เหลืองจันทบูรภายใต้แสง LEDs ที่แตกต่างกัน และนำสารสกัดจากกล้วยไม้เหลืองจันทบูรไปศึกษาสารเคลือบบริโภคได้ต่อไป

การทดลอง

1. การศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เหลืองจันทบูรภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน

มีการวางแผนการทดลองแบบ Completely Randomized Design (CRD) แบ่งการทดลองออกเป็น 4 สิ่งทดลองๆ ละ 10 ซ้ำๆ ละ 1 ต้น โดยกำหนดการเลี้ยงในสภาพแสงที่แตกต่างกันดังนี้คือ สิ่งทดลองที่ 1 แสงสีขาว, สิ่งทดลองที่ 2 แสงสีส้ม (LEDs อัตราส่วน Warm white 165 ดวง : Red 60 ดวง), สิ่งทดลองที่ 3 แสงสีม่วง (LEDs อัตราส่วน Red 165 ดวง : Blue 60 ดวง) และสิ่งทดลองที่ 4 แสงชมพู (LEDs อัตราส่วน Red 77 ดวง : Blue 44 ดวง : Orange 77 ดวง : White 24 ดวง) ตามลำดับ ดำเนินการทดลองโดยทำการเตรียมกล้วยไม้เหลืองจันทบูรอายุ 1 ปี มีความสูงเฉลี่ยเริ่มต้น 10.50 เซนติเมตร, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำลูกกล้วยเฉลี่ยเริ่มต้น 0.55 เซนติเมตร และมีจำนวนใบเฉลี่ยเริ่มต้น 5.40 ใบ จากนั้นนำกล้วยไม้เหลืองจันทบูรไปเลี้ยงภายในสภาพแสงสีต่างๆ สังเกตและบันทึกผลการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เหลืองจันทบูร โดยวัดความสูง, ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำลูกกล้วย และจำนวนใบของกล้วยไม้เหลืองจันทบูร นำข้อมูลทางความสูงและขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ทุก 1 เดือน นำมาวิเคราะห์ผลการทดลองโดยใช้โปรแกรม SPSS version 22 วิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) กำหนดความเชื่อมั่นทางสถิติ $p \leq 0.05$)

2. การศึกษาสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพของกล้วยไม้เหลืองจันทบูร

2.1 การเตรียมตัวอย่างการสกัดสารจากลำลูกกล้วยกล้วยไม้

นำส่วนลำลูกกล้วยของกล้วยไม้เหลืองจันทบูรได้จากการเลี้ยงภายใต้สภาพแสงสีต่างๆ เป็นระยะเวลา 7 เดือน มาอบแห้งและบด จากนั้นสกัดด้วยวิธีอัลตราโซนิค (Prommajak *et al*., 2014) โดยชั่งตัวอย่างบดแห้งของกล้วยไม้ปริมาณ 5.0 กรัม เติมตัวทำละลายเอทานอลความเข้มข้นร้อยละ 60 ปริมาตร 50 มิลลิลิตร นำไปสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิคที่ความถี่ 40 กิโลเฮิรตซ์ (kHz) เป็นเวลา 10 นาที กรองสารละลายที่ได้ด้วยกระดาษกรอง (Whatman No.1) สกัดซ้ำอีก 2 ครั้ง โดยเติมตัวทำละลายในปริมาณเท่าเดิม และสกัดด้วยเครื่องอัลตราโซนิค จากนั้นนำสารละลายที่สกัดไประเหยจนแห้งด้วยเครื่องระเหยสุญญากาศ (evaporator) จะได้สารสกัดหยาบของต้นกล้วยไม้ บันทึกน้ำหนักของ สารสกัดหยาบที่ได้

2.2 การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม

การวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวม ดัดแปลงตามวิธีของ Chidambara *et al*., (2002) นำสารสกัดต้นกล้วยไม้เหลืองจันทบูรปริมาณ 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 3 มิลลิลิตร และเติมสาร Folin–Ciocalteu ปริมาณ 0.25 มิลลิลิตร นำไปเขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า เก็บไว้ในที่มืดนาน 10 นาที เติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนตความเข้มข้นร้อยละ 7.5 ปริมาตร 3 มิลลิลิตร ตั้งไว้ในที่มืดเพื่อให้สารทำปฏิกริยาเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาคำนวณหาปริมาณสารประกอบฟีนอลิก โดยเปรียบเทียบจากสมการกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก บันทึกผลปริมาณสารประกอบฟีนอลิกรวมเป็นมิลลิกรัมสมมูลของกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดหยาบ

2.3 การวิเคราะห์ปริมาณฟลาโวนอยด์รวม

หาปริมาณฟลาโวนอยด์รวมด้วยวิธี Aluminium trichloride ($AlCl_3$) colorimetric โดยใช้เคอร์ซิติน (quercetin) เป็นสารมาตรฐาน เตรียมสารละลายมาตรฐานเคอร์ซิตินความเข้มข้น 0.002-0.016 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดจากลำลูกกล้วยกล้วยไม้ความเข้มข้น 1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมน้ำกลั่น 2

มิลลิลิตร และอะลูมิเนียมไตรคลอไรด์ ($AlCl_3$ reagent) ความเข้มข้นร้อยละ 1.0 (น้ำหนักต่อปริมาตร) ปริมาตร 1 มิลลิลิตร เขย่าให้เข้ากันด้วยเครื่องเขย่า บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 10 นาที หลังจากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 42 วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ที่ความยาวคลื่น 415 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้มาเทียบหาปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวม โดยเทียบจากกราฟมาตรฐานของเคอร์ซิติน บันทึกผลปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมเป็นไมโครกรัมสมมูลเคอร์ซิตินต่อกรัมสารสกัดหยาบ

2.4 การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ

วิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH radical scavenging ดัดแปลงจากวิธีของ Singhatong *et al*., (2010) โดยเตรียมตัวอย่างสารสกัดกล้วยไม้เหลืองจันทบูรที่ความเข้มข้น 0, 100, 200, 300, 400 และ 500 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปิเปตสารสกัดปริมาตร 1 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลองเติมสารละลาย DPPH radical scavenging ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 3.0 มิลลิลิตร พร้อมกับทำหลอดควบคุมโดยใช้น้ำกลั่น เขย่าให้เข้ากันแล้วไปตั้งไว้ในที่มืดนาน 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ทำการทดลอง 3 ซ้ำ คำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH โดยมีสูตรการคำนวณ ดังนี้

ร้อยละการยับยั้ง = [(A control - A sample) / A control] x 100

โดย A sample = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดทดสอบ

และ A Control = ค่าการดูดกลืนแสงของชุดควบคุม

นำค่าร้อยละการยับยั้ง ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ มาสร้างกราฟเพื่อคำนวณหาค่า IC_{50} เมื่อค่า IC_{50} คือความเข้มข้นของสารสกัดที่ร้อยละการยับยั้งลดลง ร้อยละ 50

3. การเตรียมตัวอย่างสำหรับเคลือบผิว

วัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองคือ กล้วยไข่ และมะนาว คัดเลือกกล้วยไข่สายพันธุ์กำแพงเพชร จากสวนผลไม้ในจังหวัดจันทบุรี โดยมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 60 วัน (นับจากแทงปลี) ผลสีเขียวไม่มีตำหนิปราศจากโรคและแมลง ส่วนมะนาวใช้มะนาวแป้นพิจิตร ซื้อจากตลาดผลไม้ อำเภอเมืองจันทบุรี คัดเลือกเฉพาะผลที่มีสีเขียวมีความสม่ำเสมอ นำวัตถุดิบจุ่มลงในสารละลายคลอรีนเข้มข้น 50 ppm นาน 5 นาที เพื่อยับยั้งการเกิดเชื้อโรคภายหลังการเก็บเกี่ยว ผึ่งให้แห้งเพื่อเตรียมสำหรับเคลือบสารสกัดในขั้นตอนต่อไป

3.1 การเคลือบสารเคลือบผิว

การทดลองสารเคลือบผิวมีทั้งหมด 5 สิ่งทดลอง คือ สิ่งทดลองที่ 1 ไม่ชุบสารเคลือบผิว (ควบคุม) สิ่งทดลองที่ 2 สารเคลือบผิวซึ่งไม่มีส่วนผสมของสารสกัดจากกล้วยไม้ สิ่งทดลองที่ 3 สารเคลือบผิวที่มีส่วนผสมของสารสกัดจากกล้วยไม้ 0.5 % สิ่งทดลองที่ 4 สารเคลือบผิวมีส่วนผสมของสารสกัดจากกล้วยไม้ 1.0% และสิ่งทดลองที่ 5 สารเคลือบผิวมีส่วนผสมของสารสกัดจากกล้วยไม้ 1.5% นำกล้วยไข่และมะนาวที่เตรียมไว้จุ่มลงในสารเคลือบผิวให้ทั่วถึง จากนั้นนำผึ่งให้แห้ง และบรรจุในภาชนะกล่องกระดาษลูกฟูก เก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30±2 องศาเซลเซียส ความชื้นสัมพัทธ์ 70±5% เป็นเวลา 7 วัน โดยสุ่มตัวอย่างทุกวัน ชุดการทดลองละ 3 ซ้ำ และนำวิเคราะห์คุณภาพทุกวันเป็นระยะเวลา 7 วัน ดังนี้

1. การสูญเสียน้ำหนัก นำแต่ละสิ่งทดลองชั่งน้ำหนักเริ่มต้น และเก็บตัวอย่าง นำออกมาชั่งน้ำหนักทุกวันที่วิเคราะห์ผล แล้วนำมาคำนวณหาเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้ำหนัก ดังนี้

เปอร์เซ็นต์การสูญเสีย =[(น้ำหนักเริ่มต้น - น้ำหนัก ณ วันที่ตรวจผล) x 100 ÷ น้ำหนักเริ่มต้น]

2. การเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลวัดสีผิว โดยใช้เครื่องวัดสี Chroma meter ซึ่งค่าที่ได้แสดงออกมา เป็นค่าความสว่าง (*L**) ค่าสีเขียว (*a**) ค่าสีเหลือง (*b**) ค่าความสว่างของสี (*L**) เมื่อค่า *L* มีค่าเข้าใกล้ 0 หมายถึง ผลิตผลมีผิวคล้ำ ถ้าเข้าใกล้ 100 แสดงว่ามีความสว่าง ค่าความเป็นสีเขียว (*a**) มีค่าอยู่ ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบ แสดงว่า ผลิตผลมีสีเขียว หากเป็นบวก แสดงว่าผลิตผลมีสีแดง ถ้าค่า *a** ต่ำมาก แสดงว่าผลิตผลมีสีเขียว ส่วนค่าสีเหลือง (*b**) มีค่าอยู่ระหว่าง -60 ถึง +60 เมื่อมีค่าเป็นลบ แสดงว่าผลิตผลมีสีน้ำเงิน หากเป็นบวก แสดงว่าผลิตผลมีสีเหลือง หากมีค่าสูงมาก แสดงว่าผลิตผลมีสีเหลือง

3. การวิเคราะห์คุณภาพกายภาพและเคมี

3.1 การวัดความแน่นแข็ง (texture) โดยนำตัวอย่างวัดความแน่นเนื้อ ด้วยเครื่อง Penetrometer หน่วยเป็น Kg/cm^2

3.2 ค่าความเป็นกรดด่าง (pH) ด้วย pH meter

3.3 ค่าความเป็นกรด (% Total acidity)

3.4 ค่าความหวาน (% Brix) ด้วย Hand refractometer

ผลการทดลองและอภิปรายผล

1. ผลการศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้เหลืองจันทบูรภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน

ผลการศึกษาการเลี้ยงกล้วยไม้หวายจันทบูรภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกันคือ แสงฟลูออเรสเซนต์สีขาว, แสงสีส้ม LEDs อัตราส่วน Warm white 165 ดวง : Red 60 ดวง, แสงสีม่วง LEDs อัตราส่วน Red 165 ดวง : Blue 60 ดวง และแสงสีชมพู LEDs อัตราส่วน Red 77 ดวง : Blue 44 ดวง : Orange 77 ดวง : White 24 ดวง เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่า การเจริญเติบโตทางด้านความสูง และขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำลูกกล้วย ไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วน แสงสีขาว สีส้ม และสีม่วง ส่งผลให้มีจำนวนใบมากกว่าแสงสีชมพู แสดงใน Table 1 เช่นเดียวกับ วันทนา สมบูรณ์ทรัพย์ และคณะ (2558) ทำการศึกษาผลของไดโอดเปล่งแสง (LEDs) ต่อการเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ (PLBs) ของกล้วยไม้สกุลหวายโซเนียเอียสกุลในสภาพปลอดเชื้อพบว่า PLBs ที่เลี้ยงภายใต้แสงสีแดงจากหลอด LEDs มีจำนวน PLBs น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งสูงที่สุด โดยมีจำนวน PLBs เพิ่มขึ้นมากกว่าแสงสีขาวจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ถึงร้อยละ 28.6 ในขณะที่แสงสีต่างๆ จากหลอด LEDs มีผลต่อการเพิ่มจำนวนของ PLBs ไม่แตกต่างกันทางสถิติ

Table 1 Effect of different color of light on plant growth of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f. after cultured for 6 months

Light condition	Plant height (cm)	Pseudobulb diameter (cm)	Number of leaves
white	23.47	0.61	11.75[a]
orange	23.22	0.78	8.90[a]
purple	20.43	0.67	8.10[a]
pink	20.64	0.74	3.20[b]

Means with different letter within column are significantly different at ($p \leq 0.05$).

ซึ่งสอดคล้องกับ Phanumas and Kamplon (2007) ที่ทำการศึกษาและพัฒนาระบบกำเนิดแสงเทียมด้วยไดโอดเปล่งแสงสีแดง (640 นาโนเมตร) และสีน้ำเงิน (470 นาโนเมตร) เพื่อศึกษาการเจริญเติบโตของกล้วยไม้ช้างแดงไทย พบว่า กล้วยไม้ที่ทดลองปลูกภายใต้ไดโอดเปล่งแสงสีแดงมีอัตราการเจริญเติบโตของขนาดใบ จำนวนใบ ความยาวราก และจำนวนราก ดีว่ากล้วยไม้ที่ปลูกด้วยแสงสีน้ำเงิน และแสงธรรมชาติ

2. ผลการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ของสารสกัดกล้วยไม้

เมื่อนำกล้วยไม้จากการผ่านการเลี้ยงในแสงสีที่แตกต่างกัน เป็นระยะเวลา 7 เดือน มาสกัดสารออกฤทธิ์ หาปริมาณผลผลิตและวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์ และค่า IC_{50} ได้ผลการทดลองแสดงใน Table 2 พบว่าปริมาณผลผลิตของสารสกัดกล้วยไม้จากการเลี้ยงด้วยแสงสีที่ต่างกันไม่แตกต่างกันทางสถิติ ส่วนปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดกล้วยไม้ที่ได้จากการเลี้ยงด้วยแสงสีม่วงมีปริมาณสูงสุดโดยมีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) กับปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดที่ได้จากการเลี้ยงด้วยแสงสีชมพู แสงสีขาวและแสงสีส้ม ส่วนปริมาณฟลาโวนอยด์รวมของสารสกัดกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีต่างๆ ให้ผลไปในทางเดียวกับปริมาณฟีนอลิกรวม ซึ่งพบว่าสารสกัดที่ได้จากการเลี้ยงด้วยแสงสีม่วงมีปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงกว่าแสงสีอื่นๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) จากผลการทดลอง พบว่าปริมาณผลผลิตของสารสกัดกล้วยไม้ที่ได้สำหรับผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีต่าง ๆ ด้วยวิธี DPPH radical scavenging และวิธี ABTS radical scavenging โดยรายงานเป็นค่า IC_{50} จากผลการทดลองพบว่าค่า IC_{50} ของสารสกัดกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีม่วงมีค่าต่ำกว่าสารสกัดจากกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีอื่น ๆ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมที่พบปริมาณสูงที่สุดในสารสกัดที่เลี้ยงด้วยแสงสีม่วง แตกต่างกับรายงานวิจัยของ Yeow *et al* (2020) ที่รายงานว่าการใช้แสงสีขาวจากหลอด LEDs สามารถเพิ่มปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในโปรโตคอร์มไลท์บอดี้ (PLBs) ของกล้วยไม้สกุลหวายลูกผสมในสภาพปลอดเชื้อ เนื่องจากแสงสีขาวมีความยาวคลื่นที่เหมาะสมต่อความต้องการของพืช และไม่มีการปลดปล่อยความร้อนเหมือนหลอดฟลูออเรสเซนต์ ผลการทดลองที่ได้แสดงถึงแนวโน้มที่ดีในการเลี้ยงกล้วยไม้ภายใต้แสง LED เพื่อลดเวลาในการปลูก และสามารถควบคุมปริมาณสารออกฤทธิ์ที่ต้องการได้เมื่อเทียบกับการปลูกในธรรมชาติ

Table 2 Yield and properties of bioactive compounds of *Dendrobium friedericksianum* Rchb.f. stem extracts cultured different light conditions for 7 months

Phytochemical content	Light conditions			
	white	orange	purple	pink
Yield of crude extract (percentage)	8.31±0.25	8.06±0.79	7.89±0.37	8.44±0.17
Total phenolic content (mgGAE.g^{-1})	9.10±0.20^{b}	9.01±0.06^{b}	9.71±0.06^{a}	9.23±0.07^{b}
Flavonoid content (mgQE.g^{-1})	188.44±3.87^{b}	180.07±3.63^{c}	194.38±2.32^{a}	174.56±2.32^{c}
IC_{50} DPPH radical scavenging (mg/mL)	1456.39±27.35^{b}	1496.72±6.37^{a}	1128.58±25.84^{d}	1189.57±7.35^{c}
IC_{50} ABTS radical scavenging (mg/mL)	801.06±20.65^{b}	823.81±32.44^{ab}	639.41±14.96^{c}	868.13±28.94^{a}

Means with different letter within row are significantly different at ($p \leq 0.05$).

3. ผลของการเคลือบสารเคลือบผิว

ผลของการเคลือบสารเคลือบผิวในการชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยไข่และมะนาว และมีผลต่อการยืดอายุการเก็บรักษา โดยมีผลชะลอการเปลี่ยนแปลงของสี ค่าความสว่าง สีเขียวและสีเหลือง ในระยะเวลาเก็บรักษา 7 วัน ผลการทดลองพบว่าการใช้สารเคลือบผิวทุกระดับความเข้มข้นไม่แตกต่างกันทางสถิติ แสดงใน Table 3 และ 4 กล้วยไข่ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารสกัดเข้มข้น 1% มีแนวโน้วช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่างได้มากที่สุด และมีการเปลี่ยนแปลงสีเขียวน้อยที่สุด ด้วยค่าความสว่างและค่าสีเขียวเท่ากับ 58.83 และ 4.60 ตามลำดับ และมีค่าสีเหลืองเท่ากับ 40.57 โดยไม่มีความแตกต่างกับความเข้มข้นอื่นๆ สำหรับมะนาวการเคลือบด้วยสารสกัดเข้มข้น 1.5% สามารถชะลอการเปลี่ยนแปลงของสีได้มากที่สุด โดยมีค่าเฉลี่ยของความสว่างเท่ากับ 50.63 ค่าสีเขียว -2.10 และค่าสีเหลือง 37.97 ในวันที่ 7 ของการเก็บรักษาโดยไม่มีความแตกต่างกัน ส่วนการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ความหวาน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดของกล้วยไข่มีความสัมพันธ์กัน แสดงผลใน Table 5 พบว่าความแน่นเนื้อของผลที่ลดลง มีผลต่อความหวานและความเป็นกรดด่างที่ลดลงด้วย กล้วยไข่ที่ผ่านการเคลือบด้วยสารสกัดเข้มข้น 1% ระยะการเก็บรักษา 7 วัน มีแนวโน้มชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความแน่นเนื้อ 4.16% และมีความหวาน 10.46% ความเป็นกรดด่าง 5.66 และปริมาณกรด 1.54% แต่ไม่มีความแตกต่างกันในทุกระดับความเข้มข้น

Table 3 Color value of coated bananas and stored at room temperature (30±2 ºC) for 7 days

Orchid extract (%)	Color value		
	*L**	*a**	*b**
Control	60.43±1.48	10.93±1.80	40.73±2.25
0	63.17±1.46	10.97±3.00	42.63±2.31
0.5	59.00±5.25	4.90±6.97	38.57±4.74
1.0	58.83±6.26	4.60±8.70	40.57±5.99
1.5	59.50±3.91	5.23±6.09	40.73±4.73

Table 4 Color value of coated lime and stored at room temperature (30±2 ºC) for 7 days

Orchid extract (%)	Color value		
	*L**	*a**	*b**
Control	56.13±2.44	0.87±1.86	44.17±21.47
0	55.17±5.81	-0.33±6.47	46.57±6.90
0.5	52.33±4.08	-2.13±2.50	39.90±8.73
1.0	50.67±5.59	-2.67±3.65	39.23±9.67
1.5	50.63±1.69	-2.10±0.96	37.97±3.89

ส่วนมะนาว พบว่า การเคลือบด้วยสารสกัดไม่มีผลต่อเปลี่ยนแปลงในความแน่นเนื้อ ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรด ตลอดระยะเวลาการเก็บรักษา ซึ่งมีค่าความแน่นเนื้อมากกว่า 5 Kg/cm^2 ความเป็นกรดด่างและปริมาณกรดโดยไม่มีความแตกต่างกันในทุกระดับของความเข้มข้น

Table 5 Results of firmness, %brix, pH value and %total acidity of bananas stored at room temperature (30±2 ºC) for 7 days

Orchid extract (%)	Firmness (Kg/cm^2)	% Brix	pH value	% Total acidity
Control	3.90±0.23	11.67±9.43	5.45±0.42^{b}	1.27±0.96
0	4.10±0.58	11.75±9.00	5.64±0.37^{ab}	1.33±0.79
0.5	4.11±0.50	11.79±8.31	5.63±0.37^{ab}	1.45±0.98
1.0	4.16±0.53	10.46±7.84	5.66±0.39^{ab}	1.54±0.83
1.5	3.87±0.27	13.25±9.86	5.76±0.68^{a}	1.44±0.95

Means with different letter within column are significantly different at ($p \leq 0.05$).

จากผลการพัฒนาสารเคลือบด้วยสารสกัดจากลำลูกกล้วยกล้วยไม้ เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่และมะนาวดังกล่าว พบว่าการใช้สารเคลือบผิวจากสารสกัดกล้วยไม้ความเข้มข้น 1.0-1.5% มีแนวโน้มช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยไข่และมะนาวได้ โดยชะลอการเปลี่ยนแปลงค่าความสว่าง ค่าสีเขียวและค่าสีเหลือง ในระหว่างการเก็บรักษา 1-7 วัน สีของผลไม้ที่เปลี่ยนแปลงเนื่องจากในผลไม้มีรงควัตถุแคโรทีนอยู่รวมกับคลอโรฟิลล์ในคลอโรพลาสต์ เมื่อผลไม้สุกคลอโรฟิลล์จะสลายตัวแต่แคโรทีนและแซนโธฟิลล์จะยังคงอยู่และปรากฏสีเด่นชัด ทำให้มีสีเหลืองเข้มจนเกือบสีน้ำตาล (ดนัย บุณยเกียรติ, 2547) ส่วนการชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ความหวาน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดของกล้วยไข่มีความสัมพันธ์กับค่าความหวาน และความเป็นกรดด่างที่ลดลงเนื่องจากกล้วยเป็นไม้ผลประเภทไคลแมกเทอริก (climacteric fruit) เมื่อมีการสุกจะเปลี่ยนแป้งไปเป็นน้ำตาล มีการหายใจและการสร้างเอทธิลีนเพิ่มขึ้น มีการเปลี่ยนแปลงของผนังเซลล์ที่ทำให้เนื้ออ่อนนุ่มลงจากการทำงานของเอนไซม์ และเกิดการเปลี่ยนแปลงสีของเปลือกผลจากสีเขียวเป็นสีเหลือง ซึ่งสีนั้นจะเป็นตัวบ่งบอกความแก่สุก (อนุชา จันทรบูรณ์, 2548) สำหรับมะนาวเป็นผลไม้ประเภทนอน-ไคลแมกเทอริก (non-climacteric fruit) มีอัตราการหายใจค่อนข้างคงที่และสม่ำเสมอหรืออัตราการหายใจจะลดลงอย่างช้าๆ พร้อมกับที่ผลไม้ค่อยๆ สุก และงอมเน่าเสียไป ผลการใช้สารเคลือบที่มีต่อการชะลอการเปลี่ยนแปลงต่างๆ ที่เกิดขึ้นดังกล่าวนั้น สารเคลือบผิวเป็นวัสดุที่ทำหน้าที่เป็นเสมือนเยื่อเลือกผ่านในการปรับเปลี่ยนบรรยากาศ โดยลดอัตราการหายใจ การแลกเปลี่ยนก๊าซ และอัตราการเกิดออกซิเดชั่น รวมถึงการชะลอการเสื่อมสภาพและการควบคุมการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ (Rojas-Graü *et al*., 2009; Trevino-Garza *et al*., 2015)

สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

การปลูกเลี้ยงกล้วยไม้หวายจันทบูรภายใต้สภาพแสงที่แตกต่างกัน คือ แสงสีขาว, แสงสีส้ม, แสงสีม่วง และแสงสีชมพู เป็นระยะเวลา 6 เดือน พบว่าการเจริญเติบโตทางด้านความสูง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของลำลูกกล้วยไม่แตกต่างกันทางสถิติ มีความสูงเฉลี่ยอยู่ในช่วง 20.43 ถึง 23.470 เซนติเมตร มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.61 ถึง 0.78 เซนติเมตร และเมื่อนำกล้วยไม้ที่ผ่านการเลี้ยงภายใต้แสงสีมาสกัดหาปริมาณผลผลิตสารสกัดหยาบ และวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม ปริมาณฟลาโวนอยด์ และค่า IC_{50} พบว่าการเลี้ยงกล้วยไม้เหลืองจันทบูรภายใต้แสงสีม่วงให้ผลดีกว่าแสงสีอื่นๆ โดยปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมในสารสกัดจากกล้วยไม้ที่เลี้ยงด้วยแสงสีม่วงมีปริมาณสูงสุด และผลการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดดีกว่าสารสกัดที่เลี้ยงด้วยแสงสีอื่นๆ เช่นกัน ส่วนการพัฒนาสารเคลือบจากสารสกัดกล้วยไม้พบว่า จากผลการพัฒนาสารเคลือบด้วยสารสกัดจากกล้วยไม้เพื่อยืดอายุการเก็บรักษากล้วยไข่และมะนาวดังกล่าว พบว่า การเก็บรักษากล้วยไข่และมะนาว 1-7 วัน โดยการใช้สารเคลือบผิวจากสารสกัดกล้วยไม้ทุกระดับความเข้มข้นให้ผลไม่แตกต่างกันทางสถิติ ซึ่งการใช้สารเคลือบมีแนวโน้มในการยืดอายุการเก็บรักษา ช่วยชะลอการเปลี่ยนแปลงสีของกล้วยไข่และมะนาว และมีแนวโน้มในการชะลอการเปลี่ยนแปลงความแน่นเนื้อ ความหวาน ความเป็นกรดด่าง และปริมาณกรดของกล้วยไข่ จากผลการทดลองนี้สามารถนำไปใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาสูตรสารเคลือบกล้วยไข่และมะนาวในขั้นต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) ปีงบประมาณ 2565 ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี สำหรับสถานที่ในการดำเนินการวิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

จิตราพรรณ พิลึก. (2550). *การเพาะเมล็ดและเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อกล้วยไม้*. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ดนัย บุณยเกียรติ. (2547). *การสุกของผลไม้ ในสื่อประกอบการเรียนการสอนรายวิชา Postharvest physiology horticultural course*. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นิสา จุลโพธิ์. (2559). *การทดสอบสารพฤกษเคมี และฤทธิ์ทางชีวภาพของดอกกล้วยไม้สกุลหวาย* [วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยบูรพา]. มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ และนิธิยา รัตนาปนนท์. (2562). *ฟิล์มที่บริโภคได้*. https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/0666/edible-film.

วันทนา สมบูรณ์ทรัพย์, พัชรียา บุญกอแก้ว และพูนพิภพ เกษมทรัพย์. (2558). ผลของไดโอดเปล่งแสงต่อการเพิ่มจำนวนโปรโตคอร์มไลบอดี้ของกล้วยไม้หวายโซเนียเอียสกุล. *การประชุมวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 35* (น. 675-680). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

วาสนา ประภาเลิศ, วิมลรัตน์ พจน์ไตรทิพย์ และกิตติศักดิ์ โชติกเดชาณรงค์. (2561). *การศึกษาฤทธิ์ของสารพฤกษเคมีในกล้วยไม้ป่าและแนวทางการขยายพันธุ์สำหรับชุมชน*. http://cmruir.cmru.ac.th/handle/123456789/1266?locale=th

อบฉันท์ ไทยทอง. (2549). *กล้วยไม้เมืองไทย* (ครั้งที่ 12). บ้านและสวน.

อนุชา จันทรบูรณ์. (2548). *เอกสารประกอบการเรียนการสอนรายวิชาหลักการไม้ผล*. คณะวิชาพืชศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีราชมงคลวิทยาเขตน่าน.

Chidambara M. K.N., Jayaprakasha G.K. & Singh R.P. (2002). Studies on antioxidant activity of pomegranate (*Punica granatum*) peel extract using in vivo models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 50, 4791-4795.

Hasan, M.M., T. Bashir, R. Ghosh, S.K. Lee, & Bae, H. (2017). An overview of LED_S effects on the production of bioactive compounds and crop quality. *Molecules, 22*(9), 1420.

Hossain, M.M. (2011). Therapeutic orchids: traditional uses and recent advances-An overview. *Fitoterapia, 82*, 102-140.

Phanumas, K. & Kamplon, P. (2007). Lighting system for growth enhancement of Thai orchids. *Proceeding of the 2007 ECTI International Conference*.

Prommajak, T., Surawang, S & Rattanapanone, N. (2014). Ultrasonic-assisted extraction of phenolic and antioxidative compounds from lizard tail (*Houttuynia cordata* Thunb. *Songklanakarin Journal of Science and Technology, 36*(1), 65-72.

Rojas-Graü, M. A., Soliva-Fortuny, R., & Martín-Belloso, O. (2009). Edible coatings to incorporate active ingredients to fresh-cut fruits. *Trends in Food Science & Technology, 20*(10), 438-447.

Singhatong, S., Leelarungrayub, D., & Chaiyasut, C. (2010). Antioxidant and toxicity activities of *Artocarpus lakooha Roxb*. heartwood extract. *Journal of Medicinal Plants Research, 4*(10), 947-953.

Trevino-Garza, M. Z., Garcia, S., Flores-González, M.S., & Arévalo-Niño, K. (2015). Edible Active Coatings Based on Pectin, Pullulan, and Chitosan Increase Quality and Shelf Life of Strawberries (*Fragaria ananassa*). *Journal of Food Science, 80*(8), 1823-1830.

Yeow, L.C., Chew, B.L., & Sreeramanan, S. (2020). Elevation of secondary metabolites production through light-emitting diodes (LEDs) illumination in protocorm-like bodies (PLBs) of *Dendrobium* hybrid orchid rich in phytochemicals with therapeutic effects. *Biotechnology Reports, 27*, 1-5.