

วารสาร USK.NW.

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

Journal of KPRU Science Mathematics and Technology

SCOPE :

Pure/Applied/Educational Sciences

Physics, Chemistry, Biology,
Mathematics, Computer Science,
Food Science and Technology,
Information Technology,
Environmental Science,
Public Health

Published by

Faculty of Science and Technology
Kamphaeng Phet Rajabhat University

<https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/smt>

วารสาร มรภ.กพ. วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ได้ถูกจัดทำขึ้นให้เป็นสื่อกลางในการรวบรวมและเผยแพร่ผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ สำหรับนักวิชาการ นักวิจัย บุคลากรทางการศึกษา นักเรียน นักศึกษา ตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป โดยไม่หวังผลกำไรในการดำเนินการต่างๆ เพื่อใช้ในการเพิ่มพูนองค์ความรู้และใช้เป็นผลงานทางวิชาการสำหรับผู้สนใจในด้านวิชาการสาขาวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

เจ้าของ	คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร		
เว็บไซต์	https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/smt		
หัวหน้าบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา ปัญญา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
รองหัวหน้าบรรณาธิการ	รองศาสตราจารย์ ดร.นิรุจน์ดี พิพรรณจินดา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วีไลลักษณ์ สอนมะลิ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ราตรี โพธิ์ระวัช	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
	อาจารย์กิริศักดิ์ พะยะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
ผู้ช่วยบรรณาธิการ	อาจารย์ณัฐพงศ์ ดิษฐเจริญ	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
ฝ่ายจัดการ	นายประทีป เพ็ญแจ้ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	
	นายกฤษณะ จันทร	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร	

ขอบเขต เป็นวารสารที่รับบทความวิจัยและบทความวิชาการในด้านวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์/ประยุกต์/การศึกษา ในสาขา วิชา ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาการคอมพิวเตอร์ เทคโนโลยีสารสนเทศ สิ่งแวดล้อม เทคโนโลยีการอาหาร สาธารณสุขศาสตร์ และสาขาอื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ภาษาที่พิมพ์ ภาษาไทย หรือภาษาอังกฤษ

รูปแบบการประเมินบทความ วารสารนี้มีรูปแบบการประเมินบทความแบบ Double Blinded และผู้ทรงคุณวุฒิที่ประเมินบทความมาจากหน่วยงานที่ไม่ใช่หน่วยงานเดียวกับผู้ประพันธ์และผู้ร่วมประพันธ์ จำนวน 3 ท่าน จากหน่วยงานที่ต่างกัน และบทความจะต้องได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์จากผู้ทรงคุณวุฒิอย่างน้อย 2 ท่าน

กำหนดการออกวารสาร 2 ฉบับ/ปี ฉบับที่ 1 มกราคม-มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม-ธันวาคม

จำนวนบทความ/ฉบับ 8 - 10 บทความ/ฉบับ

ผู้สนับสนุน มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร, MOU เครือข่ายความร่วมมือทางวิชาการ 4 สถาบัน, บริษัท ปตท.สำรวจและผลิตปิโตรเลียม จำกัด (มหาชน) จังหวัดกำแพงเพชร

กองบรรณาธิการ	Professor Dr. Boyko	Gyurov	Georgia Gwinnett College USA
	ศาสตราจารย์ ดร.ทศวรรษ	สีตะวัน	มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
	Associate Prof. Dr. Bounphanh	Tonpheng	National University of Laos
	รองศาสตราจารย์ ดร.สายัญ	บันมา	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	รองศาสตราจารย์ ดร.นรินทร์	เพชรโรจน์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.ปริญญา	มาสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	รองศาสตราจารย์ ดร.ปิรต์น	มูลศรี	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
	รองศาสตราจารย์ ดร.ภัทรวจี	ยะสะกะ	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
	รองศาสตราจารย์ ดร.จักรกฤษณ์	พิญาพงษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
	รองศาสตราจารย์ ดร.เกตุการ	ดาจันทา	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
	รองศาสตราจารย์อุมาพร	ฉัตรวิโรจน์	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อนุพันธ์	กบ้งเกิด	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิชัย	ชูสำโรง	มหาวิทยาลัยนเรศวร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุฬาลักษณ์	เขมาชีวกุล	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เอกลักษณ์	สุนนพันธ์	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคล- ล้านนา ตาก
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุจรี	สิงห์พันธ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติพงษ์	สุวรรณราช	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชุตินันท์	ศรีสวัสดิ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อัจริย์	พิมพ์พิมุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุภาพร	พงศ์ธพฤกษ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตถ์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธิติมา	วทานีเวช	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชลธิศ	เสื่อนุ่ม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภูมินทร์	ตันอุตม์	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.หมักรา	ตันติสันติสม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บรรจงศักดิ์	พักสมบูรณ์	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.แดนชัย	เครื่องเงิน	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร	วงศา	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตร	ฤทธิธรรม	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
	Dr. Phoui	Souksomvang	National University of Laos
	Dr. Phengxay	Deevanhxay	National University of Laos
	Dr. Somsack	Inthasone	National University of Laos
	Dr. Somphouthone	Phimmachak	National University of Laos
	อาจารย์ ดร.ศักดิ์ศรี	แสนยาเจริญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร

บทบรรณาธิการ

วารสาร มรภ.กพ. วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ได้ถูกจัดทำขึ้นเพื่อเป็นสื่อกลางในการรวบรวมและเผยแพร่ผลงานวิจัย ผลงานวิชาการ สำหรับนักวิชาการ นักวิจัย บุคลากรทางการศึกษา นักศึกษา นักเรียน ตลอดจนผู้ที่สนใจทั่วไป ได้นำไปใช้เป็นคลังข้อมูลและเพิ่มพูนองค์ความรู้ทางด้านสาขาวิชา วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี ซึ่งไม่ได้หวังผลกำไรในการดำเนินการต่างๆ

วารสารฉบับนี้เผยแพร่เป็นปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (มกราคม - มิถุนายน พ.ศ. 2566) โดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชรซึ่งเป็นการนำเสนอบทความวิจัยทั้งหมด 8 เรื่อง โดยมีเนื้อหาครอบคลุมในสาขาวิชา ฟิสิกส์ ชีววิทยา คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม สาธารณสุขศาสตร์ และสาขาวิชาการศึกษา โดยทุกบทความมีผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญในแต่ละสาขาเป็นผู้ประเมิน จำนวน 3 ท่าน ซึ่งมาจากหน่วยงานที่หลากหลาย สามารถนำไปใช้อ้างอิงในการทำผลงานทางวิชาการ หรือนำไปประยุกต์ใช้ในการบริการวิชาการได้

กองบรรณาธิการหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารฉบับนี้จะเป็นประโยชน์แก่ผู้อ่านทุกท่าน และขอขอบคุณผู้อ่านที่ให้ความสนใจติดตามวารสาร ทั้งนี้ ทางวารสารจะพัฒนาในส่วนของเนื้อหาอย่างต่อเนื่อง เพื่อให้มีความถูกต้อง ทันสมัย และเป็นประโยชน์ต่อผู้อ่าน แล้วพบกันใหม่ฉบับหน้า

อาจารย์ณัฐพงศ์ ดิษฐเจริญ
ผู้ช่วยบรรณาธิการ

สารบัญ

	หน้า
ปกใน	i
บทบรรณาธิการ	iii
■ บทความวิจัย ■	
สีสกดจากฟางและอัญชันสำหรับการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชแบบย้อมกับ	1
▶ อรวรรณ วนะชีวิน	
การมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร กรณีศึกษาตำบลโพธิ์เก้าต้น อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี	13
▶ ขวัญชัย ชัยอุดม	
การคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมกลวงรัศมีภายในได้ศักย์ไฟฟ้าบนผิวตัวนำทรงกลมกลวง	29
▶ อาทิตย์ หู่เต็ม	
การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนพัฒนสราษฎร์พัฒนา	39
▶ วรวิทย์ สิทธิโสภณ	
สมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - 5^y = z^2$ เมื่อ $n \equiv 11 \pmod{20}$	57
▶ สุธน ตาดี่	
การพัฒนาผลิตภัณฑ์แคแรกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ	61
▶ นกุล อินทกุล	
ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีนและอาการไม่พึงประสงค์จากการฉีดวัคซีนโรคระบาดไวรัส Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์	69
▶ หยาตพิรุณ ศุภรากรสกุล	
การวิเคราะห์กราฟแสงของ KIC 12109575 และแนวทางวิเคราะห์ความเป็นโนวา	83
▶ ฟ้ารุ่ง สุริยา บุญทิศ	

สีสกัดจากฝางและอัญชันสำหรับการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชแบบย้อนทับ *Biancaea sappan* (L.) Tod. and *Clitoria ternatea* L. Dye Extracts for Plant Tissue Counterstaining

นภัตสรณ์ กุยวารี และ อรรวรรณ วนะชีวิน*

โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

Napatsorn Kuiwaree and Orawan Wanachewin*

Biology Program Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาศักยภาพของสีสกัดธรรมชาติจากแก่นฝาง (*Biancaea sappan* (L.) Tod.) และดอกอัญชัน (*Clitoria ternatea* L.) ในการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชแบบควบคู่ ในตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชส่วนลำต้นของพืช 2 ชนิดคือหมอน้อย (*Cyathium cinereum* (L.) H. Rob.) และหญ้าขน (*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q.Nguyen) เป็นแนวทางในการใช้สีย้อมธรรมชาติในการทดแทนสีย้อมสังเคราะห์สำหรับการย้อมตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชทั้งรูปแบบตัวอย่างสด และตัวอย่างสไลด์ถาวร ในการศึกษาทำการสกัดสีจากแก่นฝางด้วยน้ำกลั่น และสีจากดอกอัญชันด้วย เอทานอลเข้มข้น 95% ในอัตราส่วนตัวอย่างต่อตัวทำละลาย 1:10 (W/V) สีสกัดที่ได้จากฝาง และอัญชันมีค่าความเป็นกรด - ด่างอยู่ในช่วง 5.38 – 5.40 และ 7.03 – 7.19 ตามลำดับ ผลการทดสอบพบว่าสีสกัดจากฝางติดเนื้อเยื่อชัดเจนบริเวณไซเลม และสีของอัญชันติดชัดเจนบริเวณเนื้อเยื่อพื้น การย้อมสีสกัดจากธรรมชาติทั้ง 2 ชนิดควบคู่กันพบว่าสามารถใช้ควบคู่กันได้ดีในระดับปานกลาง เนื่องจากสีสกัดให้ผลการติดสีเนื้อเยื่อพืชในบริเวณที่แตกต่างกันทำให้สามารถมองเห็นความแตกต่างของเนื้อเยื่อได้ แต่ยังให้ความเข้มของสีอ่อนกว่าการย้อมด้วยสีฟารานินโอควบคู่กับสีฟาสต์กรีน

คำสำคัญ : สีย้อมธรรมชาติ , การย้อมสีควบคู่, ฝาง, อัญชัน, เนื้อเยื่อพืช

* Corresponding author : orawan.wan@crru.ac.th

Received : 10/02/2023

Revised : 03/05/2023

Accepted : 07/06/2023

Abstract

This research aimed to determine staining efficacy of natural dyed extract from Sappan tree wood (*Biancaea sappan* (L.) Tod.) and Asian pigeonwings (*Clitoria ternatea* L.) on 2 types of plant tissue; Little ironweed (*Cyathilium cinereum* L. H. Rob.) and Para Grass (*Urochloa mutica* (Forssk.) T.Q.Nguyen) in order to substitute synthetic dye for plant tissue staining both in form of fresh and permanent slide preparation. In the study, heartwood of Sappan tree and flower of Asian pigeonwings were extracted by using distilled water or 95% ethanol at ratio 1:10 (W/V). The dyes' pH was in range of 5.38 – 5.40 and 7.03 – 7.19, respectively. The result showed that Sappan tree dye extracts gave well staining intensity at xylem while Asian pigeonwings dyes extracts yield good stain capacity at ground tissue. Counterstain between the natural dyes gave moderate staining results on both plant tissues. The dyes gave contrast tissue observation because of different sites of staining but had lower intensity compared to safranin O and fast green counterstain.

Keywords : Natural dye, Counterstain, Sappan tree, Asian pigeonwings, Plant tissue

ที่มาและความสำคัญ

การศึกษาเนื้อเยื่อพืชภายใต้กล้องจุลทรรศน์เป็นวิธีการพื้นฐานรูปแบบหนึ่งที่มีความสำคัญ และเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาคุณสมบัติของพืชที่รวมกลุ่มกันเพื่อทำหน้าที่จำเพาะต่าง ๆ การศึกษาการเจริญเติบโต รวมถึงการจัดจำแนกพืชที่สามารถจัดจำแนกกลุ่มได้ยากโดยลักษณะภายนอก การศึกษาตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชภาคตัดขวางภายใต้กล้องจุลทรรศน์ใช้แสง มีการเตรียมตัวอย่างให้มีลักษณะบาง แสงผ่านได้ ตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชมีสีอ่อนหรือมองเห็นส่วนประกอบต่าง ๆ ได้ยาก จึงนิยมใช้สีย้อมเพื่อให้สามารถมองเห็นส่วนประกอบของเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ได้ชัดเจนยิ่งขึ้น สีย้อมที่นิยมใช้ เช่น สีซาฟรานินโอ (Safranin O) และสีฟาสต์กรีน (Fast green) เป็นต้น อย่างไรก็ตามสีสังเคราะห์ที่ใช้ในการย้อมตัวอย่างเซลล์และเนื้อเยื่อเป็นสีที่ต้องมีการนำเข้าจากต่างประเทศ ในการซื้อแต่ละครั้งไม่มีการแบ่งจำหน่ายจึงทำให้สีที่ซื้อมามีปริมาณมาก และมักหมดอายุก่อนจะใช้ได้หมด อีกทั้งตัวสีเองเป็นสารเคมีที่อาจเป็นผลอันตรายต่อสิ่งแวดล้อมเมื่อมีการกำจัดหลังจากการใช้งานที่ไม่ถูกวิธี ด้วยเหตุนี้การใช้สารสีที่สกัดได้จากแหล่งวัตถุดิบตามธรรมชาติที่สามารถหาได้ในประเทศ หรือภายในท้องถิ่นเพื่อนำมาใช้ประโยชน์ในการย้อมเนื้อเยื่อพืชเพื่อการศึกษา ลักษณะโครงสร้างจึงเป็นทางเลือกที่เป็นการช่วยลดความอันตรายต่อผู้ทำการศึกษา อีกทั้งยังเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยังช่วยประหยัดงบประมาณในการจัดซื้อสารเคมีให้แก่สถาบันการศึกษาอีกทาง จากรายงานการศึกษาต่าง ๆ พบข้อมูลการศึกษาสีสกัดธรรมชาติในการย้อมสีทางชีวภาพที่หลากหลาย เช่น การใช้สีจากสีสกัดผลของกระเจี๊ยบแดง หัวบีทรูท ผลมะเข่า ใบหูกวาง ใบฟ้าทะลายโจร ใบสาบเสือ [1] สีจากแก่นฝาง [2] ดอกอัญชัน เปลือกแก้วมังกร เปลือกมังคุด เปลือกมะเขือม่วง [3] อย่างไรก็ตามลักษณะการศึกษาสีย้อมเนื้อเยื่อพืชส่วนมากที่พบรายงานการศึกษาเป็นเพียงการย้อมสีเพียงชนิดเดียว ซึ่งสีที่ได้อาจไม่ติดจำเพาะหรือติดสีเข้มมากเกินไปซึ่งทำให้เห็นความแตกต่างของเนื้อเยื่อได้ไม่ชัดเจน ประกอบกับการทบทวนเอกสารพบว่าสารสีสกัดจากฝางมีคุณสมบัติในการติดส่วนของผนังเซลล์ทุดียกย่องได้ดี [2] และสีสกัดจากอัญชันย้อมติดพารานโคมาซึ่งเป็นส่วนของเนื้อเยื่อพื้นได้ดี [4] ดังนั้นการศึกษาดังนี้จึงมีความสนใจ

ที่จะพัฒนาการย้อมสีเนื้อเยื่อพืชด้วยสีสกัดจากธรรมชาติจากพืชดังกล่าวโดยใช้การย้อมแบบควบคู่ (Counterstain) โดยใช้ตัวอย่างลำต้นของหมอน้อย และหญ้าขนเป็นตัวแทนของการศึกษาการย้อมเนื้อเยื่อพืชใบเลี้ยงคู่และเดี่ยวตามลำดับ

วิธีการดำเนินการวิจัย

การสกัดสีจากแก่นฝาง [2]

1. นำเนื้อแก่นฝางมาตัดให้เป็นชิ้นเล็ก ๆ จากนั้นนำไปต้มกับน้ำกลั่นให้เดือดเป็นเวลา 5 นาที โดยใช้อัตราส่วนแก่นฝางต่อน้ำ 1:10 (W/V) จากนั้นพักสารสกัดให้เย็นตัวลง กรองสารละลายด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายสีที่ได้เก็บไว้ในขวดกันแสงที่มีฝาปิดมิดชิด เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 °C
2. ทำการสกัดสีจำนวน 3 ครั้ง และวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง ของสีสกัดด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช (pH meter)

การสกัดสีจากอัญชัน [4-5]

1. นำส่วนของกลีบดอกของอัญชัน ใส่ลงในเอทานอล 95% ในอัตราส่วน 1:1 [น้ำหนักพืช (กรัม) : ตัวทำละลาย (มิลลิลิตร)] จากนั้นคนตัวอย่างให้เข้ากันและทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที จากนั้นกรองสารละลายสีด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายสีที่ได้เก็บไว้ในขวดกันแสงที่มีฝาปิดมิดชิด เก็บไว้ที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส
2. ทำการสกัดสีจำนวน 3 ครั้ง และวัดค่าความเป็น กรด-ด่าง ของสีสกัดด้วยเครื่องวัดค่าพีเอช

การเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อพืช

1. การเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้น ทำได้โดยการใช้ใบมีดโกนเริ่มตัดลำต้นหมอน้อยโดยตัดจากปลายยอดลงมาประมาณ 0.5 เซนติเมตร (ซม.) ในส่วนของหญ้าขนทำการตัดเหนือโคนของข้อปล้องขึ้นไปประมาณ 0.5 ซม.
2. ทำการตัดตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นด้วยวิธีตัดด้วยมือ (Free hand section) นำตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ตัดได้ลอยในน้ำ ทำการเลือกตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ตัดได้สมบูรณ์ มีลักษณะบางใสและลอยเหนือน้ำ เมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปรากฏชั้นเนื้อเยื่อเพียงหนึ่งชั้น ไปใช้ในการย้อมสีทดสอบในขั้นตอนถัดไป

การย้อมสีเนื้อเยื่อพืชสด

1. การเตรียมตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้น ทำได้โดยการใช้ใบมีดโกนเริ่มตัดลำต้นหมอน้อยโดยตัดจากปลายยอดลงมาประมาณ 0.5 เซนติเมตร (ซม.) ในส่วนของหญ้าขนทำการตัดเหนือโคนของข้อปล้องขึ้นไปประมาณ 0.5 ซม.
2. ทำการตัดตัวอย่างเนื้อเยื่อลำต้นด้วยวิธีตัดด้วยมือ (Free hand section) นำตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ตัดได้ลอยในน้ำ ทำการเลือกตัวอย่างเนื้อเยื่อที่ตัดได้สมบูรณ์ มีลักษณะบางใสและลอยเหนือน้ำ เมื่อส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ปรากฏชั้นเนื้อเยื่อเพียงหนึ่งชั้น ไปใช้ในการย้อมสีทดสอบในขั้นตอนถัดไป

ตารางที่ 1: ระยะเวลาการย้อมแบบย้อมสีเดียว

ชนิดสีย้อม	ระยะเวลาการย้อม	การล้าง
ชาฟรานินโอ	30 วินาที	น้ำกลั่น
ฟาสต์กรีน	15 วินาที	น้ำกลั่น
สีสกัดฝาง	20 วินาที	น้ำกลั่น
สีสกัดอัญชัน	30 วินาที	น้ำกลั่น

ตารางที่ 2: ระยะเวลาการย้อมแบบย้อมสีทับ

ชนิดสี	ระยะเวลาการย้อมสี	การล้าง	ระยะเวลาการย้อมสี	การล้าง
ชาฟรานินโอ/ฟาสต์กรีน	ชาฟรานิน 30 วินาที	น้ำกลั่น	ฟาสต์กรีน 30 วินาที	น้ำกลั่น
ฝาง/อัญชัน	ฝาง 20 นาที	น้ำกลั่น	อัญชัน 20 นาที	น้ำกลั่น

การย้อมสีเนื้อเยื่อเพื่อการทำสไลด์ถาวร

1. นำตัวอย่างชิ้นเนื้อเยื่อที่ตัดแล้วมาตรึงด้วยน้ำยาฟิกเซทีฟเอฟเอเอ (Formalin acetic alcohol, FAA) ล้างด้วยน้ำกลั่น และเข้าสู่กระบวนการกำจัดน้ำโดยใช้เอทานอล 10 – 95 % ซึ่งการย้อมสีจะทำการย้อมคั่นในช่วงที่ตัวอย่างอยู่ในตัวทำละลายที่ใช้ในการละลายสีย้อมชนิดนั้น ๆ ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

2. จากนั้นนำเนื้อเยื่อที่ผ่านกระบวนการทำสไลด์ และหยดสารเพอร์เมาท์ (Permout) ลงบนตัวอย่าง จากนั้นใช้กระจกปิดสไลด์ค่อย ๆ ปิดทับลงไปบริเวณตัวอย่าง โดยระวังไม่ให้มีฟองอากาศ

การให้คะแนนความเข้มการติดสีของเนื้อเยื่อ

เปรียบเทียบการย้อมติดสีระหว่างอย่างสไลด์ที่ได้จากการย้อมสีสกัดจากฝางและอัญชันกับสไลด์ที่ย้อมด้วยสีชาฟรานินโอ และสีฟาสต์กรีน โดยพิจารณาตำแหน่งการติดสีของเนื้อเยื่อพืช และระดับความเข้มของการติดสี ซึ่งมีเกณฑ์การพิจารณาระดับความเข้มของการติดสีดังนี้

- ไม่ติดสี + ติดสีอ่อน ++ ติดสีเข้มปานกลาง +++ ติดสีเข้มมาก

ตารางที่ 3: ขั้นตอนระหว่างกระบวนการกำจัดน้ำที่ทำการย้อมสี

สีย้อม	ขั้นตอนที่ทำการย้อม	ระยะเวลาย้อมสี	สารล้างสีส่วนเกิน
ชาฟรานินโอ	50 % เอทานอล	30 วินาที	50 % เอทานอล
ฟาสต์กรีน	95 % เอทานอล	15 วินาที	95 % เอทานอล
ฝาง	น้ำกลั่น	20 นาที	น้ำกลั่น
อัญชัน	95 % เอทานอล	30 นาที	95 % เอทานอล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ค่าความเป็นกรด-ด่างของสีสกัด

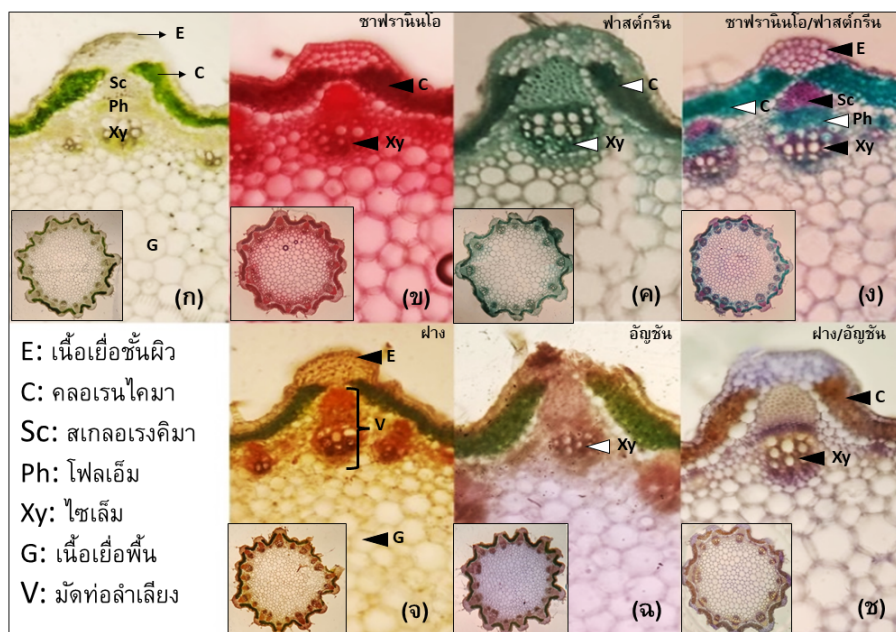
จากการวัดความเป็นกรด - ด่างพบว่าจากการสกัดจำนวน 3 ครั้ง สีสกัดจากฝางมีค่า pH อยู่ในช่วง 5.38 – 5.40 และสีสกัดจากอัญชันมีค่าความเป็นกรด - ด่างอยู่ในช่วง 7.03 – 7.19 (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 4: ค่าความเป็นกรด - ด่าง ของสีสกัด

สีสกัดธรรมชาติ	สีสกัดครั้งที่ 1	สีสกัดครั้งที่ 2	สีสกัดครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ฝาง	5.40	5.40	5.38	5.39 ± 0.01
อัญชัน	7.19	7.12	7.03	7.11 ± 0.08

ผลการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหอมน้อยตัวอย่างสดและสไลด์ถาวร

ในตัวอย่างลำต้นหอมน้อยสดที่ไม่ย้อมสี สามารถสังเกตเห็นส่วนของเนื้อเยื่อคลอเรนโคมา (Chlorenchyma) ได้ชัดเจน (ภาพ 1ก) ซึ่งความชัดเจนของเนื้อเยื่อส่วนดังกล่าวจะลดลงไปเมื่อมีการเตรียมเนื้อเยื่อผ่านขั้นตอนกำจัดน้ำและทำให้ในการทำสไลด์ถาวร (ภาพ 2ก) ในตัวอย่างสดที่ย้อมด้วยสีชาฟรานินหรือฟาสต์กรีนเกิดการติดสีในเนื้อเยื่อทุกบริเวณของตัวอย่างและมีการติดสีเข้มตรงกันในบริเวณคลอเรนโคมา และไซเลม (ภาพ 1ข-ค) ในขณะที่ผลการย้อมในสไลด์ถาวรด้วยสีชาฟรานินโอมีการติดสีในบริเวณที่จำเพาะมากขึ้นโดยติดสีชัดเจนเฉพาะบริเวณสเกลอเรนคิมา และไซเลม (ภาพ 2ข) การย้อมสีควบคู่ระหว่างสีชาฟรานินโอและฟาสต์กรีนในตัวอย่างสด และสไลด์ถาวร (ภาพ 1ง และ 2ง) ทำให้สามารถแยกแยะเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ได้ชัดเจนมากขึ้นโดยสีชาฟรานินโอติดชัดเจนบริเวณเนื้อเยื่อชั้นผิว สเกลอเรนคิมา และไซเลม ส่วนสีฟาสต์กรีนติดสีในบริเวณเนื้อเยื่ออื่น ๆ ที่เหลือ สำหรับการย้อมด้วยสีสกัดจากฝางหรืออัญชันเพียงอย่างเดียวในตัวอย่างสด สีฝางให้ผลการติดสีเนื้อเยื่อชัดเจนในบริเวณมัดท่อลำเลียง เนื้อเยื่อชั้นผิว และเนื้อเยื่อพื้น (ภาพ 1จ) ส่วนสีสกัดอัญชันติดสีในส่วนของไซเลม และเนื้อเยื่อพื้น (ภาพ 1ด) ในสไลด์ถาวรที่ย้อมด้วยสีสกัดจากฝางให้ผลการติดสีน้ำตาลอ่อนในบริเวณมัดท่อลำเลียง (ภาพ 2จ) ส่วนการย้อมสีจากอัญชันให้สีม่วงเข้มในบริเวณเนื้อเยื่อพื้น (ภาพ 2ด) การย้อมสีควบคู่ระหว่างสีสกัดจากฝางและอัญชันพบว่าสีทั้งสองชนิดสามารถใช้ย้อมควบคู่กันได้



ภาพที่ 1: ผลการย้อมสีลำต้นหอยน้ำเต้าอย่างสด (ก) ไม่ย้อมสี (ข) สีชาฟรานินโอ (ค) สีฟาสต์กรีน (ง) สีชาฟรานินโอ ควบคู่กับสีฟาสต์กรีน (จ) สีฝาง (ฉ) สีอัญชัน (ช) สีสกัดฝางควบคู่กับสีสกัดอัญชัน

หมายเหตุ: หัวลูกศรสีดำ/ขาว ในภาพ ข, ค, จ, ฉ แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีย้อมชนิดต่าง ๆ ตามระบุในภาพ

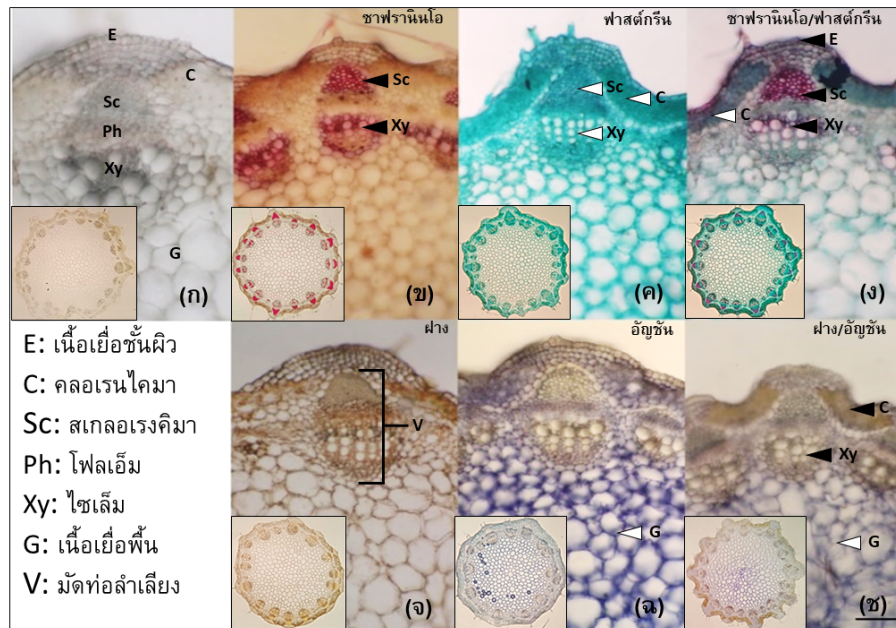
หัวลูกศรสีดำในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีชาฟรานินโอ หรือ ฝาง ตามลำดับ

หัวลูกศรสีขาวในภาพ ง แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีฟาสต์กรีน

ทั้งในการย้อมตัวอย่างสดและสไลด์ถาวร เนื่องจากเกิดการติดสีได้ในตำแหน่งที่ต่างกัน แต่สีที่ได้จากฝางมีความเข้มลดลงเมื่อเทียบกับการย้อมเพียงสีเดียว โดยสีสกัดฝางติดสีในบริเวณคลอเรนไคมา และไซเลม ในขณะที่สีสกัดจากอัญชันติดในเนื้อเยื่อบริเวณอื่น ๆ ที่เหลือทั้งหมด (ภาพ 1ข และ 2ข) ทั้งนี้ความชัดเจนจากการย้อมทับด้วยสีสกัดจากฝางให้ความชัดเจนของเนื้อเยื่อที่น้อยกว่าการย้อมด้วยสีชาฟรานินโอควบคู่กับสีฟาสต์กรีน

ผลการย้อมสีเนื้อเยื่อลำต้นหอยน้ำเต้าอย่างสดและสไลด์ถาวร

ผลการทดลองการย้อมสีลำต้นหอยน้ำเต้า ในตัวอย่างที่ยังไม่ผ่านการย้อมสีสามารถสังเกตเห็นส่วนของเนื้อเยื่อชั้นผิว และมัดท่อลำเลียงได้บางส่วน (ภาพ 3ก และ 4ก) โดยผลการย้อมในตัวอย่างสดให้ผลการย้อมสีที่คล้ายกันในการย้อมสีชนิดเดียวซึ่งให้ผลการติดสีชัดเจนในส่วนมัดท่อลำเลียง โดยให้สีแดงอมชมพู เขียว สีนํ้าตาล และสีม่วง จากการย้อมด้วยสีชาฟรานินโอ ฟาสต์กรีน สีสกัดฝาง และสีสกัดอัญชันตามลำดับ (ภาพ 3ข,ค,จ,ฉ และ 4ข,ค,จ,ฉ) ในการย้อมสีควบคู่ระหว่างสีสกัดจากฝางและอัญชันพบว่าการติดสีจางลงเมื่อเทียบกับการย้อมสีเดียวแต่ยังสามารถมองเห็นเนื้อเยื่อส่วนต่าง ๆ ที่แตกต่างกันได้ทั้งในตัวอย่างสด และสไลด์ถาวร โดยสีฝางติดสีในส่วนของเนื้อเยื่อสเกลอเรนคิมาที่อยู่ล้อมรอบมัดท่อลำเลียง และสีอัญชันติดในบริเวณมัดท่อลำเลียง และเนื้อเยื่อพื้ อย่างไรก็ตามในการย้อมสีควบคู่ที่ได้นี้ให้ความเข้มสีที่อ่อนกว่าการย้อมด้วยสีชาฟรานินโอควบคู่กับสีฟาสต์กรีน (ภาพที่ 3ข และ 4ข)



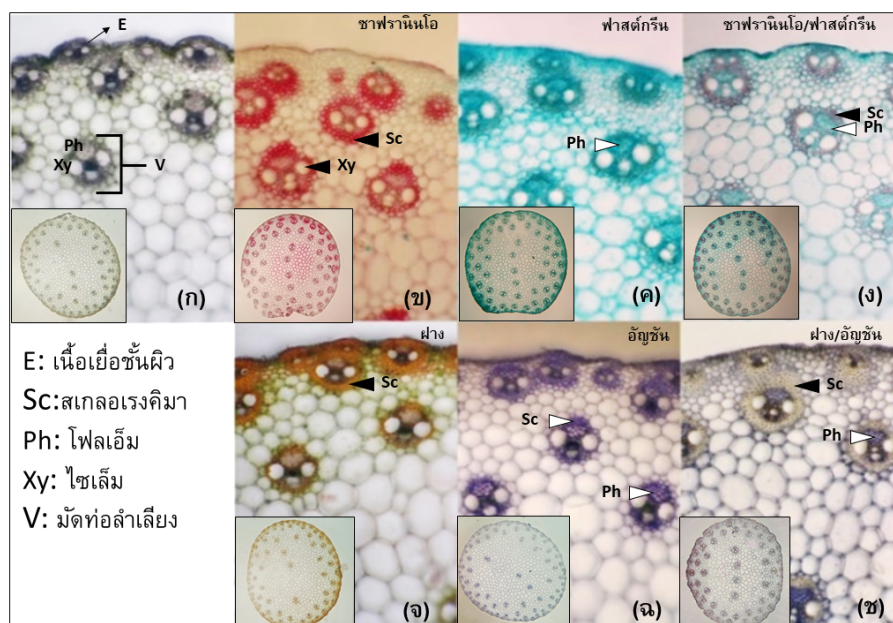
ภาพที่ 2: ผลการย้อมสีลำต้นหอมอ่อนตัวอย่างสไลด์ถาวร (ก) เมียบบลู (ข) สีชาฟรานินโอ (ค) สีฟาสต์กรีน (ง) สีชาฟรานินโอควบคู่กับสีฟาสต์กรีน (จ) สีฝาง (ฉ) สีอัญชัน (ช) สีสกัดฝางควบคู่กับสีสกัดอัญชัน

หมายเหตุ: หัวลูกศรสีดำ/ขาว ในภาพ ข, ค, จ, ฉ แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีย้อมชนิดต่าง ๆ ตามระบุในภาพ หัวลูกศรสีดำในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีชาฟรานินโอ หรือ ฝาง ตามลำดับ หัวลูกศรสีขาวในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีฟาสต์กรีน หรือ อัญชัน ตามลำดับ

ระดับความเข้มของเนื้อเยื่อในการย้อมติดสี

เมื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการย้อมสีแบบควบคู่ระหว่างการย้อมด้วยสีชาฟรานินโอควบคู่กับฟาสต์กรีน กับ การย้อมด้วยสีฝางควบคู่กับสีอัญชัน หากพิจารณาความเข้มของการติดสีด้วยการให้เครื่องหมาย + ในระดับต่าง ๆ (ตารางที่ 5) พบว่าการย้อมควบคู่ด้วยสีจากธรรมชาติให้การติดสีที่อ่อนกว่าการย้อมด้วยสีสังเคราะห์ทั้งในตัวอย่างสด และตัวอย่างสไลด์ถาวรถึงแม้จะย้อมในระยะเวลาที่นานกว่า (20-30 นาที) แต่หากพิจารณาถึงการติดสีเนื้อเยื่อแต่ละ ส่วนจากการไม่เกิดการติดสีในตำแหน่งเดียวกัน เช่น การย้อมเนื้อเยื่อหอมอ่อนบริเวณคลอเรนไคมาเกิดการติดสีฝางแต่ ไม่ติดสีอัญชัน (++) จะเห็นได้ว่าการย้อมสีควบคู่ด้วยสีฝางและอัญชันในลำต้นหอมอ่อนทั้งในตัวอย่างสด และสไลด์ ถาวรให้ความแตกต่างของเนื้อเยื่อได้ดีกว่าการย้อมแบบควบคู่ในลำต้นหญ้าขน อย่างไรก็ตามการย้อมสีควบคู่จากสีจาก ธรรมชาติในตัวอย่างพืชทั้ง 2 ชนิดในการศึกษานี้ยังให้ความชัดเจนกว่าการย้อมด้วยสีสังเคราะห์ (ตารางที่ 5)

การย้อมสีโดยใช้สีย้อมเนื้อเยื่อพืชมาตรฐานที่นิยมใช้ในการย้อมควบคู่ในการย้อมเนื้อเยื่อพืชคือ สีชาฟรานิน โอ และสีฟาสต์กรีน โดยสีชาฟรานินโอมีคุณสมบัติในการติดเนื้อเยื่อที่มีสารประกอบลิกนิน คิวทิน ซูเบอร์ริน ซึ่งพบ ได้มากในบริเวณ โฟเบอร์ สเคอริตและเวสเซล และสีฟาสต์กรีน มีคุณสมบัติในการติดเนื้อเยื่อในส่วนของผนังเซลล์ที่มี เซลลูโลส และเพกติน ซึ่งพบได้มากบริเวณ เนื้อเยื่อชั้นผิว เนื้อเยื่อพื้น (พาเรนไคมา) และคอลเลงไคมา [6] ซึ่งผลจากการ ย้อมด้วยสีสกัดจากแก่นฝางเพียงชนิดเดียวก่อให้เกิดการติดสีเนื้อเยื่อในบริเวณที่คล้ายกันกับการย้อมด้วย สีชาฟรา- นินโอซึ่งมีความสอดคล้องกับรายงานการศึกษาก่อนหน้าที่พบว่าสีย้อมจากแก่นฝางจะย้อมติดส่วนผนังทุติยภูมิ [2, 7]



ภาพที่ 3: ผลการย้อมสีลำต้นหญาชนตัวอย่างสด (ก) ไม่ย้อมสี (ข) สีซาฟรานินโอ (ค) สีฟาสต์กรีน (ง) สีซาฟรานินโอ ควบคู่กับสีฟาสต์กรีน (จ) สีฝาง (ฉ) สีอัญชัน (ช) สีสกัดฝางควบคู่กับสีสกัดอัญชัน

หมายเหตุ: หัวลูกศรสีดำ/ขาว ในภาพ ข, ค, จ, ฉ แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีย้อมชนิดต่าง ๆ ตามระบุในภาพ

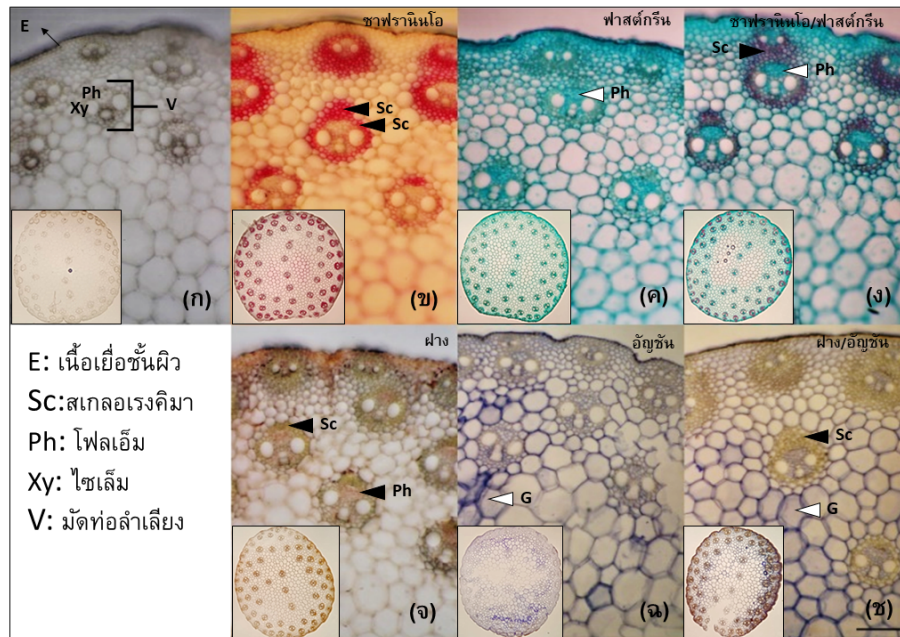
หัวลูกศรสีดำในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีซาฟรานินโอ หรือ ฝาง ตามลำดับ

หัวลูกศรสีขาวในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีฟาสต์กรีน หรือ อัญชัน ตามลำดับ

ตารางที่ 5: ระดับการติดสีของตัวอย่างแต่ละชนิดในการย้อมสีแบบควบคู่

	ลำต้นหมอน้อย				ลำต้นหญาชน			
	ตัวอย่างสด	ตัวอย่างถาวร	ตัวอย่างสด	ตัวอย่างถาวร	ตัวอย่างสด	ตัวอย่างถาวร	ตัวอย่างสด	ตัวอย่างถาวร
	ซาฟรานิน โอ/ ฟาสต์กรีน	ฝาง/ อัญชัน	ซาฟรานิน โอ/ ฟาสต์กรีน	ฝาง/ อัญชัน	ซาฟรานิน โอ/ ฟาสต์กรีน	ฝาง/ อัญชัน	ซาฟรานิน โอ/ ฟาสต์กรีน	ฝาง/ อัญชัน
เนื้อเยื่อชั้นผิว	+++/-	-/+	++/-	-/+	-/+++	+/-	-/+++	+/-
คอลเรนไคมา	++/-	++/-	-/+++	++/-	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ	ไม่พบ
เนื้อเยื่อชั้น	+/+	-/+	+/+	-/+	-/+	-/+	-/++	-/++
โพลีเอม	-/++	+/-	+++/-	+/-	+/+	+/+	+++/-	+++/-
ไซเล็ม	-/+++/-	++/-	+++/-	+/-	+/+	+/+	+++/-	+++/-

หมายเหตุ: สัญลักษณ์ + / - แสดงระดับการติดสีของเนื้อเยื่อพืชแต่ละบริเวณโดยระดับการติดสีประกอบด้วย - : ไม่ติดสี + : ติดสีอ่อน ++ : ติดสีปานกลาง +++ : ติดสีเข้มมาก และไม่พบ หมายถึงไม่สามารถระบุตำแหน่งเนื้อเยื่อส่วนดังกล่าวได้อย่างชัดเจนในตัวอย่าง



ภาพที่ 4: ผลการย้อมสีลำต้นหญ้าขนตัวอย่างสไลด์ถาวร (ก) ไม่ย้อมสี (ข) สีซาฟรานินโอ (ค) สีฟาสต์กรีน (ง) สีซาฟรานินโอควบคู่กับสีฟาสต์กรีน (จ) สีฝาง (ฉ) สีอัญชัน (ช) สีสกัดฝางควบคู่กับสีสกัดอัญชัน

หมายเหตุ: หัวลูกศรสีดำ/ขาว ในภาพ ข, ค, จ, ฉ แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีย้อมชนิดต่าง ๆ ตามระบุในภาพ

หัวลูกศรสีดำในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีซาฟรานินโอ หรือ ฝาง ตามลำดับ

หัวลูกศรสีขาวในภาพ ง และ ช แสดงบริเวณที่ติดสีชัดเจนด้วยสีฟาสต์กรีน หรือ อัญชัน ตามลำดับ

จากการศึกษาที่ผ่านมาโดยพิมพ์ชนก [4] พบว่าสีสกัดจากอัญชันด้วยเอทานอลเมื่อนำไปย้อมในลำต้นหมอน้อยเป็นเวลา 30 นาที จะเกิดการติดสีเฉพาะส่วนของพารินโคมา ในขณะที่ผลจากการศึกษาครั้งนี้พบว่าสีสกัดจากอัญชันด้วยตัวทำละลายชนิดเดียวกันนอกจากจะย้อมติดในส่วนของพารินโคมาหรือเนื้อเยื่อชั้นแล้ว ยังย้อมติดในส่วนมัดท่อลำเลียงของพืชตัวอย่างทั้ง 2 ชนิดในการย้อมตัวอย่างสดอีกด้วย จากผลระดับความเข้มการติดสีของเนื้อเยื่อจากการย้อมด้วยสีฝางควบคู่กับสีอัญชัน ทั้งในตัวอย่างสด และสไลด์ถาวรที่พบว่ามีความเข้มการติดสีที่อ่อนกว่าสีสังเคราะห์ แต่สามารถใช้ในการย้อมควบคู่กันได้ สาเหตุที่คาดว่าส่งผลต่อคุณภาพการติดสีฝางและอัญชัน ได้แก่ ระยะเวลาในการย้อมสี และค่าความเป็นกรด - ด่าง โดยจากรายงานการศึกษาของ มานิต คัดอยู่ [2] ที่ศึกษาสีสกัดจากฝางในการย้อมตัวอย่างเนื้อเยื่อพืชที่เตรียมสด และสไลด์ถาวรพบว่าระยะเวลาการย้อมสีที่เหมาะสมต่างกัน โดยการย้อมสไลด์ชั่วคราวใช้เวลาเพียง 2 - 3 นาที แต่การย้อมสไลด์แบบถาวรย้อมใช้เวลานานมากกว่า (5 - 30 นาที) ดังนั้นจึงเป็นไปได้ว่าหากมีการใช้ระยะเวลาการย้อมที่นานมากขึ้นก็จะทำให้สีที่ได้มีความชัดเจนมากขึ้น และจากขั้นตอนในการย้อมสีควบคู่ในการศึกษาครั้งนี้ สีสกัดจากฝางมีค่าความเป็นกรด - ด่างเท่ากับ 5.39 แต่สีสกัดจากอัญชันที่ทำการย้อมในขั้นตอนถัดไปมีค่าความเป็นกรด - ด่างอยู่ในช่วง 7.03-7.19 สารสีในฝางคือสีบราซิลิน (Brazilin) เป็นสารที่ไม่มีสี ที่เมื่อสัมผัสกับอากาศจะถูกออกซิไดซ์เป็นสารบราเซอเลอ (Brazelein) ที่มีสีแดง สารสีทั้งสองชนิดมีคุณสมบัติคล้ายคลึงกันในด้านคุณสมบัติเคมี ฟิสิกส์ คือเมื่ออยู่ในช่วงค่าความเป็นกรดต่ำกว่า 3.2 จะไม่มีประจุ และไม่ชอบน้ำ และเมื่ออยู่ในสภาวะที่ค่าความเป็นกรด - ด่างสูงกว่า 7.2 โมเลกุลจะมีประจุ โดยสีบราซิลินมีกลไกในการจับติดบนสัตว์ด้วยพันธะไฮโดรเจน และพันธะไอออนิก ในขณะที่การจับกับเซลล์ใช้พันธะ แวนเดอร์ วาลส์ [8] ด้วยเหตุนี้คุณสมบัติของสารสีจากฝางในสภาวะค่า

ความเป็นกรด - ต่างที่เปลี่ยนแปลงไปในการย้อมสีแบบควบคุมจึงน่าจะมีผลอย่างมากต่อคุณสมบัติในการติดสี ทั้งนี้ในการศึกษานี้ศึกษาเฉพาะการย้อมสีควบคุมที่ย้อมสีฝางก่อนการย้อมด้วยสีอัญชัน ดังนั้นการสลับลำดับการย้อมสี รวมถึงการใช้ตัวเปลี่ยนท่าละลายที่ใช้ในการสกัดสีจึงเป็นส่วนที่มีความน่าสนใจในการศึกษาต่อไปเพราะอาจให้คุณสมบัติการย้อมที่แตกต่าง นอกจากนี้การใช้สีสกัดฝางร่วมกับสารมอร์แดนต์ เช่น CuSO_4 อาจจะเป็นอีกแนวทางหนึ่งที่มีประสิทธิภาพในการเพิ่มประสิทธิภาพในการติดสี [7] สำหรับปัจจัยอื่นที่อาจส่งผลกระทบต่อสีสกัดจากฝางมีสีอ่อนลงในการย้อมสีแบบควบคุมได้แก่กระบวนการกำจัดน้ำเพื่อทำสไลด์ถาวร ที่ประกอบด้วยกระบวนการตรึงเนื้อเยื่อ กระบวนการกำจัดน้ำ และการทำใส อาจส่งผลต่อระดับความเข้มของการติดสีซึ่งสอดคล้องกับ พงศ์พันธุ์ กองทอง [9] ที่กล่าวว่าคุณสมบัติการเป็นสีย้อมและการย้อมสีขึ้นอยู่กับหลายปัจจัย ได้แก่ ความแรงของสีย้อม อัตราการแตกตัวของไอออนของในเนื้อเยื่อและของสีย้อม รวมไปถึงค่าความเป็นกรด - ต่างของสารละลายสีย้อม และการย้อมสียังได้รับอิทธิพลมาจากสิ่งแวดล้อมอื่น เช่น สีย้อมที่ใช้เป็นชนิดเดียวหรือเป็นสีย้อมผสม สีย้อมอยู่ในสารละลายที่เป็นน้ำหรือแอลกอฮอล์ขณะที่ย้อม อุณหภูมิขณะที่ย้อมต่ำหรือสูง รวมไปถึงความเข้มข้นของสีย้อม เป็นต้น

สรุปผลการวิจัย

สีสกัดจากฝางและอัญชัน เมื่อนำมาย้อมเนื้อเยื่อพืชโดยใช้เพียงสีเดียว มีประสิทธิภาพในการติดสีใกล้เคียงกันและมีการติดสีอยู่ในระดับที่ทำให้สามารถมองเห็นโครงสร้างส่วนต่าง ๆ ของพืชได้ชัดเจน และสีทั้ง 2 ชนิดสามารถนำมาใช้ย้อมควบคุมกันได้ในตัวอย่างสดและสไลด์ถาวร อย่างไรก็ตามพบว่าความเข้มของสีจากการย้อมด้วยสีสกัดจากฝางและอัญชันมีการติดสีที่ค่อนข้างอ่อนเมื่อเปรียบเทียบกับ การย้อมด้วยสีชาฟรานีโอ และฟาสต์กรีน

กิตติกรรมประกาศ

การวิจัยนี้สามารถสำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีจากการได้รับความอนุเคราะห์สถานที่ เครื่องมือวิทยาศาสตร์ในการศึกษา โดยโปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

เอกสารอ้างอิง

- [1] มยุรี คุณิรัตน์ แพรพรรณ ดวงไข สุขยา วิริยะการุญย์ และศิวพร หอมหวล. (2557). การสกัดและประยุกต์ใช้สีย้อมธรรมชาติจากพืชในท้องถิ่นสำหรับย้อมเนื้อเยื่อพืช. [โปสเตอร์นำเสนอ] การประชุมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีภาคตะวันออกเฉียงเหนือ, 12 กุมภาพันธ์ 2557, อุบลราชธานี
- [2] มานิต คิตอยู่. (2552). สีย้อมธรรมชาติจากฝางสำหรับการศึกษาเซลล์และเนื้อเยื่อพืช. วารสารพฤกษศาสตร์ไทย, 1(2), 61-70.

- [3] วันเพ็ญ แก้วพุก. (2558). การศึกษาสารสกัดสีธรรมชาติจากพืชเพื่อการย้อมสีโครโมโซม สำหรับห้องปฏิบัติการ การชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม. การประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 7, 30 – 31 มีนาคม 2558, นครปฐม.
- [4] พิมพ์ชนก สำเร็จเวทย์ และวรพันธ์ อินตารักษา. (2555). การศึกษาสีย้อมเนื้อเยื่อตัดตามขวางของลำต้นหญ้า ละเอียดที่สกัดจากพืชธรรมชาติที่หาได้ในท้องถิ่น. (โครงการวิทยาศาสตร์). โรงเรียนจักรคำคณาทร. ลำพูน
- [5] จิตภา บุญพัทธ์ อีสริย์ ปั่นก้อง และธีรรัตน์ แซ่มชัยพร. (2562). การสกัดสีธรรมชาติจากพืชกลุ่มแอนโทไซยานิน เพื่อใช้ในการย้อมสีโครโมโซมจากปลายรากหอม. งานประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ครั้งที่ 11, 11 - 12 กรกฎาคม 2562, นครปฐม
- [6] นฤมล อัสวเกศมณี. (2549). การเก็บรักษาตัวอย่างพืชและสัตว์. สงขลา: คณะเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัย ราชภัฏสงขลา
- [7] พรณวิภา แพงศรี และลัดดาวัลย์ กงพลี. (2564). การพัฒนาศี้อย้อมธรรมชาติจากพืชในกลุ่มแอนโทไซยานินเพื่อ ใช้สำหรับย้อมเนื้อเยื่อพืช. วารสารวิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ศึกษา, 5(1), 1-11.
- [8] Dapson, R. W., & Bain, C. L. (2015). Brazilwood, sappanwood, brazilin and the red dye brazilein: from textile dyeing and folk medicine to biological staining and musical instruments. Biotechnic & Histochemistry, 90(6), 401-423.
- [9] พงศ์พันธุ์ กองทอง. (2538). ไมโครเทคนิค. กรุงเทพมหานคร: ห้างหุ้นส่วนจำกัดแสงจันทร์การพิมพ์

การมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร กรณีศึกษาตำบลโพธิ์ เก้าต้น อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี

Participation in Irrigation Water Management for Agriculture: A Case Study of Pho Kao Ton Sub-District, Mueang District, LopBuri Province

ตุลาภรณ์ จินเฮง, ขวัญชัย ชัยอุดม*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี อำเภอเมืองลพบุรี จังหวัดลพบุรี

Tulaporn Jeenheng, Kwanchai Chai-udom*

Faculty of Science and Technology Thepsatri Rajabhat University, Meung, Lopburi

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาระดับและความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทักษะ และความพึงพอใจต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร: กรณีศึกษา ตำบลโพธิ์เก้าต้น อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี โดยใช้แบบสอบถามเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างเกษตรกรที่ใช้น้ำชลประทานเพื่อการเกษตร จำนวน 149 คน และนำมาหาค่าเฉลี่ย ร้อยละ และหาความสัมพันธ์ค่าสัมประสิทธิ์แบบเพียร์ ผลการศึกษา พบว่า การมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร โดยรวมอยู่ในระดับปานกลาง โดยแบ่งออกเป็น 1) การมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ 2) การมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการ และปฏิบัติ และ 3) การมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 3.28 และ 3.13 ตามลำดับ สำหรับความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา พื้นที่ประกอบทางการเกษตร ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร แต่รายได้การใช้ประโยชน์จากน้ำ ทักษะต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ และความพึงพอใจต่อการจัดการทรัพยากรน้ำมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01

* Corresponding author : kwanchai.c@lawasri.tru.ac.th

คำสำคัญ : การมีส่วนร่วม, การจัดการน้ำชลประทาน, เพื่อการเกษตร

Abstract

This research aimed to study the level and relationships of personal factors, knowledge, attitude, satisfaction, and participation in irrigation management for agriculture: A case study of Pho Kao Ton Sub-District, Mueang District, Lop Buri Province. Data were collected by questionnaires through 149 samples from farmers. The statistics applied for describing the data percent, mean and followed Pearson's Correlation Coefficient. The study results showed that the level of participation in irrigation management for agriculture falls in moderate divided into 1) participation in presentation ideas, planning, and decision making 2) participation in the operation, and implementation and 3) participation in monitoring and evaluation with the mean of 3.35, 3.28 and 3.13 respectively. The relationships of personal factors showed that gender, age, education level agricultural assembly area knowledge about water resource management were not correlated with the participation in irrigation water management for agriculture, but income, utilization of water resources attitude towards water resource management and satisfaction with water resource management were related to participation in irrigation water management for agriculture, significantly different at 0.01

Keywords : Participation, Irrigation water management, Agriculture

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศของโลกมีสาเหตุเกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาขยะ ควันไอเสียที่เกิดจากการจราจรที่ติดขัด ทำให้เกิดก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งก๊าซชนิดนี้จะส่งผลต่อชั้นบรรยากาศของโลก ทำให้เกิดรูรั่วที่ชั้นโอโซนทำให้รังสีของดวงอาทิตย์ลงมาถึงพื้นโลกที่ความเข้มสูง ความร้อนของแสงนั้นไม่สามารถสะท้อนออกไปได้ จึงทำให้เกิดภาวะโลกร้อน จากสถานการณ์ดังกล่าวส่งผลกระทบต่อฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไปไม่ว่าจะเป็นภาวะน้ำท่วมหรือภาวะภัยแล้งโดยที่มนุษย์ไม่สามารถคาดการณ์ได้ ด้วยผลกระทบจากการเปลี่ยนแปลงสภาพภูมิอากาศจะส่งผลกระทบต่อฤดูกาลที่เปลี่ยนแปลงไป ไม่ว่าจะเป็นการเกิดภาวะน้ำท่วมใหญ่ในปี พ.ศ.2554 และภาวะภัยแล้งในปี พ.ศ.2555 [1] ทั้งนี้ ในตำบลโพธิ์ไก่ตันก็เกิดวิกฤตด้านน้ำเช่นเดียวกัน โดยน้ำเพื่อการเกษตรในพื้นที่โพธิ์ไก่ตันนั้นใช้น้ำจากแม่น้ำสายย่อยที่แยกออกมาจากแม่น้ำลพบุรีและแม่น้ำชนบทป่าสักด้วยกัน 2 สาย คือ สายชลประทานเส้นบายพาส และ ชลประทานสายหน้าพื้นที่การเกษตร ซึ่งปริมาณน้ำที่ปล่อยมาแต่ละปีในแม่น้ำลพบุรีมีปริมาณน้ำที่ปล่อยอยู่ที่ระดับ 43.66 – 43.67 เมตร ปริมาณน้ำอยู่ที่ 31 – 32 (ลบ.ม/วินาที) ในขณะที่แม่น้ำชนบทป่าสักปริมาณน้ำที่ปล่อยอยู่ที่ระดับ 17 เมตร ปริมาณน้ำเท่ากับ 14 (ลบ.ม/วินาที) ซึ่งประชากรในพื้นที่ใช้น้ำเพื่อการเพาะปลูกพืชและพืชส่วนใหญ่เป็นข้าว ชะอม และพืชเศรษฐกิจต่าง ๆ โดยมีพื้นที่ปลูกข้าวจำนวน 4,500 ไร่ พื้นที่ปลูกชะอมจำนวน 500 ไร่ และพืชเศรษฐกิจอื่น ๆ จำนวน 500 ไร่ [1]

จากการสัมภาษณ์ผู้ใหญ่บ้านของตำบลโพธิ์ไก่ตันเกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ [2] จากสถานการณ์การใช้น้ำเพื่อการเกษตรของตำบลโพธิ์ไก่ตันปัจจุบัน พบว่า จะเกิดปัญหาน้ำไม่เพียงพอต่อการเกษตรในช่วงฤดูแล้ง เนื่องจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องจัดสรรน้ำเข้ามาในพื้นที่อย่างจำกัด และอีกหนึ่งปัญหาที่พบ คือ มีสิ่งกีดขวางทางน้ำในคลองระบายน้ำเกิดขึ้น เช่น เศษวัชพืช หรือ ตะกอน เป็นต้น ทำให้ส่งผลต่อปริมาณน้ำที่ไหลลงไปสู่ส่วนล่างของพื้นที่จากปัญหาที่ดังกล่าวเราสามารถใช้ในการมีส่วนร่วมของประชาชนเป็นเครื่องมือในการแก้ไขปัญหาได้ โดยให้ประชาชนในพื้นที่ มีความรู้ความเข้าใจและตระหนักถึงทรัพยากรของน้ำเพื่อการเกษตร อีกทั้งยังสามารถช่วยแก้ไขปัญหที่เกิดขึ้นในพื้นที่ โดยมีการให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรที่ยั่งยืน เพื่อดูแลทางน้ำตั้งแต่ต้นน้ำ กลางน้ำ และปลายน้ำ ให้เกษตรกรในพื้นที่มีน้ำใช้และลดการเกิดภัยแล้ง ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องการลดหรือขจัดปัญหาการขาดแคลนน้ำด้านการเกษตร โดยให้เกษตรกรเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตร งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาปัจจัยส่วนบุคคล และระดับความรู้ ทักษะ ทักษะ ความพึงพอใจ และการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร 2) เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล ความรู้ ทักษะ ความพึงพอใจ กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งจะส่งผลให้เกษตรกรมีน้ำเพื่อการเกษตรใช้อย่างเพียงพอและทำให้ผลผลิตทางการเกษตรเพิ่มมากขึ้นอย่างยั่งยืน

ตารางที่ 1: ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (เกษตรกร)

หมู่บ้าน	เกษตรกร (คน)	กลุ่มตัวอย่าง (คน)
หมู่ที่ 3 บ้านคลองท่าควาย	41	26
หมู่ที่ 4 บ้านมะนาวหวาน	24	15
หมู่ที่ 5 บ้านโพธิ์ไก่ตัน	53	34
หมู่ที่ 6 บ้านคลองยายคล้าย	56	35
หมู่ที่ 7 บ้านโพธิ์ผิ้ว	62	39

ที่มา: สำนักงานทะเบียนเกษตรกรกลาง (2560) [4]

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร: กรณีศึกษาตำบลโพธิ์ไก่ตัน อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี เป็นงานวิจัยเชิงสำรวจโดยใช้วิธีการเชิงปริมาณ ซึ่งมีหัวข้อที่เกี่ยวกับการเงินงานวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง (เกษตรกร) ประชาชนที่ใช้ในการศึกษาเป็นเกษตรกรที่อาศัยอยู่ในหมู่ที่ 3-7 ตำบลโพธิ์ไก่ตัน อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี มีจำนวนเกษตรกรทั้งหมด 236 คน ผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มตัวอย่างจากการใช้ สูตรของยามานะ (Yamane) ในการคำนวณหาขนาดของกลุ่มตัวอย่างที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 และกำหนดความคลาดเคลื่อนที่ยอมรับได้ 0.05 มีสูตรคำนวณ [3] ได้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 149 คน โดยแบ่งสัดส่วนตามกลุ่มตัวอย่างในแต่ละหมู่บ้าน โดยการสุ่มตัวอย่างจะเป็นการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple Random Sampling) ตัวอย่างที่ถูกเลือกขึ้นมาศึกษาจะเป็นตัวแทนของประชากรทั้งหมด การสุ่มตัวอย่างในแต่ละระดับชั้นแบบสัดส่วนเป็นการเก็บตัวอย่าง

ตารางที่ 2: จำนวนและร้อยละของเพศ อายุ ระดับการศึกษา พื้นที่ประกอบทางการเกษตร รายได้ การใช้ประโยชน์จากน้ำ

	ตัวแปร	รายละเอียด	จำนวน(คน)	ร้อยละ(%)
เพศ		ชาย	72	48.3
		หญิง	77	51.7
อายุ		20 – 30 ปี	1	0.7
		31 – 40 ปี	15	10.1
		41 – 50 ปี	68	45.6
		มากกว่า 50 ปีขึ้นไป	65	43.6
ระดับการศึกษา		ประถม	76	51.0
		มัธยม	71	47.7
		ปริญญาตรี	2	1.3
		สูงกว่าปริญญาตรี	0	0
พื้นที่ประกอบทางการเกษตร		ต่ำกว่า 10 ไร่	11	7.4
		10 – 20 ไร่	50	33.5
		21 – 30 ไร่	32	21.5
		มากกว่า 30 ไร่	56	37.6
รายได้		ต่ำกว่า 10,000 บาท/เดือน	16	10.7
		10,001 – 15,000 บาท/เดือน	62	41.6
		15,001 – 20,000 บาท/เดือน	46	30.9
		20,000 – 25,000 บาท/เดือน	14	9.4
		25,001 – 30,000 บาท/เดือน	5	3.4
		มากกว่า 30,000 บาท/เดือน	6	4.0
การใช้ประโยชน์จากน้ำ		ใช้ในการเพาะปลูกและใช้ในครัวเรือน	34	22.8
		ใช้ในการเพาะปลูกอย่างเดียว	115	77.2
		ใช้ในครัวเรือนอย่างเดียว	0	0
		ไม่ได้ใช้ประโยชน์อะไร	0	0

ในแต่ละกลุ่มชั้น ดังตารางที่ 1

2. เครื่องมือในการวิจัย เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตรที่ประกอบไปด้วย 2 ตอน ได้แก่ (ตอนที่ 1) ข้อมูลส่วนบุคคลของผู้ตอบแบบสอบถาม 1) ปัจจัยทางด้านบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ และระดับการศึกษา 2) ปัจจัยทางด้านสังคม ได้แก่ พื้นที่ประกอบทางการเกษตร และรายได้ 3) ปัจจัยทางด้านความรู้ ทักษะ ความพึงพอใจ ได้แก่ การใช้ประโยชน์จากน้ำ ความรู้เกี่ยวกับการจัดการน้ำ ทักษะต่อการจัดการน้ำ และความพึงพอใจต่อทรัพยากรน้ำเป็นลักษณะคำถามปลายปิด จำนวน 25 ข้อ (ตอนที่ 2) แบบสอบถามการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำเพื่อการเกษตร ได้แก่ การมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ การมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการปฏิบัติ และการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและการประเมินผล เป็นคำถามแบบปลายปิด จำนวน 15 ข้อ

โดยแบบทดสอบทั้งหมดได้ให้ผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาและตรวจสอบความถูกต้องเหมาะสมและนำไปปรับปรุงแก้ไข จากนั้นนำแบบสอบถามมาทดสอบความน่าเชื่อถือ โดยการวัดความสอดคล้องภายในด้วยการเก็บข้อมูลจากเกษตรกรนอกพื้นที่การศึกษา ซึ่งผลการทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์ Cronbach's Alpha เท่ากับ .916 โดยมี N of Items เท่ากับ 34 ถือเป็นมาตรวัดที่เชื่อถือได้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร: กรณีศึกษา ตำบลโพธิ์ไก่ต้น อำเภอมือง จังหวัดลพบุรี ผู้วิจัยได้ศึกษาจากแบบสอบถามของกลุ่มตัวอย่าง 149 คน โดยใช้แบบสอบถามเป็นเครื่องมือในการศึกษา โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS วิเคราะห์ และนำเสนอผลการศึกษาแบ่งออกเป็น 2 ตอน โดยตอนที่ 1 เกี่ยวข้องกับข้อมูลด้านบุคคล สังคม ความรู้ ทักษะ และความพึงพอใจ ซึ่งแสดงผลการสำรวจ ดังตารางที่ 2.

จากตารางที่ 2. พบว่าเกษตรกรกลุ่มตัวอย่างในตำบลโพธิ์ไก่ต้น อำเภอมือง จังหวัดลพบุรี เป็นเพศชาย และเพศหญิงในปริมาณใกล้เคียงกัน โดยส่วนใหญ่อายุเกินกว่า 40 ปี มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมและมัธยม มีพื้นที่ทำการเกษตรส่วนใหญ่มากกว่า 10 ไร่ รายได้ส่วนใหญ่ไม่เกิน 20,000 บาทต่อเดือน มีเพียงร้อยละ 4 เท่านั้นที่มีรายได้มากกว่า 30,000 บาทต่อเดือน การใช้น้ำส่วนใหญ่จะใช้สำหรับการเพาะปลูกอย่างเดียว

ผลการสำรวจจำนวนและร้อยละของข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำได้ผลการสำรวจ ดังนี้ การใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าเป็นการจัดการทรัพยากรน้ำอีกวิธีหนึ่ง เป็นข้อที่มีการตอบถูกมากที่สุด คิดเป็นร้อยละ 90.6 รองลงมา คือ การใช้น้ำอย่างประหยัดเป็นการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างถูกวิธี คิดเป็นร้อยละ 88.6 และการใช้น้ำอย่างประหยัดสามารถแก้ไขปัญหาการขาดแคลนน้ำได้ คิดเป็นร้อยละ 85.9 และข้อที่มีการตอบ ผิดมากที่สุด คือ การวางแผนก่อนการปลูกพืชหรือการใช้น้ำไม่ถือว่าเป็นการจัดการทรัพยากรน้ำ คิดเป็นร้อยละ 54.4 รองลงมา คือ น้ำที่ใช้แล้วจากครัวเรือนไม่สามารถนำมาใช้อีกได้ คิดเป็นร้อยละ 39.6 และการจัดการทรัพยากรน้ำคือการเก็บน้ำไว้ไม่ให้ประโยชน์ใด ๆ ทั้งสิ้น คิดเป็นร้อยละ 35.6 (ตารางที่ 3) เมื่อแยกสำรวจจำนวนและร้อยละของประชาชนจำแนกตามระดับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ พบว่า ประชาชนส่วนใหญ่มีความรู้ระดับสูง ร้อยละ 53.69 รองลงมา คือ ความรู้ระดับปานกลาง ร้อยละ 36.24 และความรู้ระดับต่ำน้อยที่สุด ร้อยละ 10.07 ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 3: จำนวน และร้อยละของข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ

ตัวแปร	ถูก		ผิด	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
1. การจัดการทรัพยากรน้ำ หน่วยงานภาครัฐควรเป็นผู้ดำเนินงานเพียงผู้เดียว	97	65.1	52	34.9
2. การตัดไม้ทำลายป่าเท่ากับเป็นการทำลายทรัพยากรน้ำ	123	82.6	26	17.4
3. น้ำที่ใช้แล้วจากครัวเรือนไม่สามารถนำมาใช้อีกได้	90	60.4	59	39.6
4. การใช้น้ำอย่างประหยัดสามารถแก้ไขปัญหการขาดแคลนน้ำได้	128	85.9	21	14.1
5. การจัดการทรัพยากรน้ำคือการเก็บน้ำไว้ไม่ให้ประโยชน์ใด ๆ ทั้งสิ้น	96	64.4	53	35.6
6. การใช้น้ำอย่างรู้คุณค่าเป็นการจัดการทรัพยากรน้ำอีกวิธีหนึ่ง	135	90.6	14	9.4
7. การวางแผนก่อนการปลูกพืชหรือการใช้น้ำไม่ถือว่าเป็นการจัดการทรัพยากรน้ำ	68	45.6	81	54.4
8. ประชาชนสามารถร่วมกันจัดการทรัพยากรน้ำได้ด้วยตนเองอย่างมีประสิทธิภาพ	111	74.5	38	25.5

ตารางที่ 4: จำนวน และร้อยละของประชาชนจำแนกตามระดับข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ

ระดับความรู้	จำนวน(คน)	ร้อยละ
จำนวนทั้งหมด		
ความรู้ระดับสูง (7 คะแนนและสูงกว่า)	80	53.69
ความรู้ปานกลาง (5 – 6 คะแนน)	54	36.24
ความรู้ต่ำ (4 คะแนนและต่ำกว่า)	15	10.07

จากตารางที่ 5. เมื่อศึกษาผลของทัศนคติต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ พบว่า ระดับทัศนคติอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมทั้งหมดเท่ากับ 3.27 ระดับ ทัศนคติที่อยู่ในระดับปานกลาง คือ การจัดการทรัพยากรน้ำ เป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญ ค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.57 รองลงมา คือ พื้นที่ที่อยู่ในความครอบครองของท่านจะต้องมีตำแหน่งน้ำเพื่อสำรองไว้ในหน้าแล้ง ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 หากมีเรื่องที่ภาครัฐต้องการความช่วยเหลือจากท่านด้านการจัดการน้ำ ท่านจะให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.18 และการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่ เป็นเรื่องขององค์กรบริหารส่วนท้องถิ่น เช่น เทศบาล องค์กรบริหารส่วนตำบล ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 3.03 โดยความพึงพอใจต่อการจัดการทรัพยากรน้ำดังตารางที่ 6. พบว่า ระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีค่าเฉลี่ยในภาพรวมทั้งหมด เท่ากับ 3.17 ระดับความพึงพอใจสูงสุด คือ ท่านมีความพึงพอใจต่อเส้นทางคลองส่งน้ำมากน้อยเพียงใด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 รองลงมา คือ ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณน้ำที่ได้รับมากน้อยเพียงใด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณน้ำในการเพาะปลูกมากน้อยเพียงใด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณน้ำในการอุปโภค บริโภคมากน้อยเพียงใด ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.05 ท่านมีความพอใจต่อการใช้น้ำมากน้อยเพียงใด

ตารางที่ 5: จำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้านทัศนคติต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ

ตัวแปร	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ระดับทัศนคติ
1. การจัดการทรัพยากรน้ำเป็นเรื่องที่ต้องให้ความสำคัญ	(17) 11.4	(51) 34.2	(81) 54.4	(0) 0	(0) 0	3.57	ปานกลาง
2. พื้นที่ที่อยู่ในความครอบครองของท่านจะต้องมีตำแหน่งน้ำเพื่อสำรองไว้ใช้ในหน้าแล้ง	(5) 3.4	(33) 22.1	(110) 73.8	(1) 0.7	(0) 0	3.28	ปานกลาง
3. หากมีเรื่องที่ภาครัฐต้องการความช่วยเหลือจากท่านด้านการจัดการน้ำ ท่านจะให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดี	(6) 4.0	(18) 12.1	(123) 82.6	(2) 1.3	(0) 0	3.18	ปานกลาง
4. การบริหารจัดการทรัพยากรน้ำในพื้นที่เป็นเรื่องขององค์กรบริหารส่วนท้องถิ่น เช่น เทศบาล องค์กรบริหารส่วนตำบล	(2) 1.3	(10) 6.7	(128) 85.9	(8) 5.4	(1) 0.7	3.03	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยทัศนคติต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ						3.27	ปานกลาง

ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.97 และ ท่านมีความพึงพอใจต่อการจัดการน้ำของหน่วยงานรัฐมากน้อยเพียงใด ค่าเฉลี่ยต่ำสุดเท่ากับ 2.82

สำหรับตอนที่ 2 ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรตามตารางที่ 7. พบว่า การมีส่วนร่วมของประชาชนในภาพรวม อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 โดยระดับการมีส่วนร่วมด้านการมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 รองลงมา คือ ด้านการมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการและปฏิบัติ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 และด้านการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 โดยจะอธิบายเป็นลำดับขั้นตอนการมีส่วนร่วมดังต่อไปนี้

ด้านการมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ ระดับการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 โดยท่านได้มีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา และความต้องการของชุมชนในการจัดการน้ำ อยู่ในระดับการมีส่วนร่วมปานกลาง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.46 รองลงมา คือ ท่านเคยร่วมทำงานเพื่อแก้ไขปัญหา น้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.39 ท่านเคยร่วมปรึกษากับเจ้าหน้าที่รัฐ หรือชุมชนในการจัดการน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34

และท่านได้มีส่วนร่วมในการคิด การวางแผน และการตัดสินใจ ในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการจัดการน้ำ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.34 ด้านการมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการและปฏิบัติระดับการมีส่วนร่วมอยู่ที่ปานกลาง เท่ากับ 3.28 โดยท่านเคยชักชวนญาติพี่น้อง เพื่อนบ้านให้เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ในการจัดการน้ำ อยู่ในระดับการมีส่วนร่วมปานกลาง มีค่าเฉลี่ยสูงสุดเท่ากับ 3.31 รองลงมา คือ ท่านเข้าร่วมกิจกรรมในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ เช่น การร่วมปลูกต้นไม้ การไม่ตัดไม้ทำลายป่า มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.30 ท่านเคยมีส่วนร่วมในการดูแล รักษาทรัพยากรน้ำในชุมชนของท่าน เช่น ชุดลอกลำน้ำ เก็บขยะลอยน้ำ ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.29 และท่านมีส่วนร่วมในกิจกรรมทุกกิจกรรมของชุมชน ค่าเฉลี่ยเท่ากับ

3.27

ด้านการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล ระดับการมีส่วนร่วมอยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 โดยโครงการในชุมชนของท่านประสบความสำเร็จดังเป้าหมายที่วางไว้ อยู่ในระดับการมีส่วนร่วมปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.14 รองลงมา คือ ท่านติดตามกิจกรรมต่าง ๆ และหาแนวทางแก้ไข ปรับปรุงกิจกรรมที่ท่านเข้าร่วม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.13 และ ท่านได้ร่วมกับภาครัฐติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงานของโครงการที่ท่านเข้าร่วม มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.12

เมื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์ตามกระบวนการทางสถิติปัจจัยที่มีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรตามตารางที่ 8. สามารถอภิปรายได้ตามหัวข้อต่อไปนี้ 1) เพศ ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานว่า เพศมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อาจกล่าวได้ว่าเพศหญิง หรือ เพศชาย คิดไม่แตกต่างเรื่องการมีส่วนร่วมเพราะการมีส่วนร่วมในด้านต่าง ๆ นั้นเป็นเรื่องที่ใกล้ตัวและมีอยู่ในชีวิตประจำวันที่สามารถรับรู้ได้ง่ายและเห็นผลได้ชัดเจนว่าเมื่อการมีส่วนร่วมแล้วจะมีผลประโยชน์ที่ตามมาอย่างไร จึงอาจทำให้ระดับการมีส่วนร่วมของเพศหญิงและเพศชายไม่มีความแตกต่างกัน ดังนั้น เพศที่ต่างกันจึงไม่มีผลกับการมีส่วนร่วม สอดคล้องกับงานวิจัยของเรวัตร (2556) [5] ที่ศึกษาปัจจัยในการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อโครงการจัดการทรัพยากรประมงโดยชุมชนเฉลิมพระเกียรติฯ บริเวณอ่างเก็บน้ำทับทิมสยาม 01 จังหวัดตราด และพบว่า เพศ ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมต่อโครงการจัดการทรัพยากรประมงโดยชุมชนเฉลิมพระเกียรติฯ บริเวณอ่างเก็บน้ำทับทิมสยาม 01 จังหวัดตราด

2) อายุ ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานว่า อายุมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อาจกล่าวได้ว่าคนอายุน้อยได้รับรู้ประโยชน์ของการมีส่วนร่วมจากการรับรู้ข่าวสาร หรือจากการศึกษา ส่วนคนอายุมากรับรู้การมีส่วนร่วมจากประสบการณ์ จึงทำให้ไม่ว่าจะอายุช่วงไหนก็สามารถเข้ามามีส่วนร่วมได้เท่ากัน จึงเป็นผลทำให้การศึกษา พบว่า คนที่มีอายุต่างกันมีส่วนร่วมไม่ต่างกัน ซึ่งขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ วิษณุ (2557) [6] ที่ศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชนหมู่บ้านทุ่งกร่าง ตำบลทับไทร อำเภอบึงนาราง จังหวัดจันทบุรี พบว่า ประชาชนที่มีอายุน้อยอาจจะยังไม่เห็นความสำคัญของการมีส่วนร่วม ยังมองไม่ออกว่าการมีส่วนร่วมสำคัญ ซึ่งต่างจากประชาชนที่มีอายุมากกว่าที่มีประสบการณ์ในหลาย ๆ ด้าน มองภาพได้กว้างกว่าและเห็นความสำคัญและความจำเป็นของการมีส่วนร่วม

3) ระดับการศึกษา ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ว่า ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อาจกล่าวได้ว่าเมื่อเป็นผู้ใช้น้ำแล้วไม่ว่าจะมีระดับการศึกษาสูงหรือระดับการศึกษาต่ำก็ใช้น้ำเหมือนกัน และจะเห็นประโยชน์จากการใช้น้ำเหมือนกัน จึงมีส่วนร่วมเหมือนกัน ซึ่งขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ ไกรสร (2551) [7] ที่พบว่า ระดับการศึกษามีความสัมพันธ์และส่งผลให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กลุ่มน้ำสาขาคลองปะเหลียน

ตารางที่ 6: จำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ยของข้อมูลด้านความพึงพอใจ

ตัวแปร	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ระดับความพึงพอใจ
1. ท่านมีความพึงพอใจต่อเส้นทางคลองส่งน้ำ มากน้อยเพียงใด	(0) 0	(0) 0	(67) 45.0	(46) 30.9	(36) 24.2	3.79	สูง
2. ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณน้ำที่ได้รับ มากน้อยเพียงใด	(4) 2.7	(40) 26.8	(99) 66.4	(6) 4.0	(0) 0	3.28	ปานกลาง
3. ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณน้ำในการ เพาะปลูกมากน้อยเพียงใด	(3) 2.7	(26) 17.4	(109) 73.2	(10) 6.7	(1) 0.7	3.13	ปานกลาง
4. ท่านมีความพึงพอใจต่อปริมาณน้ำในการ อุปโภค บริโภคมากน้อยเพียงใด	(4) 2.7	(21) 14.1	(104) 69.8	(19) 12.8	(1) 0.7	3.05	ปานกลาง
5. ท่านมีความพึงพอใจต่อการจัดการน้ำของ หน่วยงานรัฐ มากน้อยเพียงใด	(3) 2.0	(18) 12.1	(84) 56.4	(37) 24.8	(7) 4.7	2.82	ปานกลาง
6. ท่านมีความพอใจต่อการใช้น้ำมากน้อย เพียงใด	(2) 1.3	(17) 11.4	(107) 71.8	(21) 14.1	(2) 1.3	2.97	ปานกลาง
ค่าเฉลี่ยความพึงพอใจต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ						3.17	ปานกลาง

4) พื้นที่ประกอบทางการเกษตร ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานที่ว่า พื้นที่ประกอบทางการเกษตรมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อาจกล่าวได้ว่า ไม่ว่าจะมีความสัมพันธ์กับพื้นที่ประกอบทางการเกษตรมากหรือน้อยไม่ต่างกัน เนื่องจากขึ้นอยู่กับว่าประชาชนแต่ละคนให้ความสำคัญกับการมีส่วนร่วมที่มากหรือน้อยกว่ากัน

5) รายได้ มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 โดยมีความสัมพันธ์ในทิศทางตรงกันข้าม จึงเป็นไปตามสมมุติฐานว่า รายได้ มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อาจกล่าวได้ว่าประชาชนที่ยังมีรายได้มาก ยังไม่มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำ ขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ ไกรสร (2551) [7] ที่พบว่า รายได้ มีความสัมพันธ์และส่งผลให้ประชาชนเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ กลุ่มน้ำสาขาคลองปะเหลียน

6) การใช้ประโยชน์จากน้ำ มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 จึงเป็นไปตามสมมุติฐานว่า ที่ว่าประโยชน์จากน้ำมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งอาจเป็นเพราะว่าประชาชนใช้ประโยชน์จากน้ำในคลองชลประทานแตกต่างกันออกไปตามการใช้สอย ยิ่งประชาชนใช้ประโยชน์จากน้ำคลองชลประทานมาก ประชาชนก็จะยิ่งมีส่วนร่วมมากเพื่อให้มีทรัพยากรน้ำใช้ที่ยั่งยืน

ตารางที่ 7: จำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร

ตัวแปร	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ระดับการมีส่วนร่วม
การมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด							
การวางแผน และการตัดสินใจ							
1. ท่านได้มีส่วนร่วมในการค้นหาปัญหา และความต้องการของชุมชนในการจัดการน้ำ	(8) 5.4	(52) 34.9	(89) 59.7	(0) 0	(0) 0	3.46	ปานกลาง
2. ท่านเคยร่วมทำงานเพื่อแก้ไขปัญหา	(7) 4.7	(45) 30.2	(96) 64.4	(1) 0.7	(0) 0	3.39	ปานกลาง
3. ท่านเคยปรึกษากับสมาชิกในครอบครัวเกี่ยวกับการจัดการน้ำ	(4) 2.7	(40) 26.8	(104) 69.8	(1) 0.7	(0) 0	3.32	ปานกลาง
4. ท่านเคยร่วมปรึกษากับเจ้าหน้าที่รัฐหรือชุมชนในการจัดการน้ำ	(7) 4.7	(36) 24.2	(106) 71.7	(0) 0	(0) 0	3.34	ปานกลาง
5. ท่านได้มีส่วนร่วมในการคิด การวางแผน และการตัดสินใจ ในเรื่องเกี่ยวกับการจัดการน้ำ	(5) 3.4	(40) 26.8	(104) 69.8	(0) 0	(0) 0	3.34	ปานกลาง
6. ท่านเข้าร่วมกิจกรรมที่ชุมชนจัดทำขึ้นเพื่อการจัดการน้ำ	(8) 5.4	(29) 19.5	(111) 74.5	(1) 0.7	(0) 0	3.30	ปานกลาง
7. ท่านมีโอกาสดได้แสดงความคิดเห็น เสนอแนะ ในกิจกรรมต่าง ๆ ของชุมชน	(8) 5.4	(32) 21.5	(109) 73.2	(0) 0	(0) 0	3.32	ปานกลาง
ภาพรวมด้านการมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด						3.35	ปานกลาง
การวางแผน และการตัดสินใจ							
การมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการและปฏิบัติ							
1. ท่านมีส่วนร่วมในกิจกรรมทุกกิจกรรมของชุมชน	(7) 4.7	(26) 17.4	(116) 77.9	(0) 0	(0) 0	3.27	ปานกลาง
2. ท่านเคยนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งเพื่อประหยัดน้ำ	(3) 2.0	(32) 21.5	(114) 76.5	(0) 0	(0) 0	3.26	ปานกลาง
3. ท่านเคยชักชวนญาติพี่น้อง เพื่อนบ้านให้เข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ในการจัดการน้ำ	(4) 2.7	(38) 25.5	(107) 71.8	(0) 0	(0) 0	3.31	ปานกลาง
4. ท่านเข้าร่วมกิจกรรมในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ เช่น การร่วมปลูกต้นไม้ การไม่	(8) 5.4	(29) 19.5	(112) 75.2	(0) 0	(0) 0	3.30	ปานกลาง
ภาพรวมด้านการมีส่วนร่วมด้าน						3.28	ปานกลาง
การดำเนินการและปฏิบัติ							

ตารางที่ 7: จำนวน ร้อยละ และค่าเฉลี่ยการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร (ต่อ)

ตัวแปร	มากที่สุด	มาก	ปานกลาง	น้อย	น้อยที่สุด	ค่าเฉลี่ย	ระดับการมีส่วนร่วม
การมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการและปฏิบัติ							
1. ท่านมีส่วนร่วมในกิจกรรมทุกกิจกรรมของชุมชน	(7) 4.7	(26) 17.4	(116) 77.9	(0) 0	(0) 0	3.27	ปานกลาง
2. ท่านเคยนำน้ำที่ใช้แล้วกลับมาใช้ใหม่อีกครั้งเพื่อประหยัดน้ำ	(3) 2.0	(32) 21.5	(114) 76.5	(0) 0	(0) 0	3.26	ปานกลาง
3. ท่านเคยชักชวนญาติพี่น้อง เพื่อนบ้านให้เข้าร่วมกิจกรรมต่างๆ ในการจัดการน้ำ	(4) 2.7	(38) 25.5	(107) 71.8	(0) 0	(0) 0	3.31	ปานกลาง
4. ท่านเข้าร่วมกิจกรรมในการอนุรักษ์ทรัพยากรน้ำ เช่น การร่วมปลูกต้นไม้ การไม่	(8) 5.4	(29) 19.5	(112) 75.2	(0) 0	(0) 0	3.30	ปานกลาง
ภาพรวมด้านการมีส่วนร่วมด้าน						3.28	ปานกลาง
การดำเนินการและปฏิบัติ							
การมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล							
1. ท่านติดตามกิจกรรมต่างๆ และหาแนวทางแก้ไข ปรับปรุงกิจกรรมที่ท่านเข้าร่วม	(2) 1.3	(16) 10.7	(130) 87.2	(1) 0.7	(0) 0	3.13	ปานกลาง
2. โครงการในชุมชนของท่านประสบความสำเร็จดังเป้าหมายที่วางไว้	(2) 1.3	(17) 11.4	(130) 87.2	(0) 0	(0) 0	3.14	ปานกลาง
3. ท่านได้ร่วมกับภาครัฐติดตามความก้าวหน้าของการดำเนินงานของโครงการที่ท่านเข้าร่วม	(1) 0.7	(16) 10.7	(132) 88.6	(0) 0	(0) 0	3.12	ปานกลาง
ภาพรวมด้านการมีส่วนร่วมด้าน						3.13	ปานกลาง
การติดตามและประเมินผล							
ระดับการมีส่วนร่วม						3.28	ปานกลาง

ตารางที่ 8: การวิเคราะห์ความสัมพันธ์หาปัจจัยที่มีผลต่อระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร

ปัจจัย	การมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร	
	ค่าสัมประสิทธิ์	ระดับนัยสำคัญ
เพศ	0.057	0.488
อายุ	0.157	0.560
ระดับการศึกษา	-0.134	0.104
พื้นที่ประกอบทางการเกษตร	0.148	0.072
รายได้	-0.352**	0.000
การใช้ประโยชน์จากน้ำ	0.350**	0.000
ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ	0.023	0.783
ทัศนคติต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ	0.567**	0.000
ความพึงพอใจต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ	0.536**	0.000

** มีนัยสำคัญทางสถิติ 0.01

สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชลธิชา (2559) [8] ที่ศึกษาเรื่อง การมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำของประชาชนในเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์: กรณีศึกษาตำบลคำพราน อำเภอวังม่วง จังหวัดสระบุรี พบว่า ระดับการมีส่วนร่วม การใช้ ประโยชน์จากน้ำไม่ต่างกัน ยิ่งประชาชนใช้น้ำจากเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์มากเท่าไร ประชาชนยิ่งอยากเข้ามา มีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำมากขึ้น

7) ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมุติฐานว่า ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำชลประทานเพื่อเกษตร ผู้วิจัยเห็นว่าถึงแม้ประชาชนจะไม่มีความรู้เรื่องการจัดการทรัพยากรน้ำ แต่ประชาชนก็ได้เล็งเห็นคุณค่าของทรัพยากรน้ำ จึงมีผลทำให้ประชาชนอย่างเข้ามามีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำ เพื่อให้ที่จะได้มีทรัพยากรน้ำใช้ไปได้นานและยั่งยืน ขัดแย้งกับผลงานวิจัยของ สุธรรมา (2556) [9] ได้ศึกษาการมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการทรัพยากรน้ำจากโครงการชลประทานแม่น้ำชี กรณีศึกษา โครงการสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้าบ้านกุดแซ่ จังหวัดร้อยเอ็ด พบว่า ปัจจัยที่มีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ

8) ทัศนคติการจัดการทรัพยากรน้ำ มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการ น้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 จึงเป็นไปตามสมมุติฐานว่า ทัศนคติการจัดการทรัพยากรน้ำมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ซึ่งความคิดเห็นของผู้วิจัยคิดว่า เมื่อมีความคิดเห็นในการบริหารการจัดการทรัพยากรน้ำที่ดีและถูกต้อง ก็จะมีผลต่อการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำอย่าง ยั่งยืน สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชลธิชา (2559) [8] ที่พบว่า ทัศนคติเป็นเรื่องของความคิดของแต่ละบุคคลซึ่งแต่ละบุคคลก็จะมองเรื่องการจัดการทรัพยากรน้ำแตกต่างกันออกไปตามความคิดเห็น

9) ความพึงพอใจในการจัดการทรัพยากรน้ำ มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ 0.01 จึงเป็นไปตามสมมุติฐานว่าความพึงพอใจในการจัดการทรัพยากรน้ำมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ในความเห็นของผู้วิจัยคิดว่า แต่ละบุคคลใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำ และมีทัศนคติในการจัดการทรัพยากรน้ำที่ดี ก็ย่อมมีความพึงพอใจในการจัดการทรัพยากรน้ำและประสงค์อยากมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรอย่างยั่งยืน เพื่อครอบครัวและชุมชนของตนต่อไป สอดคล้องกับผลงานวิจัยของ ชลธิชา (2559) [8] ที่พบว่า แต่ละบุคคลใช้ประโยชน์จากทรัพยากรน้ำแตกต่างกันออกไป บางคนมองว่าตนไม่ได้ใช้น้ำมากมายเหมือนคนอื่นที่ทำอาชีพเกษตรกรรม หรือที่อยู่ของตนอยู่ท้ายน้ำ จึงมองว่าตนไม่ได้ทรัพยากรน้ำเท่าที่ควร

จากการวิเคราะห์ระดับการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร: กรณีศึกษาตำบลโพธิ์เก้าต้น อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี จะพบว่า อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ ด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ และด้านการติดตามและประเมินผล มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด มุมมองของผู้วิจัยเห็นว่า ในการเก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างมีความหลากหลายช่วงอายุ ระดับการศึกษาที่ต่างกัน ซึ่งในบางหมู่บ้านมีส่วนร่วมที่ดีแต่ขาดการติดตามและประเมินผล ในการดูแลแหล่งน้ำและการสนับสนุนจากภาครัฐในการดูแลแหล่งน้ำ รวมถึงควรมีการอบรมให้ความรู้เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการติดตามผล และประเมินผลการจัดการน้ำที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ พัดสะหวัน และบัญชา (2556) [10] ที่ศึกษา เรื่อง การมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้ใช้น้ำในการจัดการชลประทาน: กรณีศึกษาโครงการหนองแดง อำเภอเมือง จังหวัดสระบุรี ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า ประชาชน ยังขาดความรู้ความเข้าใจทางวิชาการ จึงทำให้ประชาชนในพื้นที่มีส่วนร่วมที่ระดับปานกลางและสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไกรสร (2551) [7] ที่พบว่า ประชาชนในพื้นที่ลุ่มน้ำสาขาลองปะเหลียน ในระดับการมีส่วนร่วมโดยภาพรวมของประชาชนอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งระดับการมีส่วนร่วมด้านประโยชน์ที่ประชาชนได้รับจากการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมา คือ ด้านกำหนดแผนงานเกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำอยู่ในระดับปานกลาง แต่ภาพรวมในด้านกำหนดแผนงานเกี่ยวกับการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ พบว่า เมื่อเกิดเหตุการณ์หรือปัญหาเกี่ยวกับสถานการณ์น้ำในพื้นที่ ประชาชนมีส่วนร่วมรับรู้ข้อเท็จจริงและสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นมากที่สุด และการมีส่วนร่วมในการตัดสินใจกำหนดแผนงานเพื่อแก้ปัญหาดังกล่าวอยู่ในระดับน้อยที่สุด

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาการมีส่วนร่วมในการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร กรณีศึกษา: ตำบลโพธิ์เก้าต้น อำเภอเมือง จังหวัดลพบุรี สามารถสรุปในแต่ละด้านได้ดังต่อไปนี้

ด้านข้อมูลส่วนบุคคล พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิงคิดเป็นร้อยละ 51.7 มีช่วงอายุระหว่าง 41 – 50 ปี คิดเป็นร้อยละ 45.6 มีระดับการศึกษาประถม คิดเป็นร้อยละ 51.0 มีพื้นที่ประกอบทางการเกษตร มากกว่า 30 ไร่ คิดเป็นร้อยละ 37.6 มีรายได้เฉลี่ยต่อเดือน 10,001 – 15,000 บาท/เดือน คิดเป็นร้อยละ 41.6 และส่วนมากใช้ในการเพาะปลูกอย่างเดียว คิดเป็นร้อยละ 77.2 ประชาชนในพื้นที่มีความรู้ในเรื่องการจัดการทรัพยากรน้ำ อยู่ในระดับสูง คิดเป็นร้อยละ 53.69 ที่ระดับความรู้ปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 36.24 ที่ระดับความรู้ต่ำคิดเป็นร้อยละ 10.07 ประชาชนมีทัศนคติด้านการจัดการทรัพยากรน้ำ อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 3.27 และมีความพึงพอใจต่อการจัดการ

ทรัพยากรน้ำ อยู่ในระดับปานกลาง คิดเป็นร้อยละ 3.17

ด้านระดับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร พบว่า ระดับการมีส่วนร่วมการจัดการทรัพยากรน้ำของประชาชนในพื้นที่ตำบลโพธิ์ไก่ตัน อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 และผู้วิจัยขออธิบายระดับการมีส่วนร่วมตามขั้นตอนการมีส่วนร่วมทั้ง 3 ขั้นตอน ซึ่งการมีส่วนร่วมด้านการเสนอความคิด การวางแผน และการตัดสินใจ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.35 รองลงมา คือ การมีส่วนร่วมด้านการดำเนินการและปฏิบัติ อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 3.28 และการมีส่วนร่วมด้านการติดตามและประเมินผล อยู่ในระดับปานกลาง มีค่าเฉลี่ย 3.13

ด้านการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษาเกี่ยวกับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร พบว่า เพศ อายุ ระดับการศึกษา พื้นที่ประกอบทางการเกษตร ความรู้เกี่ยวกับการจัดการทรัพยากรน้ำ ไม่มีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตร ส่วนรายได้การใช้ประโยชน์จากน้ำ ทิศนคติต่อการจัดการทรัพยากรน้ำ ความพึงพอใจต่อการจัดการทรัพยากรน้ำมีความสัมพันธ์กับการมีส่วนร่วมการจัดการน้ำชลประทานเพื่อการเกษตรอย่างมีนัยสำคัญที่ 0.01

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่สนับสนุนสถานที่และเวลารวมถึงผลักดันให้งานวิจัยชิ้นนี้สำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมชลประทาน. (2560). สถานการณ์น้ำ. สืบค้น พฤศจิกายน 14, 2560 จาก <https://www1.rid.go.th/index.php/th>
- [2] จักรพันธ์ ศรีสุวรรณ. (9 กันยายน 2560). ผู้ใหญ่บ้านหมู่ที่ 7. สัมภาษณ์.
- [3] สุวรรีย์ ศิริโกภาภิรมย์. (2546). การวิจัยทางการศึกษา. ลพบุรี: สถาบันราชภัฏเทพสตรี.
- [4] สำนักงานทะเบียนเกษตรกรกลาง. (2560). จำนวนประชาชนและเกษตรกรหมู่บ้าน 3-7. ลพบุรี: ที่ว่าการอำเภอเมือง. จังหวัดลพบุรี.
- [5] เรวัตร ยอดสุรางค์. (2556). การศึกษาปัจจัยในการมีส่วนร่วมของชุมชนต่อโครงการจัดการทรัพยากรประมง บริเวณอ่างเก็บน้ำทับทิมสยาม 01 จังหวัดตราด. สืบค้น เมษายน 20, 2565, จาก <https://www4.fisheries.go.th/doffile/fkey/ref67111>
- [6] วิษณุ หยกจินดา. (2557). การมีส่วนร่วมของประชาชนในการพัฒนาชุมชน หมู่บ้านทุ่งกว้าง ตำบลทับไทร อำเภอโป่งน้ำร้อน จังหวัดจันทบุรี. วิทยานิพนธ์ปริญญาโทมหาบัณฑิต. ภาควิชา การจัดการภาครัฐและเอกชน. บัณฑิตวิทยาลัย. วิทยาลัยการบริหารรัฐกิจ. มหาวิทยาลัยบูรพา.

- [7] ไกรสร เพ็ญสกุล. (2551). รายงานการวิจัยเรื่อง การมีส่วนร่วมของประชาชนในการบริหารจัดการทรัพยากรน้ำ: กรณีศึกษา กลุ่มน้ำสาขาคลองปะเหลียนจังหวัดตรัง. สงขลา: กรมทรัพยากรน้ำกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม.
- [8] ชลธิชา โพธิ์ทักษ์. (2559). รายงานวิจัย เรื่อง การมีส่วนร่วมในการจัดการทรัพยากรน้ำของประชาชนในเขื่อนป่าสักชลสิทธิ์ กรณีศึกษาตำบลคำพราน อำเภอม่วงสามสิบ จังหวัดสระบุรี. ลพบุรี: สาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี.
- [9] สุธรรมมา จันทรา. (2556). รายงานการวิจัย เรื่อง การมีส่วนร่วมของเกษตรกรในการจัดการทรัพยากรน้ำจากโครงการชลประทานแม่น้ำชี: กรณีศึกษาโครงการสถานีสูบน้ำด้วยไฟฟ้า บ้านกุดแซ่ จังหวัดร้อยเอ็ด. กรุงเทพฯ: สาขาสิ่งแวดล้อม. มหาวิทยาลัยมหิดล.
- [10] พัดสะหวัน ไชยะวง และปัญญา ขวัญยืน. (2556). รายงานการวิจัย เรื่อง การมีส่วนร่วมของกลุ่มผู้ใช้น้ำในการจัดการชลประทาน: กรณีศึกษาโครงการหนองแดง อำเภอเมืองจังหวัดสระบุรี สาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว. กรุงเทพฯ: วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

การคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าภายในตัวนำทรงกลมกลวงรัศมีภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนผิวตัวนำทรงกลมกลวง

Evaluation of the Electric Potential in Hollow Sphere of Conductor Radius Under Electric Potential on Surface Hollow Sphere of Conductor

อาทิตย์ หู้เต็ม*

ภาควิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ เพชรบูรณ์

Artit Hutem*

Department of Science Education, Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ต้องการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ และความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic1}(\theta)$ ในตัวนำทรงกลมกลวงมีรัศมี R ภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวงทั้ง 2 แบบ คือ ศักย์ไฟฟ้าแบบโคไซน์ และ ศักย์ไฟฟ้าแบบไซน์ ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้เทคนิคการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าตัวนำทรงกลมกลวงใช้สมการลาปลาซในระบบพิกัดทรงกลมและใช้เทคนิคการอินทิเกรตเพื่อคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวง ซึ่งในกรณีที่ 1 ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวง $V_{P1}(r, \theta)$ จะแปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α และแปรผันโดยตรงกับรัศมี R ในกรณีที่ 2 ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวง $V_{P2}(r, \theta)$ จะแปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α แต่แปรผกผันกับรัศมี R ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic1}(\theta)$ และ $\sigma_{ic2}(\theta)$ แปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α และมีการสลับแบบคงที่

คำสำคัญ : ตัวนำทรงกลมกลวง, ศักย์ไฟฟ้า, ความหนาแน่นประจุไฟฟ้า, สมการลาปลาซ

* Corresponding author : artithutem@pcru.ac.th

Abstract

This research shows the calculated electric potential $V_P(r, \theta)$ and inductive charge density $\sigma_{ic1}(\theta)$ inside the hollow spherical conductor the radius R under the electric potential, cosine and sine form, on the surfaces of hollow spherical conductor 2 types. In this research, a technique we calculated the electric potential of a hollow spherical conductor was the Laplace equation in spherical coordinate system. In case 1, the electric potential $V_{P1}(r, \theta)$ of a hollow spherical conductor is varies directly proportional to the constant coefficient parameter of α . In case 2, the electric potential $V_{P2}(r, \theta)$ of a hollow spherical conductor is directly proportional to the constant coefficient parameter of α but inversely proportional to the constant coefficient parameter of the radius R . The induced charge density $\sigma_{ic1}(\theta)$ and $\sigma_{ic2}(\theta)$ of a hollow spherical conductor is directly proportional to the constant coefficient parameter of α and vibrate.

Keywords : hollow sphere of conductor, electric potential, induced charge density, Laplace equation

ที่มาและความสำคัญ

ในรายวิชาฟิสิกส์ 2, รายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า มีหัวข้อที่ต้องดำเนินการสอนให้กับนักศึกษาชั้นปีที่ 1 และ ชั้นปีที่ 2 ตามลำดับ คือ หัวข้อเทคนิคการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าโดยใช้สมการลาปลาซ [1] ซึ่งในการคำนวณหาสนามไฟฟ้าของตัวนำ เราจะใช้กฎของคูลอมบ์ในรูปแบบการอินทิเกรต หรือรูปแบบอนุพันธ์ ในบางกรณีการคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าของตัวนำอาจมีความซับซ้อน เช่นในกรณีที่ตัวนำไม่มีความสมมาตร เราไม่สามารถใช้กฎของเกาส์ได้ในการคำนวณหาสนามไฟฟ้า แต่มีอีกวิธีหนึ่งคือ การคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของตัวนำก่อน แล้วนำค่าของศักย์ไฟฟ้านี้ไปคำนวณหาสนามไฟฟ้าของตัวนำต่อไป โดยใช้สมการ $E = -\nabla V$ ส่วนการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของตัวนำนั้นสามารถใช้วิธีการอินทิเกรตตามเส้น, อินทิเกรตบนพื้นผิวของตัวนำ, อินทิเกรตเชิงปริมาตร เป็นต้น ในบางครั้งอาจมีการอินทิเกรตที่ซับซ้อนเช่นกันในกรณีที่เราไม่ทราบความหนาแน่นประจุ ρ ดังนั้นได้มีนักวิทยาศาสตร์คิดค้นวิธีการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าโดยใช้สมการลาปลาซ $\nabla^2 V = 0$ ซึ่งสมการลาปลาซมีทั้ง 1 มิติ, 2 มิติ, และ 3 มิติ [2] แต่ในงานวิจัยชิ้นนี้เราพิจารณาตัวนำทรงกลมกลวงรัศมี R โดยที่บนพื้นผิวของตัวนำทรงกลมกลวงมีศักย์ไฟฟ้า $V_{OP}(\theta)$ เป็นฟังก์ชันโคไซน์, และฟังก์ชันไซน์ ขึ้นอยู่กับมุม θ ในการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้า ซึ่งมีงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าโดยใช้กฎเกาส์ [4], [5], [6], [7] ซึ่งตัวนำทรงกลมนั้นต้องมีการคำนวณหาประจุไฟฟ้าจากความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรมีลักษณะเป็นฟังก์ชันไซน์ที่ขึ้นอยู่กัรัศมีของตัวนำ โดยการกำหนดความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรมีลักษณะเป็นฟังก์ชันไซน์ 4 แบบแล้วก็คำนวณหาประจุไฟฟ้า, สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า แต่ในงานวิจัยนี้เราสามารถคำนวณหาความหนาแน่นประจุไฟฟ้าในตัวนำทรงกลมกลวงนี้เราใช้พิกัดทรงกลม ดังนั้นสมการลาปลาซจึงเป็นพิกัดทรงกลมซึ่งแสดงวิธีการคำนวณในหัวข้อวิธีการดำเนินการวิจัย

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยชิ้นนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวงอันนี้ซึ่งมีรัศมี R โดยเรากำหนดศักย์ไฟฟ้าบนผิวของตัวนำทรงกลมกลวงเป็น $V_{OP}(\theta)$ พิจารณาสมการลาปลาซในพิกัดทรงกลม

$$\nabla^2 V = 0$$

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V_P}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin(\theta)} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin(\theta) \frac{\partial V_P}{\partial \theta} \right) + \frac{1}{r^2 \sin^2(\theta)} \frac{\partial^2 V_P}{\partial \varphi^2} = 0 \quad (1)$$

ในที่นี้เราพิจารณาเฉพาะกรณีที่ V_P ไม่ขึ้นกับมุม φ ศักย์ไฟฟ้าบนผิวทรงกลมกลวงตรงบริเวณส่วนโค้งผิวทรงกลมมีค่าเท่ากัน ถ้าเรากำหนดให้ r, θ ทุกบริเวณมีขนาดเท่ากันจะส่งผลให้ V_P จะเท่ากันทุกพื้นผิวทรงกลมกลวงจะเรียกกรณีนี้ว่า ความสมมาตรมุมอาซิมุทา (azimuthal symmetry)

$$\frac{1}{r^2} \frac{\partial}{\partial r} \left(r^2 \frac{\partial V_P}{\partial r} \right) + \frac{1}{r^2 \sin(\theta)} \frac{\partial}{\partial \theta} \left(\sin(\theta) \frac{\partial V_P}{\partial \theta} \right) = 0 \quad (2)$$

เราจะเทคนิคการแยกตัวแปรในการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ย่อย เรากำหนดให้ $V_P(r, \theta) = f(r)g(\theta)$ [3] แทนลงในสมการที่ (2) จะได้

$$\frac{1}{f(r)} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{df(r)}{dr} \right) + \frac{1}{g(\theta) \sin(\theta)} \frac{d}{d\theta} \left(\sin(\theta) \frac{dg(\theta)}{d\theta} \right) = 0 \quad (3)$$

สมการที่ (3) จะเป็นจริงได้ก็ต่อเมื่อแต่ละพจน์เท่ากับค่าคงที่ ดังนี้

$$\frac{1}{f(r)} \frac{d}{dr} \left(r^2 \frac{df(r)}{dr} \right) = \ell(\ell + 1) \quad (4)$$

$$\frac{1}{g(\theta) \sin(\theta)} \frac{d}{d\theta} \left(\sin(\theta) \frac{dg(\theta)}{d\theta} \right) = -\ell(\ell + 1) \quad (5)$$

จากทางขวามือของสมการที่ (4) และ (5) เรากำหนดให้เป็นค่าคงที่ของ $\ell(\ell + 1)$ และ $-\ell(\ell + 1)$ ตามลำดับ เพื่อความสะดวกของลำดับดีกรีของพหุนามเลอจองดร์ และภาวะเชิงตั้งฉากของพหุนามเลอจองดร์ด้วย จากสมการที่ (4) เรียกว่า สมการรัศมี (Radial equation) เราใช้เทคนิคการแก้สมการเชิงอนุพันธ์ด้วยอนุกรมกำลังเรากำหนดผลเฉลยเป็นอนุกรมกำลังดังนี้

$$f(r) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n r^{n+s}, f'(r) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (n+s) r^{n+s-1}, f''(r) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n (n+s)(n+s-1) r^{n+s-2} \quad (6)$$

นำสมการที่ (6) แทนลงในสมการที่ (4) จะได้

$$\sum_{n=0}^{\infty} ((n+s)(n+s-1)a_n + 2(n+s)a_n - \ell(\ell+1)a_n)r^{n+s} = 0$$

ดังนั้น $s_1 = \ell$ และ $s_n = -(\ell+1)$ เรานำสมการนี้ไปแทนลงใน $f(r) = \sum_{n=0}^{\infty} a_n r^{n+s}$ จะได้ผลเฉลยเป็นดังนี้

$$f(r) = a_\ell r^\ell + \frac{b_\ell}{r^{\ell+1}} \quad (7)$$

ต่อมาเราจะเรียกสมการที่ (5) ว่าสมการเชิงมุม (Angular equation) เราทำการจัดรูปสมการจะได้ดังนี้

$$\begin{aligned} \sin(\theta) \frac{d^2 g(\theta)}{d\theta^2} + \cos(\theta) \frac{dg(\theta)}{d\theta} + \ell(\ell+1)g(\theta) \sin(\theta) &= 0 \\ \frac{d^2 g(\theta)}{d\theta^2} + \frac{\cos(\theta)}{\sin(\theta)} \frac{dg(\theta)}{d\theta} + \ell(\ell+1)g(\theta) &= 0 \end{aligned} \quad (8)$$

เรากำหนด $y = \cos(\theta)$ จะได้ $\frac{dg(\theta)}{d\theta} = \frac{dg(\theta)}{dy} \frac{dy}{d\theta} = -\sin(\theta) \frac{dg(\theta)}{dy}$ แทนลงในสมการที่ (8) จะได้

$$(1-y^2) \frac{d^2 g(\theta)}{dy^2} - 2y \frac{dg(\theta)}{dy} + \ell(\ell+1)g(\theta) = 0 \quad (9)$$

จากสมการที่ (9) เราจะเรียกว่าสมการเลอจองด์ร์ (Legendre equation) จะได้ผลเฉลยดังนี้

$$g(\theta) = P_\ell(\cos(\theta)) \quad (10)$$

ดังนั้นศักย์ไฟฟ้ามีค่าเท่ากับ

$$V_P(r, \theta) = \sum_{\ell=0}^{\infty} \left(a_\ell r^\ell + \frac{b_\ell}{r^{\ell+1}} \right) P_\ell(\cos(\theta)) \quad (11)$$

สมการที่ (11) เป็นศักย์ไฟฟ้าในกรณี r มีค่ามากแต่ในทรงกลมกลวง $r \rightarrow 0$ จะทำให้ $(b_\ell)/r^{\ell+1} \rightarrow \infty$ ซึ่งจะทำให้แทนในระบบจริงไม่ได้ ดังนั้นเราจึงเลือก $b_\ell = 0$ สำหรับค่า ℓ ทั้งหมด ดังนั้นศักย์ไฟฟ้าของสมการที่ (11) ไม่ขึ้นอยู่ด้วย j (ความหนาแน่นของกระแส) ไม่เช่นนั้นแล้วศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวงจะมีค่าสูงขึ้นมา ณ จุดกำเนิด

$$V_P(r, \theta) = \sum_{\ell=0}^{\infty} (a_\ell r^\ell) P_\ell(\cos(\theta)) \quad (12)$$

ณ บริเวณผิวทรงกลมกลวง $r = R$ จะได้ศักย์ไฟฟ้าที่พื้นผิวทรงกลม

$$V_P(R, \theta) = \sum_{\ell=0}^{\infty} (a_{\ell} R^{\ell}) P_{\ell}(\cos(\theta)) = V_{0P}(\theta) \quad (13)$$

ต่อไปคำนวณหาค่า a_{ℓ} จากฟูรีเยร์โดยการคูณ $P_{\ell}(\cos(\theta)) \sin(\theta)$ เพราะพหุนามเลอจองด์ก็เป็นฟังก์ชันเชิงตั้งฉากทั้งสองข้างพร้อมทำการอินทิเกรตสมการที่ (13) จะได้

$$\sum_{\ell=0}^{\infty} (a_{\ell} R^{\ell}) \int_0^{\pi} P_{\ell}(\cos(\theta)) P_{\ell'}(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta = \int_0^{\pi} V_{0P}(\theta) P_{\ell}(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta$$

เราใช้คุณสมบัติของพหุนามเลอจองด์การตั้งฉาก

$$\int_{-1}^1 P_{\ell}(y) P_m(y) dy = \int_0^{\pi} P_{\ell}(\cos(\theta)) P_{\ell'}(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta = \begin{cases} 0 & ; \ell \neq \ell' \\ \frac{2}{2\ell+1} & ; \ell = \ell' \end{cases} \quad (13A)$$

$$\sum_{\ell=0}^{\infty} a_{\ell} R^{\ell} \frac{2}{2\ell+1} \delta_{\ell, \ell'} = \int_0^{\pi} V_{0P}(\theta) P_{\ell'}(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta \quad \text{ถ้า } \ell = \ell'$$

$$a_{\ell} = \left(\frac{2\ell+1}{2R^{\ell}} \right) \int_0^{\pi} V_{0P}(\theta) P_{\ell}(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta \quad (14)$$

การอินทิเกรตของสมการที่ (14) ค่อนข้างยุ่งยาก แต่เราสมมติศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวทรงกลมกลวงนี้ คือ

$$V_{0P1}(\theta) = \frac{\alpha}{2} \cos^2 \left(\frac{\theta}{2} \right), V_{0P2}(\theta) = \frac{\alpha}{2} \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) \quad (15)$$

เหตุผลที่งานวิจัยชิ้นนี้กำหนดศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวทรงกลมกลวง $V_{0P1}(\theta)$ และ $V_{0P2}(\theta)$ ตามสมการที่ (15) เพราะศักย์ไฟฟ้าดังกล่าวมีลักษณะความสมมาตรของมุม และอนุภาคที่เคลื่อนที่บนผิวดำนำมีการสั่นแบบสมมาตรตลอดแนวของรัศมีมีการสั่นแบบฝั่งที่มีขนาดเป็นบวกเท่านั้น แต่ศักย์ไฟฟ้าของ $V_{0P1}(\theta)$ จะทำให้อนุภาคมีการสั่นที่เพิ่มขึ้นเล็กน้อยเพราะมีลักษณะผลบวก แต่สำหรับศักย์ไฟฟ้าของ $V_{0P2}(\theta)$ จะทำให้อนุภาคมีการสั่นที่ลดลงเล็กน้อยเพราะมีลักษณะผลต่างจากเอกลักษณ์ตรีโกณมิติ

$$\cos^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{1 + \cos(\theta)}{2} \quad \text{และ} \quad \sin^2 \left(\frac{\theta}{2} \right) = \frac{1 - \cos(\theta)}{2}$$

$$V_{0P1}(\theta) = \frac{\alpha}{2} \cos^2\left(\frac{\theta}{2}\right) + \frac{\alpha}{4}(1 + \cos(\theta)) \quad (16)$$

$$V_{0P2}(\theta) = \frac{\alpha}{2} \sin^2\left(\frac{\theta}{2}\right) + \frac{\alpha}{4}(1 - \cos(\theta)) \quad (17)$$

แทนสมการที่ (16) ลงในสมการที่ (14) จะได้

$$a_\ell = \left(\frac{2\ell + 1}{2R^\ell}\right) \int_0^\pi \frac{\alpha}{4}(1 + \cos(\theta)) P_\ell(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta$$

$$a_\ell = \left(\frac{a(2\ell + 1)}{8R^\ell}\right) \left[\int_0^\pi P_0(\cos(\theta)) P_\ell(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta + \int_0^\pi P_1(\cos(\theta)) P_\ell(\cos(\theta)) \sin(\theta) d\theta \right] \quad (18)$$

จากสมการที่ (18) เรากำหนด $\ell = 0, \ell = 1$ แทนลงในสมการที่ (18) แล้วใช้คุณสมบัติของพหุนามเลอจองด์ การตั้งฉาก จะได้ a_ℓ ตามลำดับ ดังนี้

$$a_0 = \frac{\alpha}{4} \text{ และ } a_1 = \frac{\alpha}{4R} \quad (19)$$

จากสมการที่ (12) เรากระจาย $\ell = 0, \ell = 1$ ดังนี้

$$V_P(r, \theta) = a_0 r^0 P_0(\cos(\theta)) + a_1 r P_1(\cos(\theta)) = a_0 + a_1 r \cos(\theta) \quad (20)$$

นำสมการที่ (19) แทนลงในสมการที่ (20) จะได้

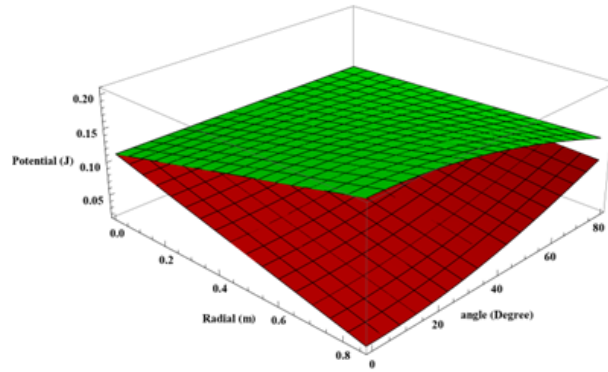
$$V_{P1}(r, \theta) = \frac{\alpha}{4} + \frac{\alpha}{4R} r \cos(\theta) \quad (21)$$

ทำนองเดียวกันเราจะได้ $V_{P2}(\theta)$ คือ

$$V_{P2}(r, \theta) = \frac{\alpha}{4} - \frac{\alpha}{4R} r \cos(\theta) \quad (22)$$

ต่อมาเราคำนวณหาความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำตามนิยาม

$$\sigma_{ic1}(\theta) = -\epsilon_0 \left. \frac{\partial V_{P1}}{\partial r} \right|_{r=R} = -\epsilon_0 \frac{\alpha}{4R} \cos(\theta) \quad (23)$$



ภาพที่ 1: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ กับรัศมี R และมุม θ แบบสามมิติ และเส้นกราฟสี่เหลี่ยม แสดง ศักย์ไฟฟ้าจากฟังก์ชันโคไซน์ เส้นกราฟสีแดงศักย์ไฟฟ้าจากฟังก์ชันไซน์

$$\sigma_{ic2}(\theta) = -\epsilon_0 \left. \frac{\partial V_{P2}}{\partial r} \right|_{r=R} = \epsilon_0 \frac{\alpha}{4R} \cos(\theta) \quad (24)$$

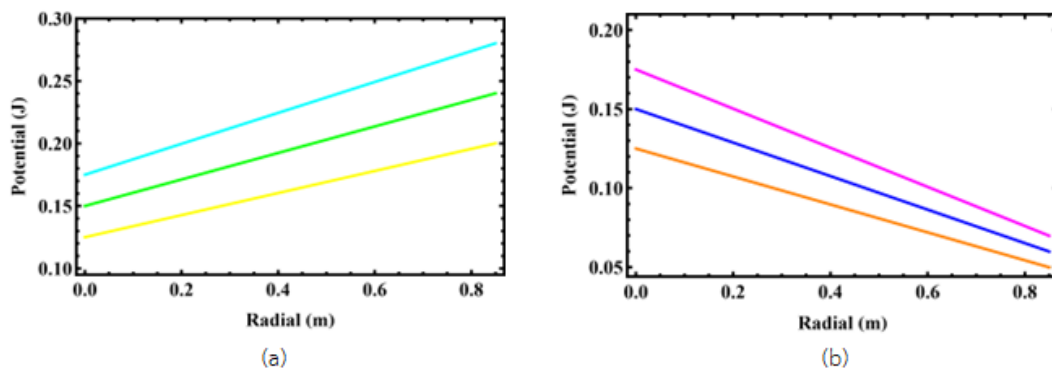
จากสมการที่ (21) และ (22) เป็นศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวงสามารถแสดงลักษณะของศักย์ไฟฟ้าได้ในหัวข้อผลการวิจัย ส่วนความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำในสมการที่ (23) และสมการที่ (24) จะมีลักษณะการสั่นจะแสดงให้เห็นในหัวข้อผลการวิจัย ต่อไป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

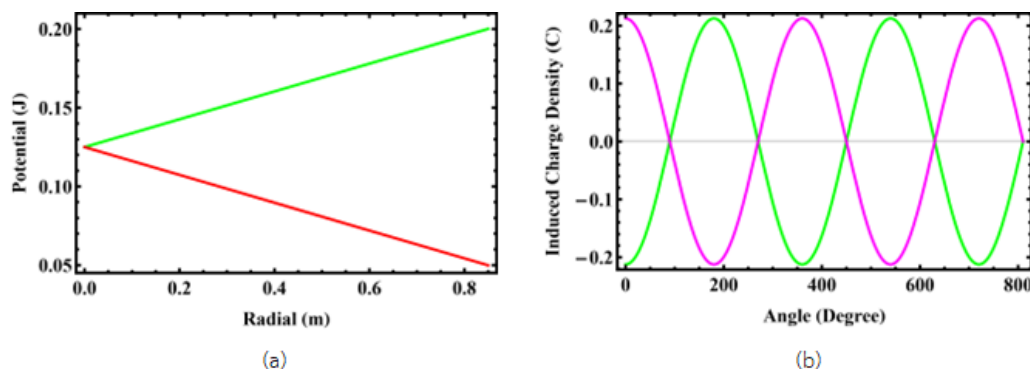
ผลการวิจัยและอภิปรายการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวงที่มีรัศมี R ทั้งสองแบบสามารถแสดงกราฟได้เป็นแบบสามมิติ ดังภาพที่ 1 ซึ่งเป็นการเปรียบเทียบศักย์ไฟฟ้าภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวของตัวนำทรงกลมกลวงแบบที่ 1 $V_{P1}(r, \theta)$ คือแบบโคไซน์และแบบที่ 2 $V_{P2}(r, \theta)$ คือแบบไซน์ ตามสมการที่ (21) และสมการที่ (22)

จากภาพที่ 1 ถ้ารัศมี R ค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นด้วยสำหรับแบบโคไซน์ ส่วนแบบไซน์ มีค่าลดลงแสดงว่าศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวงถ้าเรากำหนดศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวทรงกลมกลวงเป็นแบบโคไซน์ยกกำลังสองจะทำให้ศักย์ไฟฟ้ามีค่าเพิ่มขึ้นต่อมาถ้าค่าของมุม θ เพิ่มขึ้นจะทำให้ศักย์ไฟฟ้าในตัวนำทรงกลมกลวงมีค่าลดลงในกรณีแบบโคไซน์ แต่ในกรณีแบบไซน์ มีค่าศักย์ไฟฟ้าเพิ่มขึ้น

จากภาพที่ 2 (a) เส้นกราฟศักย์ไฟฟ้าสี่เหลี่ยมเป็นค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.5$ ต่อมาเส้นกราฟศักย์ไฟฟ้าสี่เหลี่ยมเป็นค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.6$ และเส้นกราฟศักย์ไฟฟ้าสี่เหลี่ยมเป็นค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.7$ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ มีค่าเพิ่มขึ้น ดังนั้นสรุปได้ว่าค่าสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α แปรผันโดยตรงกับค่าศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ จากภาพที่ 2 (b) เส้นกราฟศักย์ไฟฟ้าสี่เหลี่ยมเป็นค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.5$ ต่อมาเส้นกราฟศักย์ไฟฟ้าสี่เหลี่ยมเป็นค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.6$ และเส้นกราฟศักย์ไฟฟ้าสี่เหลี่ยมเป็นค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.7$ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ มีค่าเพิ่มขึ้นเช่นกัน แต่ถ้ารัศมี



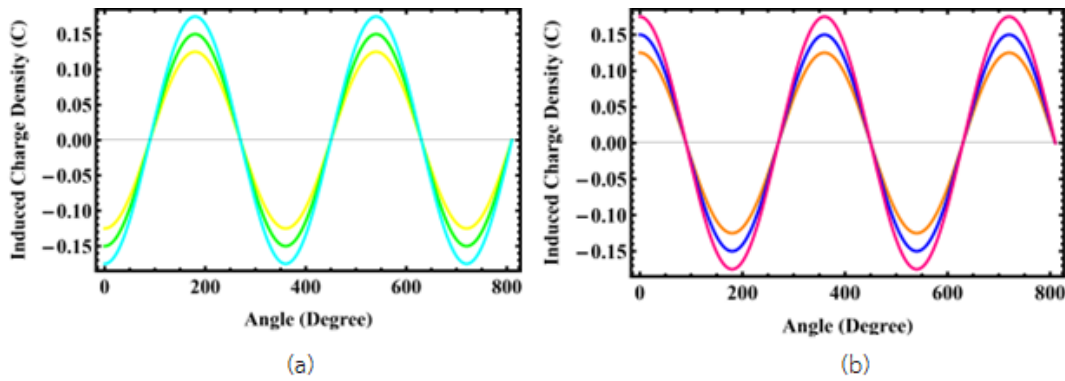
ภาพที่ 2: (a) กราฟแสดงศักย์ไฟฟ้า และรัศมีภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบโคไซน์ $V_{P1}(r, \theta)$ และ (b) กราฟแสดงศักย์ไฟฟ้า และรัศมีภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบไซน์ $V_{P2}(r, \theta)$



ภาพที่ 3: (a) กราฟแสดงศักย์ไฟฟ้า และรัศมีภายใต้เส้นกราฟสีเขียวเป็นศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบโคไซน์ $V_{0P1}(\theta)$ เปรียบเทียบกับเส้นกราฟสีแดงเป็นศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบไซน์ $V_{0P2}(\theta)$ และ (b) กราฟแสดงความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำกับมุม ภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบโคไซน์ $V_{0P1}(\theta)$ เปรียบเทียบกับแบบไซน์ $V_{0P1}(\theta)$

ค่าเพิ่มขึ้นค่าของศักย์ไฟฟ้ามีค่าลดลง ดังนั้นค่าศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ แปรผกผันกับค่ารัศมี R ต่อเป็นการเปรียบเทียบ ศักย์ไฟฟ้าที่ภายใต้ตัวนำทรงกลมกลวงที่ขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวของตัวนำทั้งสองแบบคือ แบบโคไซน์ $V_{0P1}(\theta)$ และแบบไซน์ $V_{0P2}(\theta)$ ดังภาพที่ 3 (a) และการเปรียบเทียบความหนาแน่นประจุไฟฟ้าทั้งสองแบบดังภาพที่ 3 (b)

จากภาพที่ 3 (a) เป็นการเปรียบเทียบค่าของศักย์ไฟฟ้า $V_P(r, \theta)$ ทั้งสองแบบโดยกราฟเส้นสีเขียวเป็นกราฟ ศักย์ไฟฟ้าแบบโคไซน์ $V_{0P1}(\theta)$ โดยงานวิจัยนี้ได้กำหนดค่าของมุม θ เป็นค่าคงที่เท่ากับ 45 องศาโดยกราฟนี้แสดง ความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับ รัศมี R ถ้ารัศมีเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้า $V_{P1}(r, \theta)$ มีค่าเพิ่มขึ้นเป็นการ แปรผันโดยตรงซึ่งจะตรงกันข้ามกับกราฟเส้นสีแดงเป็นกราฟศักย์ไฟฟ้าแบบไซน์ $V_{0P2}(\theta)$ กราฟนี้แสดงความสัมพันธ์ ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับ รัศมี R ถ้ารัศมีเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ศักย์ไฟฟ้า $V_{P1}(r, \theta)$ มีค่าลดลงเป็นการแปรผกผันซึ่งกัน และกัน ต่อมาจากภาพที่ 3 (b) เป็นการเปรียบเทียบของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำทั้งสองแบบ โดยที่เส้น กราฟสีเขียวคือความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบโคไซน์ ภายใต้ศักย์ไฟฟ้า $V_{P1}(r, \theta)$ มีลักษณะเป็นการสั่นของ ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ถ้าค่าของมุม θ เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้ามีการสั่นแบบแอมพลี



ภาพที่ 4: (a) กราฟแสดงความหนาแน่นประจุไฟฟ้ากับมุม ภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบโคไซน์ $V_{0P1}(r, \theta)$ และ (b) กราฟแสดงความหนาแน่นประจุไฟฟ้ากับมุม ภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวตัวนำทรงกลมกลวง แบบไซน์ $V_{0P2}(\theta)$

จุดมีค่าคงที่ตลอดช่วงของมุมตั้งแต่ 0 องศา ถึง 800 องศาซึ่งเฟสเริ่มต้นอยู่ ณ มีค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำเท่ากับ -0.2 คูลอมบ์ แต่เส้นกราฟสีชมพูเป็นกราฟแสดงความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำแบบไซน์ ภายใต้ศักย์ไฟฟ้า $V_{P2}(r, \theta)$ มีลักษณะเป็นการสั่นของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ ถ้าค่าของมุม θ เพิ่มขึ้นจะทำให้ค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้ามีการสั่นแบบแอมพลิจูดมีค่าคงที่ตลอดช่วงของมุมตั้งแต่ 0 องศา ถึง 800 องศาซึ่งเฟสเริ่มต้นอยู่ ณ มีค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำเท่ากับ 0.2 คูลอมบ์

จากภาพที่ 4 (a) เส้นกราฟสีเหลืองคือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic1}(\theta)$ กับมุม θ เมื่อค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.5$ ต่อมาเส้นกราฟสีเขียวคือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic1}(\theta)$ กับมุม θ เมื่อค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.6$ ต่อมาเส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลคือกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic1}(\theta)$ กับมุม θ เมื่อค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ $\alpha = 0.7$ ถ้าค่าของพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α มีค่าเพิ่มขึ้นจะส่งผลให้ค่าของแอมพลิจูดของค่าความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำมีค่าเพิ่มขึ้นด้วย จากภาพที่ 4 (b) มีลักษณะของกราฟคล้ายกัน แสดงว่าค่าคงที่ α แปรผันโดยตรงกับค่าของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic2}(\theta)$

สรุปผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัยของการคำนวณหาศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวงภายใต้ศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวทรงกลมทั้งสองแบบ $V_{0P1}(\theta)$ และ $V_{0P2}(\theta)$ ในกรณีที่ 1 ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวง $V_{P1}(r, \theta)$ จะแปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α และแปรผันโดยตรงกับรัศมี R ต่อมาในกรณีที่ 2 ศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมกลวง $V_{P2}(r, \theta)$ จะแปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α แต่แปรผกผันกับรัศมี R ต่อมาการคำนวณหาค่าของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำในแบบโคไซน์ ขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวทรงกลม $V_{0P1}(\theta)$ ซึ่งค่าของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic1}(\theta)$ แปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α การคำนวณหาค่าของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำในแบบไซน์ ขึ้นอยู่กับศักย์ไฟฟ้าบนพื้นผิวทรงกลม $V_{0P2}(\theta)$ ซึ่งค่าของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเหนี่ยวนำ $\sigma_{ic2}(\theta)$ แปรผันโดยตรงกับค่าพารามิเตอร์สัมประสิทธิ์ค่าคงที่ α

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และเวลาในการทำงานวิจัย จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

- [1] Lorrain P. and Corson D.R., (1972), Electromagnetic fields and wave (2rd ed.), San Francisco, W.H. Freeman and company, pp. 40-61
- [2] David J. Griffiths,(1999), Introduction to electrodynamics, (3th ed.). New Jersey, Prentice-Hall International, Inc. pp. 58-70
- [3] Riley, K.F., and Hobson, M.P. (2006). Mathematical Methods for Physics and Engineering. (3th ed.). New York: Cambridge University Press.
- [4] Generazio E.R., (2017), Electric Potential and Electric Field Imaging, AIP Conference Proceeding 1806, 020025,
- [5] Nutnicha Masoongnoen, Piyaarat Moonsri, Treenuch Ellis, Sanit Suwanwong and Artit Hutem, (2021), Calculation of Electric Field from Continuous Charge Distribution on Linear Charge Density of Sine Function for Damped-Oscillatory Motion, Journal of Earth Science, Astronomy and Space Vol. 4 No. 1
- [6] Piyaarat Moonsri, Jetsadaporn Pakamwang, and Artit Hutem, (2022), CALCULATION OF ELECTRIC CHARGE, ELECTRIC FIELD, AND ELECTRIC POTENTIAL OF SPHERICAL CONDUCTORS CONTAINING VOLUME CHARGE DENSITY OF THE SINE FUNCTION, VRUResearch and Development Journal Science and Technology, Vol. 17. No. 3. pp. 61-74
- [7] Artit Hutem and Nutnicha Masoongnoen, (2022), The studying the behavior of the electric charge, electric field, and electric potential of the virtual-conductor under the volume charge density, Journal of Earth Science, Astronomy and Space, Vol. 5 No. 1. pp. 66-77

การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส)

โรงเรียนพินสหาราชพัฒนา

Assessment of GREEN AND CLEAN Activity Development Project (5 S) Pinsaharat Pattana School

วรวิทย์ สิทธิโสภณ*

โรงเรียนพินสหาราชพัฒนา

Worawit Sittisopol*

Pinsaharat Pattana School

บทคัดย่อ

การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนพินสหาราชพัฒนา ครั้งนี้ ผู้ประเมิน ได้ดำเนินการสรุปผลการประเมิน ดังนี้ วัตถุประสงค์ของการประเมิน 1. เพื่อประเมินบริบทของโครงการ เกี่ยวกับความต้องการจำเป็น ความสอดคล้อง และความเหมาะสม ของวัตถุประสงค์ของโครงการ 2. เพื่อประเมินปัจจัยนำเข้าของโครงการ เกี่ยวกับความพร้อมของผู้รับผิดชอบโครงการ ความพร้อมของอาคารสถานที่ ความเพียงพอของงบประมาณ และความเหมาะสมของปัจจัยที่ใช้ ในการดำเนินงาน 3. เพื่อประเมินกระบวนการของโครงการ เกี่ยวกับการมีส่วนร่วมในการวางแผน การมีส่วนร่วมในการพัฒนา การมีส่วนร่วมในการใช้กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ของนักเรียน ครู และการนิเทศ กำกับ ติดตามโครงการ 4. เพื่อประเมินผลผลิตของโครงการ และความพึงพอใจของผู้เกี่ยวข้องที่มีต่อโครงการ กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 278 คน ประกอบด้วย ครู จำนวน 22 คน นักเรียน จำนวน 128 คน และผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 128 คน สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าความสอดคล้องของเนื้อหา (IOC) การหาค่าความเชื่อมั่น (α) สถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การหาค่าร้อยละ (%) การหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$, μ) การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D., σ) และการวิเคราะห์เนื้อหา (Content Analysis)

* Corresponding author : puan.noi8@gmail.com

สรุปผลการประเมิน

1. ผลการประเมินบริบท โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับบริบทของโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผินสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก
2. ผลการประเมินปัจจัยนำเข้า โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับปัจจัยนำเข้าของโครงการพัฒนา กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผินสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก
3. ผลการประเมินกระบวนการ โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับกระบวนการของโครงการพัฒนา กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผินสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก
4. ผลการประเมินผลผลิต โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับผลผลิตของโครงการพัฒนา กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผินสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก

คำสำคัญ : ประเมินโครงการ, กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส)

Abstract

Assessment of GREEN AND CLEAN activity development project (5 S) at Pinsaharat Pattana School This time, the assessor has summarized the results of the assessment as follows: Objectives of the assessment 1. To assess the context of the project. about needs, requirements, conformance and suitability of the project objectives 2. To assess the inputs of the project about the availability of the person in charge of the project readiness of the building Budget adequacy and the appropriateness of the factors used 3. To assess the process of the project. about participation in planning participation in development Participation in the use of GREEN AND CLEAN (5 S) activities of students, teachers and supervision and monitoring of the project 4. To assess the project's productivity. and satisfaction of those involved in the project. 5. To find a way to develop the GREEN AND CLEAN activity project (5 S) at Pinsaharat School for continuous and sustainable development. sample group used in this assessment A total of 278 students consisted of 22 teachers, 128 students, and 128 parents and primary school committees. The statistics used to analyze the data were: content consistency (IOC), confidence (α), data analysis: percentage (%), mean($\bar{x}$, μ), Standard Deviation (S.D., σ) and Content Analysis

Assessment Summary

1. The results of the overall context assessment found that the opinion level about the context of the GREEN AND CLEAN activity development project (5 S) at Pinsaharat Pattana School as a whole was at a high level.
2. Overall assessment results of input factors found that the opinion level Regarding the inputs of the GREEN AND CLEAN activity development project (5 S) at Pinsaharat Pattana School

overall, it was at a high level. and every item passed the assessment criteria And when considering each item, it was found that the average was at a high level.

3. The overall process evaluation results found that the opinion level Regarding the process of the GREEN AND CLEAN activity development project (5 S) at Pinsaharat Pattana School overall, the overall picture was at a high level.

4. Overall production evaluation results found that the opinion level Regarding the output of the GREEN AND CLEAN activity development project (5 S) at Pinsaharat Pattana School, overall, it was at a high level.

Keywords : Project Assessment, GREEN AND CLEAN activity (5 S)

ที่มาและความสำคัญ

ปัจจุบันทั้งหน่วยงานภาครัฐและเอกชนต่างมุ่งพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานเพื่อเพิ่มผลผลิต และกิจกรรมหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับหน่วยงานคือกิจกรรม 5 ส ได้แก่ สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ และสร้างนิสัยซึ่ง 3 ส. แรกเป็นการพัฒนาสถานที่ส่วน 2 ส. หลังเป็นการพัฒนาคนซึ่ง 5 ส เป็นกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพประโยชน์ที่เห็นได้ชัดเจนของการดำเนินกิจกรรมได้แก่สถานที่ทำงานและสภาพแวดล้อมการทำงานสะอาดปราศจากสิ่งสกปรกบุคลากรมีสุขภาพกายและจิตที่ดีบุคลากรมีระเบียบวินัยมากขึ้น การขจัดความสิ้นเปลือง ของทรัพยากรคนวัสดุและงบประมาณและการลดการเก็บเอกสารที่ซ้ำซ้อนลงนอกจากนี้ 5 ส ยังช่วยลดต้นทุนของหน่วยงานลงอีกด้วย การดำเนินกิจกรรม 5 ส จึงก่อให้เกิดการทำงานที่มีคุณภาพประสิทธิภาพและความปลอดภัยตลอดจนสร้างทัศนคติที่ดีในการทำงานของบุคลากรสร้างความพึงพอใจและความมั่นใจให้กับผู้ใช้บริการ

สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากำแพงเพชร เขต 1 ได้ประกาศนโยบายให้สถานศึกษาในสังกัดได้ดำเนินการกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ทุกแห่ง ซึ่งทางโรงเรียนผืนทรายพัฒนารับมาเป็นหน่วยปฏิบัติ จึงได้กำหนดนโยบาย และจัดทำโครงการในการปรับปรุงการบริหารจัดการสถานศึกษาให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้นโดยนำกิจกรรม 5 ส มาเป็นก้าวแรกของการบริหารที่จะนำไปสู่การปรับปรุงการปฏิบัติงานและการเพิ่มประสิทธิภาพในงานรวมทั้งช่วย พัฒนาจิตสำนึกในมาตรฐานการเรียนการสอน การปฏิบัติงานซึ่งเป็นพื้นฐานการพัฒนาไปสู่ระบบบริหารงานคุณภาพตามมาตรฐานสากลต่อไป โรงเรียนได้ประกาศนโยบายจัดทำโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ก็เพื่อที่จะพัฒนาสถานศึกษาภายใต้บริบทการประกันคุณภาพภายในสถานศึกษา และเพื่อความเป็นระบบระเบียบ เกิด สภาพแวดล้อมที่ดีในการทำงาน โดยกำหนดให้มีการจัดกิจกรรม 5 ส เป็นกิจกรรมพื้นฐานของการปฏิบัติงานตามกระบวนการ PDCA กำหนดให้ทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้องเร่งรัดพัฒนาดำเนินการกิจกรรม 5 ส ในทุกๆ ด้าน และเพื่อให้การดำเนินงานกิจกรรม 5 ส เป็นไปด้วยความเรียบร้อย มีประสิทธิภาพ และบรรลุเป้าหมาย กิจกรรม 5 ส เป็นกิจกรรมปรับปรุงการทำงานของบุคลากรด้วยตนเองอย่างหนึ่งได้แก่การดำเนินการ ตามหลักการ “สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ และสร้างนิสัย” ในสถานที่ทำงานของตนเองทำให้ องค์กรมีบุคลากรที่มีระเบียบวินัยจากจิตสำนึกของเขา

เอง ทำให้สถานที่ทำงานสะอาด เป็นระเบียบ เรียบร้อย มีความสวยงาม มีความปลอดภัย ลดความสูญเปล่าในการทำงาน คุณภาพของงานดีขึ้น 5 ส เป็น ปัจจัยพื้นฐานในการบริหารงานอย่างมีประสิทธิภาพ นับเป็นเครื่องมือตัวแรกที่ถูกนำมาใช้ก่อนที่จะใช้เครื่องมือระดับสูงขึ้นไป

โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ร่วมมือกับ คณะครูและบุคลากรของโรงเรียน ได้จัดทำโครงการประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการบริหารจัดการและให้สถานศึกษามีระบบบริหารและการจัดการที่ดี สามารถพัฒนาประสิทธิภาพการทำงานเพิ่มผลผลิตและ กิจกรรมหนึ่งที่ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลายในการเพิ่มประสิทธิภาพให้กับสถานศึกษา คือ กิจกรรม 5 ส ได้แก่ สะสาง สะดวก สะอาด สุขลักษณะ และสร้างนิสัย ซึ่งกิจกรรม 5 ส เป็นกิจกรรมที่ช่วยพัฒนาบุคลากรให้มีคุณภาพ เป็นการจัดระเบียบและสภาพแวดล้อมที่ดีให้กับองค์กร มีการปรับปรุงสภาพแวดล้อมในการทำงานเพื่อให้เกิดสภาพการทำงานที่ดี มีความเป็นระเบียบ มีความสะอาดควบคู่กันไปกับการเพิ่มประสิทธิภาพและความปลอดภัยในการปฏิบัติงาน ประโยชน์ที่เห็นชัดเจนของการดำเนินกิจกรรม 5 ส ได้แก่ สถานที่ทำงานและสภาพแวดล้อมการทำงาน สะอาด ปราศจากสิ่งสกปรก บุคลากรที่สุขภาพกายและจิตดี มีระเบียบวินัยในการทำงานมากขึ้นลดการเก็บเอกสารที่ซ้ำซ้อนลง เป็นการขจัดความเสี่ยงของทรัพยากร วัสดุ และงบประมาณของหน่วยงาน

จากที่กล่าวมาแสดงให้เห็นว่าการประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา เป็นโครงการที่มีความสำคัญ เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาการสอนของครูและพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนเป็นอย่างยิ่ง และเป็นโครงการที่จัดกิจกรรมอย่างหลากหลาย ผู้ประเมินจึงเห็นควรให้มีการประเมินโครงการนี้ขึ้น โดยการนำรูปแบบการประเมินแบบซิปป์ (CIPP Model) มาในการประเมินโครงการ และเพิ่มเติมข้อเสนอแนะในแนวทางการพัฒนาเพื่อความต่อเนื่องและยั่งยืน ในรูปแบบ CIPP and D (Context , Input , Process , Product , and Development approach) ดำเนินการประเมินในด้านบริบท ด้านปัจจัยนำเข้า ด้านกระบวนการ ด้านผลผลิต และรวมทั้งนำผลการประเมินมาหาข้อเสนอแนะแนวทางพัฒนาร่วมกันในการพัฒนากิจกรรมดังกล่าวนี้ให้ต่อเนื่องและยั่งยืน ซึ่งผู้ประเมินมีความมุ่งหวังว่า ผลที่ได้รับจากการประเมินครั้งนี้ จะเป็นสารสนเทศที่เป็นประโยชน์ ต่อการปรับปรุงพัฒนาแนวทางในการกำหนดกิจกรรมและรูปแบบของการดำเนินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) การพัฒนาไปสู่การบริหารงานประกันคุณภาพภายในโรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนาให้มีประสิทธิภาพที่ต่อเนื่องและยั่งยืนต่อไป

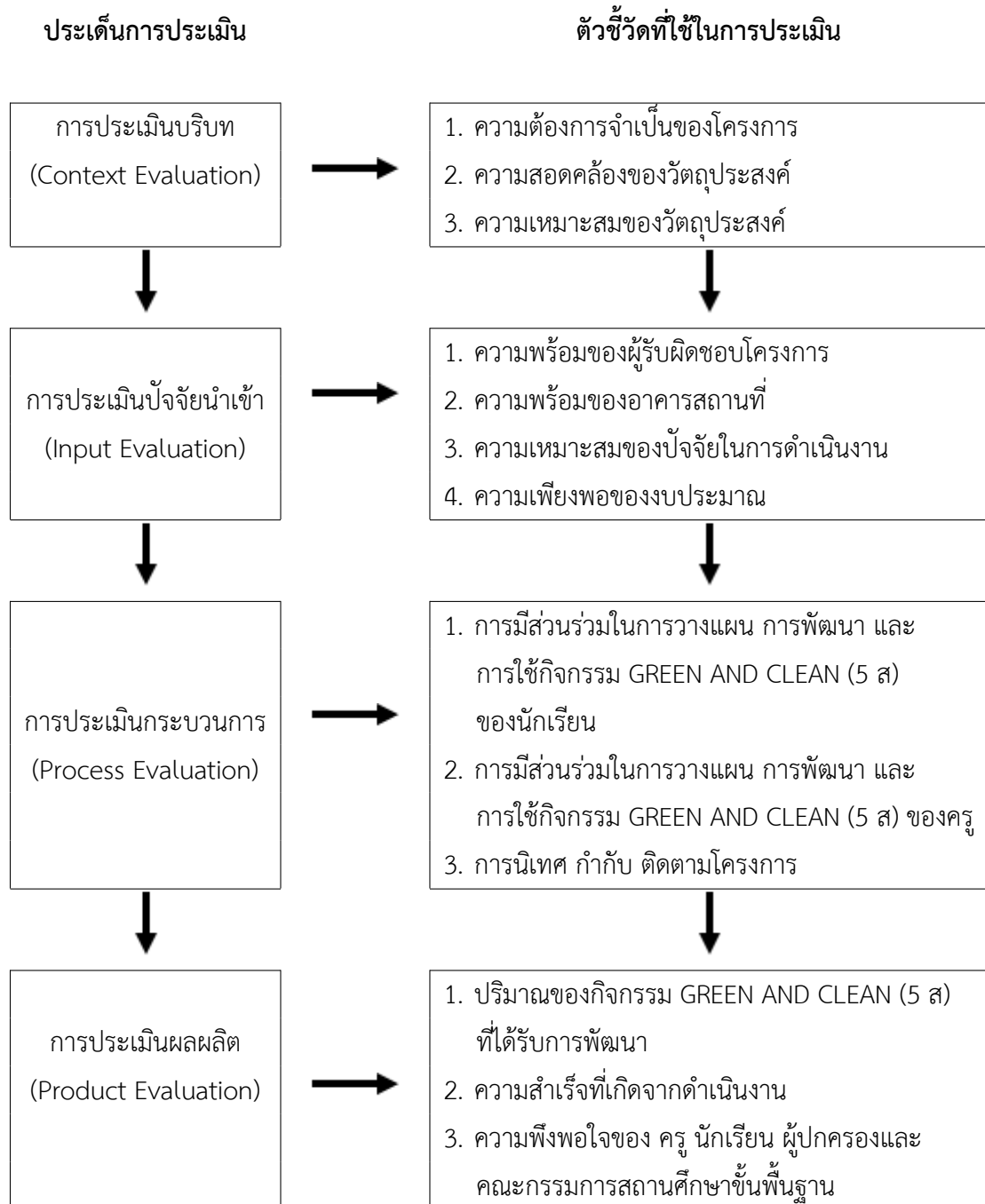
วิธีการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร ที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้ ประกอบด้วย ประชากร ที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 996 คน ประกอบด้วย ครู จำนวน 22 คน นักเรียน จำนวน 487 คน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 487 คน (ข้อมูล 10 กรกฎาคม ปีการศึกษา 2563)

ภาพที่ 1: กรอบแนวคิดในการประเมินโครงการ ตามประเด็นการประเมินและตัวชี้วัด



ตารางที่ 1: กรอบแนวคิดในการประเมินโครงการ ตามประเด็นการประเมินและตัวชี้วัด

ประเด็นการประเมิน	แหล่งข้อมูล	เครื่องมือ	ตัวแปร การประเมิน	การวิเคราะห์
บริบท				
1. ความต้องการจำเป็นของโครงการ	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
2. ความสอดคล้องของวัตถุประสงค์	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
3. ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
ปัจจัยนำเข้า				
4. ความพร้อมของผู้รับผิดชอบโครงการ	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
5. ความพร้อมของอาคารสถานที่จัดกิจกรรม	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
6. ความเพียงพอของงบประมาณ	งานบริหาร งบประมาณ	แบบบันทึก การจ่ายเงิน	$\geq 90\%$ ตามแผน	ร้อยละ
7. ความเหมาะสมของปัจจัยในการดำเนินงาน	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
กระบวนการ				
8. การมีส่วนร่วมของนักเรียนเกี่ยวกับการวางแผน การพัฒนา	นักเรียน	แบบสอบถาม	≥ 3.50	S.D.
9. การมีส่วนร่วมของครู เกี่ยวกับการวางแผน การพัฒนา	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
10. การนิเทศ กำกับ ติดตามโครงการ	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ
ผลผลิต				
11. ปริมาณของกิจกรรม GREEN AND CLEAN(5ส) ที่ได้รับพัฒนา	นักเรียน,ครู	แบบสำรวจ	$\geq 80\%$ ตามแผน ดีเด่น=ร้อยละ	ร้อยละ ร้อยละ80
12. ผลความสำเร็จที่เกิดจากการดำเนินงาน	สพป.กพ. 1	แบบประกาศ ผลรางวัล	90– 100 ดีมาก=ร้อยละ 80–89	(เกณฑ์การ ประกวดของ สพป.กพ.1)

ตารางที่ 2: กรอบแนวคิดในการประเมินโครงการ ตามประเด็นการประเมินและตัวชี้วัด

ประเด็นการประเมิน	แหล่งข้อมูล	เครื่องมือ	ตัวแปร การประเมิน	การวิเคราะห์
13. ความพึงพอใจของ				
13.1 นักเรียน	นักเรียน	แบบสอบถาม	≥ 3.50	S.D.
13.2 ครู	ครู	แบบสอบถาม	$\mu \geq 3.50$	μ, σ .
13.3 ผู้ปกครองและ คณะกรรมการสถานศึกษาขั้น พื้นฐาน	ผู้ปกครองและ คณะกรรมการ การศึกษา ขั้นพื้นฐาน	แบบสอบถาม	≥ 3.50	S.D.

1.2 กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้ ประกอบด้วย

กลุ่มตัวอย่าง ที่ใช้ในการประเมินครั้งนี้ จำนวนทั้งสิ้น 278 คน ประกอบด้วย ครู จำนวน 22 คน นักเรียน จำนวน 128 คน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 128 คน กำหนดขนาดของกลุ่มตัวอย่าง โดยใช้ตารางของเครจซี และมอร์แกน (& Morgan, 1970: 608) ซึ่งได้มาโดยการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Select) โดยมีรายละเอียด ดังนี้ ครูศึกษาจากประชากร นักเรียนศึกษาจากชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 – ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 และสำหรับผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ได้มาโดยใช้วิธีการเช่นเดียวกับนักเรียน

รูปแบบการประเมินโครงการ

การประเมินโครงการกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ในขั้นตอนที่ 1 ครั้งนี้ โดยประยุกต์ใช้รูปแบบการประเมินชิปป (CIPP) เนื่องจากต้องการให้การประเมินครอบคลุมการดำเนินงาน ของโครงการทุกระยะ ดังภาพที่ 1

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

การสร้างเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้ประเมินได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการประเมินโครงการ กำหนดกรอบแนวคิด และเกณฑ์การประเมิน แล้วดำเนินการสร้างเครื่องมือตามกรอบแนวคิดของการประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ตามขั้นตอน ดังนี้

1. การกำหนดประเด็นการประเมิน ผู้ประเมินได้ศึกษาเอกสาร แนวคิดในการประเมิน และศึกษาจากผู้เกี่ยวข้องด้านบริบท ด้านปัจจัย ด้านกระบวนการ และด้านผลผลิต โดยให้ผู้เกี่ยวข้องเป็นผู้ให้ข้อมูล
2. การกำหนดตัวชี้วัดตามประเด็นการประเมิน ผู้ประเมินได้กำหนดตัวชี้วัดตามประเด็นการประเมินในแต่ละประเด็น ในการเก็บข้อมูลของตัวชี้วัดแต่ละตัว
3. ผู้ประเมินสร้างเครื่องมือตามกรอบแนวคิดการประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN

(5 ส) เครื่องมือเป็นแบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า 5 ระดับนำแบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่าที่สร้างขึ้นแล้ว นำไปตรวจสอบความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (Content Validity) ของเครื่องมือโดยนำแบบประเมินฉบับร่างเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 คน พิจารณาตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะ

ปรับปรุงเครื่องมือตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำเครื่องมือ (เฉพาะฉบับที่ 1-6) ไปทดลองใช้กับกลุ่มอื่นที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง รวม 30 คน ซึ่งได้แก่โรงเรียนบ้านชัยภูมิ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากำแพงเพชร เขต 1 ประกอบด้วย ครู 10 คน นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 - 6 จำนวน 10 คน และ ผู้ปกครอง 10 คน นำมาวิเคราะห์หาค่าความเที่ยง (α) ได้ค่าความเที่ยงอยู่ระหว่าง 0.74-0.94 มีรายละเอียดของแบบสอบถามแต่ละฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 แบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า สอบถามเกี่ยวกับข้อมูลบริบทของโครงการ และด้านปัจจัยนำเข้าของโครงการ สำหรับครูเป็นผู้ตอบ ผลการตรวจสอบหาค่า IOC = 0.95 และผลการวิเคราะห์หาค่าแอลฟา (α) = 0.94

ฉบับที่ 2 แบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า สอบถามเกี่ยวกับกระบวนการของโครงการ สำหรับนักเรียนเป็นผู้ตอบ ผลการตรวจสอบหาค่า IOC = 0.96 และผลการวิเคราะห์หาค่าแอลฟา (α) = 0.91

ฉบับที่ 3 แบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า สอบถามเกี่ยวกับกระบวนการของโครงการ สำหรับครูเป็นผู้ตอบ ผลการตรวจสอบหาค่า IOC = 0.92 และผลการวิเคราะห์หาค่าแอลฟา (α) = 0.92

ฉบับที่ 4 แบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า สอบถามเกี่ยวกับด้านผลผลิตของโครงการความพึงพอใจของครู สำหรับครูเป็นผู้ตอบ ผลการตรวจสอบหาค่า IOC = 0.97 และผลการวิเคราะห์หาค่าแอลฟา (α) = 0.86

ฉบับที่ 5 แบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า สอบถามเกี่ยวกับด้านผลผลิตของโครงการความพึงพอใจของนักเรียน สำหรับนักเรียนเป็นผู้ตอบ ผลการตรวจสอบหาค่า IOC = 0.92 และผลการหาค่าแอลฟา (α) = 0.87

ฉบับที่ 6 แบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า สอบถามเกี่ยวกับด้านผลผลิตของโครงการ ความพึงพอใจของผู้ปกครอง สำหรับผู้ปกครองเป็นผู้ตอบ ผลการตรวจสอบหาค่า IOC = 0.85 และผลการวิเคราะห์หาค่าแอลฟา (α) = 0.86

ฉบับที่ 7 แบบบันทึกการใช้งบประมาณ จากกลุ่มงานบริหารงบประมาณ สำนักรวความเพียงพอของงบประมาณ จำนวน 1 ฉบับ

ฉบับที่ 8 แบบสำรวจปริมาณกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ที่ได้รับการพัฒนา จากการสำรวจจริง จำนวน 1 ฉบับ

ฉบับที่ 9 แบบสรุปผลการประกวดแข่งขันกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) จากกลุ่มงานอำนวยการของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากำแพงเพชร เขต 1 จำนวน 1 ฉบับ

เกณฑ์การตรวจสอบหาค่าความตรง (IOC) ใช้เกณฑ์ ดังนี้

+1 คือ แนใจว่าข้อความนั้นวัดได้ตรงกับวัตถุประสงค์หรือสิ่งที่ต้องการวัด

0 คือ ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ตรงกับวัตถุประสงค์หรือสิ่งที่ต้องการวัด

-1 คือ แน่ใจว่าข้อคำถามนั้นวัดได้ไม่ตรงกับวัตถุประสงค์หรือสิ่งที่ต้องการวัด

ค่า IOC 0.50 ขึ้นไป จากค่าเฉลี่ยตามความเห็นของผู้เชี่ยวชาญ ทั้ง 5 คน ถือว่าใช้ได้ เกณฑ์การหาค่าความเที่ยง (α) โดยนำเครื่องมือไปทดลองใช้กับกลุ่มที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มตัวอย่าง (เฉพาะฉบับที่ 1-6) วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สูตรของแอลฟา (α) แล้วปรับปรุงแก้ไขเครื่องมืออีกครั้ง ก่อนนำไปใช้เก็บข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างต่อไป ค่า α 0.50 ขึ้นไป จึงจะถือว่าใช้ได้

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้ประเมิน ได้ดำเนินการประชุมเพื่อชี้แจงวัตถุประสงค์ของการประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) กับกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ ครู นักเรียน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐานรับทราบ ขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล วางแผนในการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนและระยะเวลาที่กำหนด ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยกำหนดเวลาการประเมินเป็น 3 ระยะ คือ

ระยะที่ 1 ประเมินก่อนเริ่มดำเนินโครงการ ก่อนเริ่มดำเนินโครงการ 1 – 10 กรกฎาคม พ.ศ.2563 ใช้แบบสอบถามฉบับที่ 1 ให้ครูเป็นผู้ตอบ

ระยะที่ 2 ประเมินระหว่างดำเนินโครงการ 10 - 20 กันยายน พ.ศ. 2563 ใช้แบบสอบถามฉบับที่ 2 และฉบับที่ 3 ให้นักเรียนและครูเป็นผู้ตอบ ส่วนแบบบันทึก ฉบับที่ 7 ให้ครูเก็บข้อมูล

ระยะที่ 3 ประเมินหลังสิ้นสุดการดำเนินโครงการ 10 - 20 พฤศจิกายน พ.ศ. 2563 ใช้ฉบับที่ 8 และแบบสรุป ฉบับที่ 9 ให้ครูเก็บข้อมูล และแบบสอบถามฉบับที่ 4, 5 และ 6 ให้ครู นักเรียน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐานเป็นผู้ตอบ

การวิเคราะห์ข้อมูล

การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ครั้งนี้ ผู้ประเมินได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. คำนวณหาค่าร้อยละของจำนวนและข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียน ครู ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐานนักเรียน

2. คำนวณหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$, μ) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D., σ) จากแบบสอบถามชนิดมาตราประมาณค่า 5 ระดับ โดยใช้เกณฑ์การวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

การแปลความหมายของระดับคะแนนเฉลี่ย หรือหาค่าเฉลี่ยของระดับคะแนน โดยใช้เกณฑ์ ดังนี้ (พิสนุ พองศรี, 2550: 184)

ค่าคะแนนเฉลี่ย 4.50–5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมากที่สุด

ค่าคะแนนเฉลี่ย 3.50–4.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับมาก

ค่าคะแนนเฉลี่ย 2.50–3.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับปานกลาง

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.50–2.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อย

ค่าคะแนนเฉลี่ย 1.00–1.49 หมายถึง มีความเหมาะสมอยู่ในระดับน้อยที่สุด

3. คำนวณหาค่าผลการประเมิน โดยใช้เกณฑ์ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}, \mu$) 3.50 จึงถือว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน ทั้งประเด็นการประเมิน ตัวชี้วัด ส่วนผลรวมประเด็นการประเมิน และผลรวมตัวชี้วัด กำหนดเกณฑ์โดยการแบ่งช่วงของค่าคะแนนเฉลี่ย เป็น 2 ระดับ ดังนี้ (พิสนุ พองศรี, 2550: 178)

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 3.50–5.00 หมายถึง ผ่านเกณฑ์

ค่าคะแนนเฉลี่ยระหว่าง 1.00–3.49 หมายถึง ไม่ผ่านเกณฑ์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้ประเมิน ได้ดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปทางสถิติ SPSS for Windows โดยใช้ค่าสถิติที่สอดคล้องกับการประเมินโครงการ ดังนี้

สถิติพื้นฐาน ที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล คือ

1. หาค่าร้อยละข้อมูลส่วนตัวของกลุ่มตัวอย่าง หาค่าร้อยละของงบประมาณที่ได้รับจัดสรร ปริมาณกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ที่ได้รับการพัฒนา และสรุปผลความสำเร็จที่เกี่ยวข้องกับการประเมินโครงการพัฒนา กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส)

2. ใช้ $\bar{x}$ และ μ หาค่าเฉลี่ย แบบสอบถามการประเมินโครงการพัฒนา กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ดังนี้

2.1 ใช้ $\bar{x}$ หาค่าเฉลี่ย ของแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้มาโดยการสุ่มจากประชากร ได้แก่ นักเรียน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน

2.2 ใช้ μ หาค่าเฉลี่ย ของแบบสอบถามจากกลุ่มที่ศึกษาจากประชากร ได้แก่ ครู

2.3 ใช้ S.D. และ σ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบถามการประเมินโครงการพัฒนา กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ดังนี้

2.3.1 ใช้ S.D. หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง ที่ได้มาโดยการสุ่มจากประชากร ได้แก่ นักเรียน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน

2.3.2 ใช้ σ หาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน ของแบบสอบถามจากกลุ่มที่ศึกษาจากประชากร ได้แก่ ครู

สรุปและการอภิปรายผล

สรุปผล

การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา สรุปผลโดยภาพรวมพบว่า ผ่านเกณฑ์การประเมิน และเมื่อสรุปผลเป็นรายประเด็น พบว่า ทุกประเด็นผ่านเกณฑ์การประเมิน เรียงลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ผลผลิต บริบท ปัจจัยนำเข้า และกระบวนการ ซึ่งสามารถสรุปผลการประเมินเป็นรายประเด็นและรายด้าน ได้ดังนี้

1. ผลการประเมินบริบท โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็นเกี่ยวกับบริบทของโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก และทุกรายการผ่านเกณฑ์การประเมิน เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือ ความเหมาะสมของวัตถุประสงค์ รองลงมาคือความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ สำหรับรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ ความต้องการจำเป็นของโครงการ

2. ผลการประเมินปัจจัยนำเข้า โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับปัจจัยนำเข้าของโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก และทุกรายการผ่านเกณฑ์การประเมิน และเมื่อพิจารณาเป็นรายข้อ พบว่า มีค่าเฉลี่ยอยู่ในระดับมาก คือ ความพร้อมของผู้รับผิดชอบโครงการ ความพร้อมของอาคารสถานที่ และ ความเหมาะสมของปัจจัยในการดำเนินงาน สำหรับความพึงพอใจของงบประมาณ ได้รับจัดสรรงบประมาณ คิดเป็นร้อยละ 100

3. ผลการประเมินกระบวนการ โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับกระบวนการของโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก และทุกรายการผ่านเกณฑ์การประเมิน เมื่อพิจารณารายเป็นข้อ พบว่ารายการที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุด คือ การมีส่วนร่วมของนักเรียน เกี่ยวกับการวางแผนการดำเนินงาน การพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) และการใช้กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ในโรงเรียน รองลงมาคือ การนิเทศ กำกับ ติดตามโครงการ สำหรับรายการที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด คือ การมีส่วนร่วมของครู เกี่ยวกับการวางแผนดำเนินงาน การพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ในโรงเรียน และการใช้กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ในโรงเรียน

4. ผลการประเมินผลผลิต โดยภาพรวม พบว่า ระดับความคิดเห็น เกี่ยวกับผลผลิตของโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา โดยภาพรวม อยู่ในระดับมาก และทุกรายการผ่านเกณฑ์การประเมิน เมื่อพิจารณารายข้อ พบว่า ผลการประเมินแต่ละข้อ มีดังนี้ 1. ปริมาณของกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ที่ได้รับการพัฒนา คิดเป็นร้อยละ 100 2. ผลความสำเร็จที่เกิดจากดำเนินงาน คิดเป็นร้อยละ 98 อยู่ในระดับดีเด่น 3. ความพึงพอใจของผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน อยู่ในระดับมากที่สุด รองลงมาความพึงพอใจของครูอยู่ในระดับมากที่สุด และความพึงพอใจของนักเรียน อยู่ในระดับมาก

การอภิปรายผล

จากผลการประเมินโครงการโดยสรุป พบว่า ผลการประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ในภาพรวม ระดับความคิดเห็นของนักเรียน ครู ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถาน

ศึกษาขั้นพื้นฐานนักเรียนที่มีต่อโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ภาพรวมอยู่ในระดับมาก และผ่านเกณฑ์การประเมินทุกประเด็นและทุกด้าน เมื่อพิจารณาเป็นรายประเด็น พบว่า มีผลการประเมินเรียงตามลำดับจากมากไปหาน้อย ได้แก่ ประเด็นผลผลิต ประเด็นบริบท ประเด็นปัจจัยนำเข้า และประเด็นกระบวนการ เมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน (คิดเฉพาะด้านที่ได้ประเมินโดยใช้แบบสอบถาม) พบว่า ด้านที่มีค่าเฉลี่ยสูงสุดคือความพึงพอใจผู้ปกครอง รองลงมาคือความพึงพอใจของครู และด้านที่มีค่าเฉลี่ยต่ำสุดคือ การมีส่วนร่วมของนักเรียน ซึ่งทุกตัวชี้วัดผ่านเกณฑ์การประเมิน ผลการประเมิน โดยสรุปทั้งโครงการที่มีผลเช่นนี้ น่าจะเป็นเพราะว่า ผู้บริหารโรงเรียน ครู นักเรียน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐานให้ความสำคัญกับโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) และพยายามระดมทรัพยากรทั้งปวงที่มี ร่วมดำเนินโครงการอย่างเต็มประสิทธิภาพโครงการนี้จึงประสบความสำเร็จอย่างมาก นอกจากนี้ ผู้บริหาร ครู และบุคลากร ได้ใช้เทคนิคในการบริหารโครงการให้ประสบความสำเร็จของโรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ตามรูปแบบการบริหารเพื่อพัฒนาคุณภาพการศึกษาของโรงเรียน ซึ่งมี 3 ขั้นตอนคือ การวางแผน การดำเนินการตามแผน และการประเมินผลและพัฒนา ผลการดำเนินงานตามรูปแบบดังกล่าว ทำให้โครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) สำเร็จอย่างน่าพอใจ รายละเอียดการอภิปรายผลแต่ละประเด็นการประเมิน มีดังนี้

1. จากผลการประเมินบริบท โดยภาพรวม พบว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน ผลการประเมินที่มีผลเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะว่า การดำเนินงานตามโครงการครั้งนี้ โรงเรียนได้สำรวจข้อมูลความต้องการจำเป็นก่อนการจัดทำโครงการ แล้วกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการสอดคล้องเหมาะสม ตรงตามความต้องการของครู นักเรียนผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน ประกอบกับผู้รับผิดชอบโครงการมีความรับผิดชอบสูง สามารถปฏิบัติงานสำเร็จตามวัตถุประสงค์ของทุกกิจกรรมตามกำหนด ดังนั้นความสอดคล้องและเหมาะสมของวัตถุประสงค์ของโครงการนี้ จึงอยู่ในระดับมาก และสอดคล้องกับผลการประเมินโครงการของกมล อิมสำราญ (2553) ได้ทำการวิจัย การประเมินโครงการประกันคุณภาพภายในโรงเรียนวัดกลางราษฎร์บำรุง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษาฉะเชิงเทรา เขต1 ผลการประเมินพบว่าผลการประเมินโครงการการประกันคุณภาพภายในโรงเรียนวัดกลางราษฎร์บำรุง ตามความคิดเห็นของบุคลากร ผู้ปกครองและนักเรียนโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายด้านพบว่าทุกด้านอยู่ในระดับมาก การประเมินด้านสภาพแวดล้อม ได้แก่ ความสอดคล้องเชิงเหตุผลของโครงการ ความต้องการโครงการ วัตถุประสงค์ของโครงการตามความคิดเห็นของบุคลากรพบว่าโดยรวมอยู่ในระดับมาก

2. จากผลการประเมินปัจจัยนำเข้า โดยภาพรวม พบว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน ผลการประเมินที่มีผลเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะโรงเรียนมีความพร้อมในทุกๆ ด้าน และได้รับการสนับสนุนด้านงบประมาณที่เพียงพอ ส่วนครู และผู้รับผิดชอบโครงการมีความรับผิดชอบปฏิบัติงานจนสำเร็จตามวัตถุประสงค์ทุกกิจกรรม จึงแสดงให้เห็นว่ากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ภายในโรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่องและมีการพัฒนาให้ดีขึ้นตามลำดับเป็นอย่างดี สอดคล้องกับแนวคิดของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน (2547 : คำน่า) ที่กล่าวว่า iva การปฏิรูปการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญสถานศึกษาควรจัดกิจกรรม ที่เอื้อต่อพัฒนาคุณภาพผู้เรียน กิจกรรม ซึ่งต้องได้รับการสนับสนุนจากผู้บริหาร จากการดำเนินงานของครู นักเรียน และความจากร่วมมือของทุกฝ่าย ด้วยเหตุนี้ ผลการประเมินด้านปัจจัยนำเข้าของโครงการ จึงผ่านเกณฑ์การประเมินทุกด้าน และความสอดคล้องกับการประเมินโครงการของ สุทธิย์ สุราษฎร์มณี (2556) ได้วิจัยเรื่อง การประเมิน โครงการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ของโรงเรียนบ้านเขาเขียวผลการประเมินพบว่าผลการประเมินโครงการพัฒนาแหล่งเรียนรู้ในการจัดการเรียนรู้ของ

โรงเรียนบ้านเขาเขียว แบ่งเป็น 5 ด้าน พบว่าผลการประเมินด้านปัจจัยนำเข้า (Input Evaluation) พบว่ามีความเพียงพอด้านบุคลากร ด้านงบประมาณ ด้านวัสดุ อุปกรณ์ การดำเนินงานตามโครงการโดยรวมอยู่ในระดับมาก เมื่อพิจารณาเป็นรายข้อมีความเพียงพออยู่ในระดับมากถึงมากที่สุด

3. จากผลการประเมินกระบวนการ โดยภาพรวมพบว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน ผลการประเมินที่มีผลเช่นนี้อาจจะเป็นเพราะว่า โรงเรียนได้วางแผนพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โดยการมีส่วนร่วมของผู้เกี่ยวข้องทุกฝ่าย แล้วจึงดำเนินกิจกรรมของโครงการให้สอดคล้องเหมาะสม ตรงตามวัตถุประสงค์ ซึ่งผู้ปฏิบัติมีความตระหนักเอาใจใส่ร่วมมือกันปฏิบัติงานตามหน้าที่อย่างดียิ่ง ส่งผลให้งานดำเนินไปได้อย่างมีประสิทธิภาพ ตามวัตถุประสงค์ทุกขั้นตอน สอดคล้องกับแนวคิดของสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2543: 36) ซึ่งกล่าวว่า วงจร PDCA เป็นกระบวนการทำงานที่มีการควบคุมและตรวจสอบคุณภาพการทำงานของตนเองอย่างเป็นระบบ และมีการควบคุมคุณภาพของงานทุกขั้นตอนต่อเนื่องกันไปเหมือนวงล้อ ซึ่งจะทำให้การดำเนินงานประสบผลสำเร็จอย่างมีคุณภาพ และสอดคล้องกับผลการประเมินของ วิเชียร ชูติมาสกุล (2560) ได้วิจัยเรื่อง รายงานการประเมินโครงการสถานศึกษาสีขาวปลอดภัย เสพติดและอบายมุขโรงเรียนชินรสวิทยาลย์ ผลการประเมินโครงการ 1) ผลการประเมินด้านบริบท พบว่า วัตถุประสงค์ทั่วไปและวัตถุประสงค์เฉพาะของโครงการสอดคล้องกับนโยบายของรัฐบาล นโยบายของ กระทรวงศึกษาธิการ และนโยบายของโรงเรียนชินรสวิทยาลย์อยู่ในระดับมากที่สุด 2) ผลการประเมิน ด้านปัจจัยเบื้องต้น พบว่าโครงการห้องเรียนสีขาว โครงการพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โครงการดำเนินงานกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ และโครงการพัฒนาบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม ปัจจัยเบื้องต้นเกี่ยวกับ บุคลากร งบประมาณ และระยะเวลาของการดำเนินงาน อยู่ในระดับมีความเหมาะสมหรือมีความเพียงพอ มากที่สุด 3) ผลการประเมินกระบวนการในการบริหารงาน และการดำเนินงานพบว่า โครงการห้องเรียนสีขาว โครงการพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โครงการดำเนินงานกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ และโครงการพัฒนาบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม มีการบริหารงานและมีขั้นตอนการดำเนินงาน อยู่ในระดับมีการดำเนินงานมากที่สุด 4) ผลการประเมินด้านผลผลิต 4.1) ผลการประเมินผลสัมฤทธิ์การดำเนินงาน พบว่า โครงการพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โครงการดำเนินงานกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ และโครงการ 92 พัฒนาบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม มีผลสำเร็จของการดำเนินงานอยู่ในระดับมากที่สุด 4.2) ผลการประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการดำเนินงาน พบว่า โครงการพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โครงการดำเนินงานกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ และโครงการพัฒนาบรรยากาศและสิ่งแวดล้อมบุคลากรมีความพึงพอใจ ต่อการดำเนินงาน อยู่ในระดับมากที่สุด 4.3) ผลการประเมินนักเรียนมีภูมิคุ้มกันยาเสพติดและอบายมุข พบว่า โครงการพัฒนาระบบดูแลช่วยเหลือนักเรียน โครงการดำเนินงานกิจกรรมเชิงสร้างสรรค์ และ โครงการพัฒนาบรรยากาศและสิ่งแวดล้อม นักเรียนมีภูมิคุ้มกันยาเสพติดและอบายมุข อยู่ในระดับมากที่สุด 4.4) ผลกระทบของโครงการพบว่า มีผลกระทบต่อโรงเรียน ผู้บริหาร ครู และนักเรียนในตำบล

4. จากผลการประเมินด้านผลผลิต โดยภาพรวม พบว่าผ่านเกณฑ์การประเมิน และเมื่อพิจารณาเป็นรายด้าน มีรายละเอียดดังนี้

4.4 ด้านความพึงพอใจ ในภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมากและผ่านเกณฑ์การประเมิน รายละเอียดการอภิปรายผลรายด้านย่อย คือ ความพึงพอใจของ ครู นักเรียน ผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน มีดังนี้

4.4.1 ความพึงพอใจของครู โดยภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่ง เป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ที่มีผลเช่นนี้เป็นเพราะการดำเนินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนได้ดำเนินการศึกษาปัญหาความต้องการของครู ดำเนินการประชุมชี้แจงเพื่อกำหนดนโยบาย วัตถุประสงค์ แนวทางการดำเนินงานและกำหนดกิจกรรมการพัฒนาโครงการ GREEN AND CLEAN (5 ส) โดยการมีส่วนร่วมจากทุกฝ่ายที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนได้รับการสนับสนุนเงินงบประมาณอย่างเพียงพอคิดเป็นร้อยละ 100 จึงส่งผลให้กิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ที่ได้รับการพัฒนามีความหลากหลายตรงตามความต้องการของครู ในระดับมากที่สุด

4.4.2 ความพึงพอใจของนักเรียน โดยภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุดผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ของโครงการ ที่มีผลเช่นนี้เป็นเพราะการดำเนินโครงการพัฒนาโครงการ GREEN AND CLEAN (5 ส) ครั้งนี้ ได้จัดกิจกรรมการพัฒนาที่หลากหลายจึงส่งผลให้มีกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ที่หลากหลาย ผู้เรียนได้มีโอกาสร่วมพัฒนาโครงการ GREEN AND CLEAN (5 ส) ได้ปฏิบัติ มีความสุข สนุกสนาน เกิดประสบการณ์ตรง สามารถนำไปใช้ได้ในชีวิตประจำวัน จึงมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก

4.4.3 ความพึงพอใจของผู้ปกครองและคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยภาพรวม พบว่า อยู่ในระดับมากที่สุด ซึ่งผ่านเกณฑ์การประเมิน ซึ่งเป็นไปตามวัตถุประสงค์ ที่มีผลเช่นนี้เป็นเพราะว่าโรงเรียนได้ดำเนินการบริหารจัดการศึกษาและพัฒนาโครงการ GREEN AND CLEAN (5 ส) ให้ตรงตามความต้องการของผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการศึกษา โดยคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้รับบริการเป็นหลัก ให้มีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ นอกจากนี้ ผู้รับผิดชอบโครงการ ได้ดำเนินการประชุมและประชาสัมพันธ์ผลการดำเนินงานของโครงการอย่างสม่ำเสมอ จึงส่งผลให้การประเมินความพึงพอใจ อยู่ในระดับมากที่สุด และสอดคล้องกับข้อสรุปของคณะกรรมการประเมินของสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษาประถมศึกษากำแพงเพชร เขต 1 ได้สรุปว่า สถานศึกษาเป็นหน่วยงานที่ให้บริการทางการศึกษา ที่จำเป็นจะต้องบริหารจัดการศึกษาให้ตอบสนองความต้องการของผู้เกี่ยวข้องที่มีส่วนได้ส่วนเสียในการจัดการศึกษา โดยคำนึงถึงความพึงพอใจของผู้รับบริการเป็นหลัก เพื่อให้ภารกิจของหน่วยงานบรรลุตามวัตถุประสงค์อย่างมีประสิทธิภาพ

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะเชิงนโยบาย

โครงการพัฒนาโครงการ GREEN AND CLEAN (5 ส) เป็นหน้าที่ของสถานศึกษาที่จะต้องดำเนินการอย่างมีประสิทธิภาพ ให้ส่งผลต่อการพัฒนาคุณภาพการศึกษา จากผลการประเมินพบว่า ผ่านเกณฑ์การประเมิน โรงเรียนจึงควรดำเนินโครงการนี้ต่อไป และผู้เกี่ยวข้อง ควรนำผลการประเมินและแนวทางพัฒนา ไปปรับปรุงและพัฒนาการดำเนินโครงการ อย่างต่อเนื่องและยั่งยืนตามข้อเสนอแนะดังนี้

1. บริบทของสถานศึกษา การกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการให้สอดคล้องและเหมาะสมกับสภาพแวดล้อม จะเป็นเข็มทิศชี้้นำการปฏิบัติให้ไปสู่ความสำเร็จได้ดี จึงควรกำหนดวัตถุประสงค์ของโครงการให้เหมาะสมกับบริบทของสถานศึกษาให้มากขึ้น เพื่อนำไปสู่การพัฒนาโครงการที่มีความหลากหลายตามความต้องการของ ครู นักเรียน ผู้ปกครอง และคณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน และควรเปิดโอกาสให้ผู้ปกครองได้มีส่วนร่วมในการพัฒนาโครงการ GREEN AND CLEAN (5 ส) ในโรงเรียนมากขึ้น

2. ปัจจัยที่ใช้ในการดำเนินงาน เป็นทรัพยากรที่สำคัญในการขับเคลื่อนโครงการให้ไปสู่ความสำเร็จ ควรสนับสนุนวัสดุ อุปกรณ์ เครื่องมือและเทคโนโลยี ที่ต้องใช้ในการดำเนินโครงการให้เหมาะสมกับการทำกิจกรรม และควรพัฒนาบุคลากรผู้รับผิดชอบให้พร้อมก่อนที่จะปฏิบัติงาน เพื่อให้ผู้ปฏิบัติสามารถปฏิบัติงานได้อย่างถูกต้อง บรรลุผลอย่างมีประสิทธิภาพตามวัตถุประสงค์ที่วางไว้

3. กระบวนการ การปฏิบัติงานตามกิจกรรมของโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) มีหลายกิจกรรมที่ต้องอาศัยผู้ปฏิบัติที่มีความรู้ และ ความรับผิดชอบ จึงควรให้ผู้รับผิดชอบโครงการและครูที่มีความรู้ความสามารถปรับปรุงการพัฒนากิจกรรมให้เหมาะสมยิ่งขึ้น และควรสนับสนุนให้มีการประสานการปฏิบัติงานระหว่างผู้รับผิดชอบโครงการ ครูและผู้มีส่วนเกี่ยวข้อง อย่างเหมาะสมและสม่ำเสมอ

4. ผลผลิตของโครงการ คือสิ่งที่ต้องการให้เกิดขึ้นตามวัตถุประสงค์ จากผลการประเมินโครงการ ด้านผลผลิตพบว่า ความพึงพอใจของนักเรียน มีค่าเฉลี่ยต่ำสุด จึงควรดำเนินการเร่งรัดให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) อย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอ

ข้อเสนอแนะในการปฏิบัติ

1. ควรประเมินโครงการลักษณะนี้ในทุก ๆ ปี เพื่อให้ได้สารสนเทศที่สอดคล้องตามความต้องการของผู้ใช้ ที่เปลี่ยนแปลงไปตามกาลเวลา สภาพของสังคม และภาวะเศรษฐกิจ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการดำเนินงานโครงการให้มีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

2. ควรศึกษาพฤติกรรม การดำเนินงานในกิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) ของนักเรียน ครู ผู้ปกครอง และ คณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐานอย่างต่อเนื่อง เพื่อนำไปใช้เป็นสารสนเทศ ปรับปรุงแนวทางการพัฒนาโรงเรียนให้เหมาะสมสอดคล้องตามความต้องการของผู้ใช้ต่อไป

3. ควรมีการประเมินโครงการเชิงสาเหตุ เพื่อให้ทราบว่าสาเหตุหรือปัจจัยใด ที่มีอิทธิพลต่อความสำเร็จหรือผลของโครงการ ซึ่งจะช่วยให้เห็นแนวทางในการนำมาปรับปรุงพัฒนาโครงการได้อย่างมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การประเมินโครงการพัฒนากิจกรรม GREEN AND CLEAN (5 ส) โรงเรียนผืนสหราษฎร์พัฒนา ครั้งนี้ สำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงจากรองศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต ฉัตรวิโรจน์ คณบดีคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประจวบ ขวัญมัน อาจารย์ประจำ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร และดร.มิชัย พลทองมาก ผู้อำนวยการโรงเรียนสาธิต ได้ให้คำปรึกษา แนะนำ ตลอดจนช่วยแก้ไขในส่วนที่บกพร่องต่าง ๆ ทุกขั้นตอนของการประเมิน จนกระทั่งประเมินโครงการเล่มนี้ มีความสมบูรณ์มากขึ้น ซึ่งผู้ประเมินรู้สึกซาบซึ้งและ เป็นพระคุณอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ดร.สุพล จันตะคาด ผู้อำนวยการสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากำแพงเพชรเขต 1 ที่กรุณาให้ คำแนะนำ เสนอแนะแนวปฏิบัติที่เป็นประโยชน์ในการรวบรวมข้อมูล ทำให้การประเมินโครงการครั้งนี้ สมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขึ้น ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่กรุณาช่วยตรวจสอบเครื่องมือประเมินโครงการ จนกระทั่งการประเมินโครงการครั้งนี้ สำเร็จลุล่วงด้วยดี

สุดท้ายขอขอบคุณ คณะครู บุคลากร คณะกรรมการสถานศึกษาขั้นพื้นฐาน นักเรียน และผู้ปกครอง โรงเรียน ผินสหราษฎร์พัฒนา ทุกท่าน ที่ให้ความกรุณาตอบแบบสอบถาม และให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ ทำให้งานประเมินโครงการ ครั้งนี้สำเร็จ และขอขอบพระคุณผู้ให้ความช่วยเหลืออีกหลายท่าน ซึ่งไม่สามารถกล่าวชื่อนามได้ทั้งหมดไว้ ณ โอกาสนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] ชลธิชา แฝ่งบรรเทา (2557) การประเมินโครงการแข่งขันความเป็นเลิศทางวิชาการ โรงเรียน ในสังกัดเทศบาลเมืองกาญจนบุรี จังหวัดกาญจนบุรี วิทยานิพนธ์ ครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิจัย และ ประเมินผล การศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏกาญจนบุรี
- [2] ชนิศา จิระเดชประไพ (2557) การประเมินโครงการพัฒนาการเรียนการสอนภาษาอังกฤษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากำแพงเพชร เขต 2 ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
- [3] เพ็ญจันทร์ บัวขาว (2557) การปฏิบัติกิจกรรม 5 ส และการเสริมสร้างความปลอดภัยในการทำงานของพนักงาน บริษัท คอมพาร์ท พรินซ์ (ประเทศไทย) จำกัด วารสารชุมชนวิจัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา ปีที่ 9 ฉบับที่ 1 (2015): ตุลาคม 2557 - มีนาคม 2558
- [4] พิสนุ ฟองศรี. (2550). เทคนิควิธีประเมินโครงการ. (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ : พรอพเพอร์ตี้พริ้นท์.
- [5] พุฒิเมธ พวงจันทิก (2554) การประเมินโครงการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียน โรงเรียนน้ำขุ่นวิทยา จังหวัดอุบลราชธานี ถ่ายเอกสาร.
- [6] ยาวดี ราชชัยกุล วิบูลย์ศรี. (2546). การประเมินโครงการแนวคิดและปฏิบัติ. (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [7] รัตน์ บัวสนธ์ (2554) การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. นครสวรรค์ : หจก.ริมปีงการพิมพ์.
- [8] วิเชียร ชุตินาสกุล (2560) รายงานการประเมินโครงการสถานศึกษาสีขาว ปลอดภัย เสพติดและ อายุมข โรงเรียน ชีโนรสวิทยาลัย ผลงานวิชาการ สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษา เขต 1 สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ
- [9] วัชรกร ศุภกาญจนรุจิ (2558) การประเมินโครงการจัดทำระบบสารสนเทศการบริหารทรัพยากรบุคคล ระดับกรม (DPIS) : กรณีศึกษากรมทางหลวง รัฐศาสตรมหาบัณฑิต (การบริหาร จัดการสาธารณะ) สาขาวิชาการบริหาร จัดการสาธารณะ สำหรับนักบริหาร คณะรัฐศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
- [10] สุกัฒ แสงจันทร์. (2550). การประเมินโครงการพัฒนาแหล่งเรียนรู้เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพ การจัดการกระบวนการเรียนรู้สู่คุณภาพผู้เรียนโรงเรียนวัดโลกา. ถ่ายเอกสาร.

- [11] สำราญ มีแจ้ง (2558) การประเมินโครงการทางการศึกษา : ทฤษฎีและปฏิบัติ มหาวิทยาลัยนเรศวร พิษณุโลก.
- [12] อนันต์ นามทรงตัน (2557) การประเมินโครงการทางการศึกษา : ปฏิบัติจริง. นนทบุรี: สหมิตรพรินต์ติ้ง. แอนด์พับลิชชิง จำกัด, 2557
- [13] Good, Carter V. 1973. Dictionary of Education. New York : McGraw-Hill Book Company.
- [14] Kotler, Philip. (2003) Marketing Management. New Jersey: Prentice Hall.
- [15] Krejcie, R.V. & Morgan, D.W. (1970). Determining sample size for research activities. Educational and psychological measurement, 30(3): 608.
- [16] Luthans, F. (1995). Organizational Behavior. (4th ed). New York: McGraw - Hill.
- [17] Millett, J.D. (1954). Management in Public Service. New York: McGraw - Hill.
- [18] Stufflebeam, D.L. (2004). The 21st century CIPP Model. In Alkin, M.C. (Ed.), Evaluation roots: Tracing theorists' views and influences. London: SAGE.
- [19] Weirich Heinz and Harold Koontz. (1993). Management: a global perspective. New York : McGraw-Hill.

สมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - 5^y = z^2$ เมื่อ $n \equiv 11(\text{mod } 20)$ On the Diophantine Equation $n^x - 5^y = z^2$ where $n \equiv 11(\text{mod } 20)$

สุธน ตาดิ*

สาขาวิชาคณิตศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี

Suton Tadee*

Department of Mathematics, Faculty of Science and Technology, Thepsatri Rajabhat University

บทคัดย่อ

ในงานวิจัยนี้จะแสดงว่า $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ เป็นผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียวของสมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - 5^y = z^2$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก โดยที่ $n \equiv 11(\text{mod } 20)$

คำสำคัญ : สมการไดโอแฟนไทน์, ผลเฉลยจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ

Abstract

In this paper, we show that $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ is the unique non-negative integer solution of the Diophantine equation $n^x - 5^y = z^2$, where n is a positive integer with $n \equiv 11(\text{mod } 20)$.

Keywords : Diophantine equation, non-negative integer solution

ที่มาและความสำคัญ

เมื่อไม่นานมานี้ สมการไดโอแฟนไทน์ (Diophantine equation) ที่อยู่ในรูป $a^x - b^y = z^2$ เมื่อ a, b เป็นจำนวนเต็มบวก และ x, y, z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ได้รับความสนใจอย่างกว้างขวาง ตัวอย่างเช่น ในปี ค.ศ. 2019 Thongnak, Chuayjan และ Kaewong [8] ได้แสดงว่า สมการไดโอแฟนไทน์ $2^x - 3^y = z^2$ มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบสามผลเฉลย คือ $(x, y, z) \in \{(0, 0, 0), (1, 0, 1), (2, 1, 1)\}$ และ Burshtein [1, 2, 3] ได้

* Corresponding author : suton.t@lawasri.tru.ac.th

Received : 27/12/2022

Revised : 25/04/2023

Accepted : 15/06/2023

ศึกษาผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มบวกของสมการไดโอแฟนไทน์ $6^x - 11^y = z^2$, $p^x - p^y = z^2$, $(p+1)^x - p^y = z^2$ และ $p^y - (p+1)^x = z^2$ เมื่อ p เป็นจำนวนเฉพาะ และต่อมาในปี ค.ศ. 2020 Burshtein [4] ได้พิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $13^x - 5^y = z^2$ มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มบวกเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (2, 2, 12)$ ในขณะที่ สมการไดโอแฟนไทน์ $19^x - 5^y = z^2$ ไม่มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มบวก และในปีเดียวกัน Elshahed และ Kamarulhaili [5] ได้ค้นพบผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบทั้งหมดของสมการไดโอแฟนไทน์ $(4^n)^x - p^y = z^2$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก และ p เป็นจำนวนเฉพาะคี่ ในปี ค.ศ. 2022 Tadee และ Laomalaw [7] ได้แสดงผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบของสมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - n^y = z^2$ และ $2^x - p^y = z^2$ สำหรับทุกจำนวนเต็มบวก $n \neq 1$ และบางจำนวนเฉพาะ p และ Thongnak, Chuayjan และ Kaewong [9] ได้พิสูจน์ว่า $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ เป็นผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียวของสมการไดโอแฟนไทน์ $7^x - 2^y = z^2$ นอกจากนี้ Orosram และ Unchai [6] ได้ศึกษาผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบของสมการไดโอแฟนไทน์ $2^{2nx} - p^y = z^2$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก และ p เป็นจำนวนเฉพาะ

ในงานวิจัยนี้จะพิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์

$$n^x - 5^y = z^2 \quad (1)$$

มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก และ $n \equiv 11 \pmod{20}$ ซึ่งในการพิสูจน์ดังกล่าวจะใช้ความรู้เบื้องต้นทางทฤษฎีจำนวน

วิธีการดำเนินการวิจัย

ทฤษฎีบท 1 ให้ n เป็นจำนวนเต็มบวก โดยที่ $n \equiv 11 \pmod{20}$ จะได้ว่า สมการ (1) มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$

พิสูจน์ ให้ x, y และ z เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ และเป็นผลเฉลยของสมการ (1) เนื่องจาก $n \equiv 11 \pmod{20}$ ดังนั้น $n \equiv 3 \pmod{4}$ เพราะฉะนั้น n เป็นจำนวนคี่ และจากสมการ (1) จะได้ว่า z เป็นจำนวนคู่ ดังนั้น $z^2 \equiv 0 \pmod{4}$ และเนื่องจาก $n \equiv 3 \equiv -1 \pmod{4}$ ดังนั้น $n^x \equiv (-1)^x \pmod{4}$ และจาก $5 \equiv 1 \pmod{4}$ ดังนั้น $5^y \equiv (1)^y \equiv 1 \pmod{4}$ เพราะฉะนั้น $n^x - 5^y \equiv (-1)^x - 1 \pmod{4}$ และจากสมการ (1) จะได้ว่า $z^2 \equiv (-1)^x - 1 \pmod{4}$ เพราะฉะนั้น $(-1)^x - 1 \equiv 0 \pmod{4}$ ดังนั้น x เป็นจำนวนคู่ จะได้ว่า มีจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ k ที่ทำให้ $x = 2k$ ดังนั้น

$$5^y = n^{2k} - z^2 = (n^k - z)(n^k + z) \quad (2)$$

และจาก 5 เป็นจำนวนเฉพาะ ดังนั้น จะมีจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ u ซึ่งทำให้

$$n^k - z = 5^u \quad (3)$$

และ

$$2n^k + z = 5^{y-u} \quad (4)$$

จากสมการ (3) และ (4) จะได้ว่า $y \geq 2u$ และ

$$n^k = 5^u(5^{y-2u} + 1) \quad (5)$$

เนื่องจาก $n \equiv 11 \pmod{20}$ ดังนั้น $n \equiv 1 \pmod{5}$ เพราะฉะนั้น 5 ไม่ได้เป็นตัวประกอบของ n และจากสมการ (5) จะได้ว่า $u = 0$ และ $2n^k = 5^y + 1$ และจาก $n \equiv 1 \pmod{5}$ ดังนั้น $2n^k \equiv 2(1)^k \equiv 2 \pmod{5}$ เพราะฉะนั้น $5^y + 1 \equiv 2 \pmod{5}$ ดังนั้น $y = 0$ ทำให้ $n^k = 1$ ด้วยเหตุนี้ $k = 0$ เพราะฉะนั้น $x = 0$ และจากสมการ (1) จะได้ว่า $z = 0$ นั่นคือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ เป็นผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียวของสมการ (1) $\square$

บทแทรก 2 สมการไดโอแฟนไทน์ $11^x - 5^y = z^2$ และ $31^x - 5^y = z^2$ มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$

พิสูจน์ เนื่องจาก $11 \equiv 11 \pmod{20}$ และ $31 \equiv 11 \pmod{20}$ ดังนั้นโดยทฤษฎีบท 1 จะได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์ $11^x - 5^y = z^2$ และ $31^x - 5^y = z^2$ มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ $\square$

บทแทรก 3 ให้ m และ n เป็นจำนวนเต็มบวก โดยที่ $n \equiv 11 \pmod{20}$ จะได้ว่า สมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - 5^y = z^{2m}$ มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$

พิสูจน์ ให้ a, b และ c เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบ ที่ทำให้ $n^a - 5^b = c^{2m} = (c^m)^2$ จะได้ว่า $(x, y, z) = (a, b, c^m)$ เป็นผลเฉลยของสมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - 5^y = z^2$ จากทฤษฎีบท 1 จะได้ว่า $(a, b, c^m) = (0, 0, 0)$ เพราะฉะนั้น $a = b = c = 0$ $\square$

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้พิสูจน์ว่าสมการไดโอแฟนไทน์ $n^x - 5^y = z^2$ มีผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบเพียงผลเฉลยเดียว คือ $(x, y, z) = (0, 0, 0)$ เมื่อ n เป็นจำนวนเต็มบวก โดยที่ $n \equiv 11 \pmod{20}$ ดังนั้นสิ่งที่น่าสนใจในการศึกษาต่อไป คือ การหาผลเฉลยที่เป็นจำนวนเต็มที่ไม่เป็นลบของสมการดังกล่าวในกรณีที่ $n \not\equiv 11 \pmod{20}$

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนา และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี ที่ให้การสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] N. Burshtein, (2019). A short note on solutions of the Diophantine equations $6^x + 11^y = z^2$ and $6^x - 11^y = z^2$ in positive integers x, y, z . Annals of Pure and Applied Mathematics, 19(2), 55-56.
- [2] N. Burshtein, (2019). All the solutions of the Diophantine equations $p^x + p^y = z^2$ and $p^x - p^y = z^2$ when $p \geq 2$ is prime. Annals of Pure and Applied Mathematics, 19(2), 111-119.
- [3] N. Burshtein, (2019). All the solutions of the Diophantine equations $(p+1)^x - p^y = z^2$ and $p^y - (p+1)^x = z^2$ when p is prime and $x+y = 2, 3, 4$. Annals of Pure and Applied Mathematics, 19(1), 53-57.
- [4] N. Burshtein, (2020). All the solutions of the Diophantine equations $13^x - 5^y = z^2, 19^x - 5^y = z^2$ in positive integers x, y, z . Annals of Pure and Applied Mathematics, 22(2), 93-96.
- [5] A. Elshahed and H. Kamarulhaili, (2020). On the Diophantine equation $(4^n)^x - p^y = z^2$. WSEAS Transactions on Mathematics, 19, 349-352.
- [6] W. Orosram and A. Unchai, (2022). On the Diophantine equation $2^{2nx} - p^y = z^2$, where p is a prime. International Journal of Mathematics and Computer Science, 17(1), 447-451.
- [7] S. Tadee and N. Laomalaw, (2022). On the Diophantine equations $n^x - n^y = z^2$ and $2^x - p^y = z^2$. Phranakhon Rajabhat Research Journal (Science and Technology), 17(1), 10-16.
- [8] S. Thongnak, W. Chuayjan and T. Kaewong, (2019). On the exponential Diophantine equation $2^x - 3^y = z^2$. Southeast-Asian Journal of Sciences, 7(1), 1-4.
- [9] S. Thongnak, W. Chuayjan and T. Kaewong, (2022). On the Diophantine equation $7^x - 2^y = z^2$ where x, y and z are non-negative integers. Annals of Pure and Applied Mathematics, 25(2), 63-66.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ Product Development of Jasmine Rice Crackers Fortified with Coffee Pulp Powder

นุกูล อินทกุล*, ธัญญา มุลตัน, ปัญญาพร ศิริแสน และ ชิชณพงค์ บรรจง

โปรแกรมวิชานวัตกรรมอาหารและการเกษตร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เชียงราย

Nukul Intakul*, Thanya Moontan, Panyaporn Sirisan and Chitsanupong Banchong

Food Innovation and Agriculture Program,

Faculty of Science and Technology, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai .

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกกาแฟ และศึกษาปริมาณผงเปลือกกาแฟที่เหมาะสมในแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิ ผลการศึกษา พบว่า ผงเปลือกกาแฟ มีความชื้น 8.16 (% by wt.) ค่า aw 0.48 มีปริมาณเส้นใยหยาบ โปรตีน ไขมัน เกลือทั้งหมด และไขมัน เท่ากับ 30.85, 13.67, 10.01 และ 2.75 (% by wt.) ตามลำดับ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 12.54 (mg. GAE/g.) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 74.14 (% DPPH inhibition) การใช้ผงเปลือกกาแฟทดแทนแป้งผสมทั้งหมดในปริมาณ 4, 6 และ 8 (% by wt.) ส่งผลให้ปริมาณความชื้น เส้นใยหยาบ เกลือทั้งหมด โปรตีน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในแครกเกอร์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และค่าคะแนนความชอบสี กลิ่น รสชาติ และเนื้อสัมผัส ลดลงแตกต่างจากแครกเกอร์สูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 6 (% by wt.) มีค่าคะแนนการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 7.15 อยู่ในระดับชอบปานกลาง จึงคัดเลือกเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ โดยมีปริมาณความชื้น เส้นใยหยาบ เกลือทั้งหมด และโปรตีน เท่ากับ 2.82, 16.76, 3.28 และ 7.46 (% by wt.) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด 1.73 (mg. GAE/g.) และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ 63.94 (% DPPH inhibition) ผงเปลือกกาแฟจึงเป็นส่วนประกอบที่ช่วยเพิ่มคุณค่าโภชนาการ และสารพฤกษเคมีที่มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารได้

* Corresponding author : n.intakul@gmail.com

คำสำคัญ : แครกเกอร์ข้าว, ผงเปลือกกาแฟ, การพัฒนาผลิตภัณฑ์, อาหารปราศจากกลูเตน

Abstract

This research aims to analyze the chemical composition of coffee pulp powder and investigate the suitable amount of coffee pulp powder in Jasmine rice crackers. The result shows that coffee pulp powder has a moisture content of 8.6 (% by wt.), aw of 0.48, and fiber, protein, ash content, and fat at 30.85, 13.67, 10.01, and 2.75 (% by wt.) respectively. The total phenolics content is 12.54 (mg. GAE/g.) and the antioxidant activity of 74.14 (% DPPH inhibition). The use of coffee pulp powder as a flour alternative at 4, 6, and 8% resulted in a significant change ($p < 0.05$) in moisture, fiber, ash, protein, and total phenolic content as well as antioxidant activity. The consumer rating on color, smell, taste, and texture reduced significantly statistically ($p < 0.05$). Jasmine rice cracker with 6 (% by wt.) coffee pulp powder has an evaluation score in the medium range at 7.15. Therefore, the Jasmine rice cracker with 6 (% by wt.) coffee pulp powder was selected as the protocol product. The protocol product has moisture, fiber, ash, and protein content of .82, 16.76, 3.28, and 7.46 (% by wt.). The total phenolic content is 1.73 (mg. GAE/g.), and the antioxidant activity is 63.94 (% DPPH inhibition). It is concluded that coffee pulp powder can be used as a nutrient enrichment ingredient in food and phytochemicals that can increase antioxidant activity in food products.

Keywords : Rice cracker, Coffee pulp powder, Product Development, Gluten free

ที่มาและความสำคัญ

การผลิตเมล็ดกาแฟคั่ว โดยนำผลกาแฟ (Coffee Cherry) มาผ่านกระบวนการผลิต ได้ก่อให้เกิดวัสดุเศษเหลือและน้ำเสียจำนวนมาก จึงต้องมีการจัดการอย่างเหมาะสมเพื่อลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [1] จากการศึกษา พบว่า เปลือกผลกาแฟ (Coffee pulp) มีองค์ประกอบที่ดีและมีคุณค่าทางโภชนาการสูง โดยมีโปรตีน เส้นใยอาหาร และแร่ธาตุในปริมาณสูง แต่มีปริมาณไขมันต่ำ มีสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic Compound) ในกลุ่มกรดคลอโรจีนิก และอิกวาเรซิน รวมถึงรงควัตถุในกลุ่มแอนโทไซยานิน ส่งผลให้สารสกัดจากเปลือกกาแฟมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับสูง [1] เปลือกผลกาแฟจึงเป็นวัสดุเศษเหลือที่มีศักยภาพในการนำมาใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อเพิ่มคุณค่าทางอาหารให้กับผลิตภัณฑ์อาหารได้ นอกจากนี้ แนวโน้มความต้องการอาหารปราศจากกลูเตน (Gluten-free) ที่มากขึ้นในปัจจุบัน ส่งผลให้การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากข้าวซึ่งเป็นวัตถุดิบที่ปราศจากกลูเตนตามธรรมชาติได้รับความสนใจเพิ่มมากขึ้น [2] และจากข้อมูลทางการตลาดได้ชี้ให้เห็นว่าผลิตภัณฑ์กลุ่มบิสกิตและแครกเกอร์เป็นที่นิยมและเติบโตอย่างต่อเนื่อง การศึกษาวิจัยนี้ จึงมีเป้าหมายการพัฒนาผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟให้เป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวปราศจากกลูเตน มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี และสร้างมูลค่าเพิ่มวัสดุเศษเหลือจากการผลิตเมล็ดกาแฟคั่ว โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัย เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกกาแฟ และศึกษาปริมาณผงเปลือกกาแฟที่เหมาะสมในแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ

วิธีการดำเนินการวิจัย

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของผงเปลือกกาแฟ

นำเปลือกผลกาแฟ (Coffee Cherry Pulp) พันธุ์อาราบิก้าตากแห้ง จากโครงการพัฒนาโดยดุษฎี (พื้นที่ทรงงาน) อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดเชียงราย มาบดและร่อนผ่านตระแกรงร่อนแป้ง แล้วบรรจุในถุงพอยด์ปิดสนิท นำไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ก่อนนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ

ศึกษาปริมาณผงเปลือกกาแฟที่เหมาะสมในแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิ

เตรียมส่วนผสมแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิ ซึ่งประกอบด้วย แป้งผสม (แป้งข้าวกล้องหอมมะลิ แป้งมันสำปะหลัง และแป้งข้าวโอ๊ต ในสัดส่วน 1.5:1:0.5) น้ำ เนยสด นมผง น้ำตาล กลิ่นวนิลา แชนแทนกัม เกลือ และเบคกิ้งโซดา ในปริมาณ 48.4, 22.2, 16.1, 8.1, 1.6, 1.2, 1.2, 0.8 และ 0.4 (% by wt.) ตามลำดับ แล้วใช้ผงเปลือกกาแฟทดแทนแป้งผสมในปริมาณที่แตกต่างกัน 4 สูตร คือ 0, 4, 6 และ 8 (% by wt.) นำส่วนผสมทั้งหมด มานวดผสมให้เป็นเนื้อเดียวกันในเครื่องผสม (Kitchenaid รุ่น 5KSM150 PSEER) แล้วรีดเป็นแผ่นขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 เซนติเมตร หนา 2 มิลลิเมตร นำไปอบในเตาอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส นาน 30 นาที พักให้เย็น บรรจุในถุงอะลูมิเนียมพอยด์ปิดสนิท นำไปวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

การวิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมี

วิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี (Proximate analysis) ได้แก่ ความชื้น เถ้า โปรตีน ไขมัน และเส้นใยอาหาร ตามวิธีการของ AOAC (2020) และวิเคราะห์ค่าวอเตอร์แอกติวิตี (Water activity, aw) ด้วยเครื่องวัดค่า วอเตอร์แอกติวิตี (Aqua Lab 4TE)

วิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด โดยวิธี Fo-lin Ciocalteu's reagent เตรียมสารสกัด โดยใช้ผงเปลือกกาแฟและสารละลายผสม (เมทานอลและน้ำ 70 : 30 โดยปริมาตร) ในอัตราส่วน 1 : 10 โดยน้ำหนัก สกัดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 4 ชม. นำไปปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 6,000 รอบต่อนาที แยกส่วนที่เป็นของเหลว นำมากรองด้วยกระดาษกรอง นำสารสกัดที่ได้ปริมาตร 300 ไมโครลิตร เติมสารละลาย Fo-lin Ciocalteu's reagent (ร้อยละ 10 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 2.25 มิลลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 5 นาที เติมสารละลายโซเดียมโบคาร์โบเนต (ร้อยละ 6 โดยน้ำหนักต่อปริมาตร) 2.25 มิลลิตร แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 90 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 725 นาโนเมตร และคำนวณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเป็นมิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมตัวอย่าง [3]

วิเคราะห์ความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ โดยวิธี DPPH radical scavenging activity เตรียมสารสกัดด้วยวิธีการเดียวกับการวิเคราะห์หาปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด นำสารสกัดที่ได้ 0.1 มิลลิตร เติมสารละลาย 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical (DPPH) ความเข้มข้น 0.1 มิลลิโมลาร์ ปริมาตร 1.9 มิลลิตร ผสมด้วยเครื่อง vortex mixer 1 นาที ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 30 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 517 นาโนเมตร แล้วคำนวณร้อยละการยับยั้งอนุมูลอิสระ (% inhibition) เท่ากับ $[(A_0 - A_e)/A_0] \times 100$ เมื่อ A_0 คือ ค่าการ

ดูดกลืนแสงของแบลงค์ Ae คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารสกัด [4]

การทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัส

ให้ผู้ทดสอบชิมที่ไม่ผ่านการฝึกฝนจำนวน 30 คน เพื่อประเมินคุณลักษณะทางประสาทสัมผัส ในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวม โดยใช้วิธีการให้คะแนนความชอบ 9 ระดับ (9-point hedonic scale) คะแนนเท่ากับ 9 หมายถึง ชอบมากที่สุด และคะแนนเท่ากับ 1 หมายถึง ไม่ชอบมากที่สุด

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) สำหรับการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ วางแผนการทดลองแบบบล็อกสุ่มสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) สำหรับการทดสอบทางประสาทสัมผัส นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's new multiple range test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมี และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผงเปลือกกาแฟ

ผงเปลือกกาแฟ พันธุ์อะราบิก้า จากโครงการพัฒนาถั่ว (พื้นที่ทรงงาน) อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดเชียงราย มีปริมาณความชื้น เท่ากับ 8.16 ± 0.32 (% by wt.) มีค่าวอเตอร์แอคทีวิตี เท่ากับ 0.48 ± 0.01 มีเส้นใยหยาบ เป็นองค์ประกอบมากที่สุด เท่ากับ 30.85 ± 0.13 (% by wt.) รองลงมา คือ โปรตีน ไขมัน และไขมัน เท่ากับ 13.67 ± 0.13 , 10.01 ± 0.04 และ 2.75 ± 0.92 (% by wt.) ตามลำดับ สอดคล้องกับการศึกษาคุณสมบัติเชิงหน้าที่ของกาแฟและวัสดุเศษเหลือจากการผลิต พบว่า เปลือกกาแฟที่ได้จากกระบวนการผลิต มีปริมาณโปรตีน และไขมัน เท่ากับ 7.5 – 15.0 และ 2.0 – 7.0 (% by wt.) [5] นอกจากนี้ ผงเปลือกกาแฟ มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 12.54 ± 0.04 (mg of gallic/g) และ มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 74.14 ± 2.37 (% DPPH inhibition) สอดคล้องการศึกษาฤทธิ์การต้านออกซิเดชันของผลกาแฟอาราบิก้า พบว่า เปลือกกาแฟ มีปริมาณฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 12.2 (mg of gallic/g) [6] จากผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าผงเปลือกกาแฟ เป็นวัสดุเศษเหลือจากการผลิตเมล็ดกาแฟคั่วที่มีคุณค่าทางโภชนาการที่ดี เป็นแหล่งของเส้นใยหยาบ โปรตีน แร่ธาตุ สารพฤกษเคมี และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูง

ผลการศึกษาปริมาณผงเปลือกกาแฟที่เหมาะสมในแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิ

การศึกษ ปริมาณผงเปลือกกาแฟที่เหมาะสมในแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิ ซึ่งได้ศึกษาตามขั้นตอนและวิธีการที่กำหนด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 1, 2 และ 3 ซึ่งมีรายละเอียด ดังนี้

จากตารางที่ 1 องค์ประกอบทางเคมีของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ พบว่า แครกเกอร์ข้าว

ตารางที่ 1: องค์ประกอบทางเคมีของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟในปริมาณที่แตกต่างกัน

ชนิดสีย้อม	aw	ความชื้น (% by wt.)	โปรตีน (% by wt.)	ไขมันNS (% by wt.)	เถ้า (% by wt.)	เส้นใย (% by wt.)
1	0.27±0.00 ^a	2.14±0.05 ^a	7.05±0.17 ^a	20.93±0.67	2.88±0.02 ^a	15.94±0.28 ^a
2	0.32±0.01 ^b	2.82±0.06 ^b	7.46±0.08 ^b	21.20±0.31	3.28±0.01 ^b	16.76±0.31 ^b
3	0.37±0.00 ^c	3.51±0.14 ^d	7.49±0.17 ^b	21.21±0.32	3.44±0.01 ^c	16.90±0.30 ^b
4	0.34±0.01 ^b	3.34±0.03 ^c	7.35±0.07 ^b	21.34±0.55	3.56±0.04 ^d	17.60±0.10 ^c

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวตั้งที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) NS หมายถึง ตัวเลขในแนวตั้งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \geq 0.05$) สูตรที่ 1 หมายถึง สูตรควบคุมไม่เติมผงเปลือกกาแฟ สูตรที่ 2, 3 และ 4 หมายถึง สูตรที่มีการเติมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 4.0, 6.0 และ 8.0 (% by wt.)

หอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟทั้ง 4 สูตร มีโปรตีน 7.05 – 7.49 (% by wt.) เถ้าทั้งหมด 2.88 – 3.56 (% by wt.) เส้นใยอาหาร 15.94 – 17.60 (% by wt.) การเพิ่มปริมาณผงเปลือกกาแฟ ส่งผลให้ปริมาณโปรตีน เถ้าทั้งหมด และเส้นใยอาหารในแครกเกอร์เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแครกเกอร์สูตรที่ 2, 3 และ 4 มีปริมาณโปรตีน เถ้าทั้งหมด และเส้นใยอาหารสูงกว่าสูตรที่ 1 ซึ่งไม่มีผงเปลือกกาแฟเป็นส่วนประกอบอย่าง มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ทั้งนี้ เนื่องจากผงเปลือกกาแฟ มีโปรตีน เถ้าทั้งหมด และเส้นใยอาหารสูงมากกว่าแป้งข้าวงlutong ซึ่งมีปริมาณโปรตีน เถ้าทั้งหมด และเส้นใยอาหาร เท่ากับ 8.25, 1.19 และ 5.20 (% by wt.) [7] แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิทั้ง 4 สูตร มีปริมาณไขมัน 20.93 – 21.34 (% by wt.) และไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$) ในด้านปริมาณความชื้น และค่า aw พบว่า แครกเกอร์ทั้ง 4 สูตรมีปริมาณความชื้น 2.14 – 3.51 (% by wt.) และค่า aw 0.27 – 0.37 ซึ่งไม่เกินข้อกำหนดมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน ขนมปังกรอบ (มผช. เลขที่ 523/2555) [8]

จากตารางที่ 2 ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ พบว่า การใช้ผงเปลือกกาแฟทดแทนแป้งผสม มีผลทำให้ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิมีค่าเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 4.0, 6.0 และ 8.0 (% by wt.) มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเท่ากับ 1.60, 1.73 และ 1.88 (mg of gallic acid/g) สูงกว่าแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) และส่งผลให้แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิสูตรที่ 2, 3 และ 4 มีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเท่ากับ 47.81, 50.65 และ 63.94 (% DPPH inhibition) ตามลำดับ โดยมีค่าเพิ่มขึ้นประมาณ 2.4 – 3.2 เท่าของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิสูตรควบคุม ทั้งนี้ เนื่องจากผงเปลือกกาแฟมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 12.54 ± 0.04 (mg of gallic/g) สูงกว่าข้าวงlutongหอมมะลิที่พบสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 0.19 (mg GAE/g DW) [9] นอกจากนี้ สารประกอบ ฟีนอลิกที่พบในเปลือกกาแฟ อยู่ในกลุ่มกรดคลอโรจีนิก อีพิกาเธิซิน และรงควัตถุในกลุ่มแอนโทไซยานิน ซึ่งมีฤทธิ์ในการต้านอนุมูลอิสระในระดับสูง [1] ดังนั้น การเสริมผงเปลือกกาแฟ จึงช่วยให้แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิมีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระเพิ่มสูงขึ้นได้ สอดคล้องกับผลการศึกษาการใช้ผงเปลือกกาแฟเป็นส่วนประกอบเชิงหน้าที่เพื่อเพิ่มเส้นใยอาหารใน

ตารางที่ 2: ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ

สูตร	สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (mg of gallic acid/g)	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (% DPPH inhibition)
1	1.15±0.02 ^c	20.10±0.72 ^c
2	1.60±0.07 ^b	47.81±0.87 ^b
3	1.73±0.28 ^b	50.65±0.87 ^b
4	1.88±0.03 ^a	63.94±1.85 ^a

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สูตรที่ 1 หมายถึง สูตรควบคุมไม่เติมผงเปลือกกาแฟ สูตรที่ 2, 3 และ 4 หมายถึง สูตรที่มีการเติมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 4.0, 6.0 และ 8.0 (% by wt.)

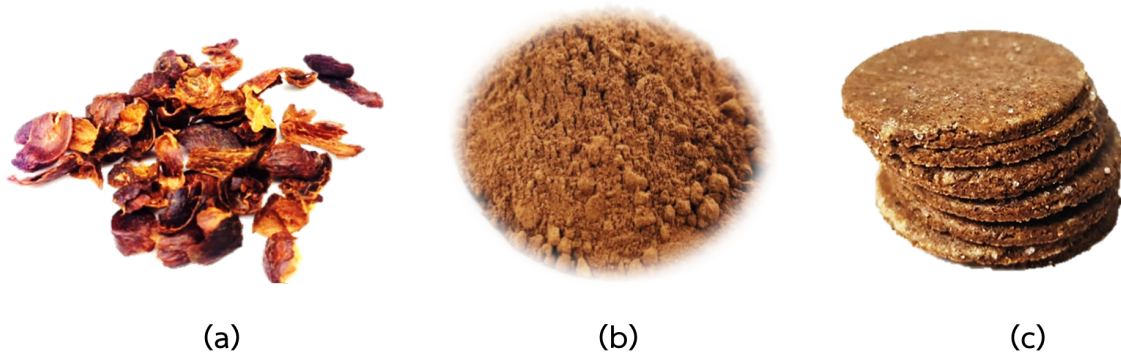
ตารางที่ 3: ค่าเฉลี่ยระดับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวมของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟในปริมาณที่แตกต่างกัน

สูตร	สี	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	การยอมรับโดยรวม
1	7.85±1.30 ^a	6.85±1.30 ^a	6.93±1.81 ^a	7.55±1.50 ^a	8.30±0.98 ^a
2	6.75±1.61 ^a	6.45±1.53 ^{ab}	5.70±2.03 ^b	5.55±1.43 ^{bc}	6.75±1.25 ^b
3	5.30±1.92 ^b	5.95±1.70 ^b	5.63±1.75 ^b	6.00±1.58 ^b	7.15±1.13 ^b
4	5.35±2.34 ^b	5.50±1.90 ^b	4.83±2.40 ^b	4.70±1.89 ^c	5.00±1.55 ^c

หมายเหตุ : ตัวเลขในแนวดิ่งที่มีตัวอักษรกำกับแตกต่างกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) สูตรที่ 1 หมายถึง สูตรควบคุมไม่เติมผงเปลือกกาแฟ สูตรที่ 2, 3 และ 4 หมายถึง สูตรที่มีการเติมผงเปลือกกาแฟ 4.0 6.0 และ 8.0 (% by wt.)

คุกกี้ พบว่า การเติมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 6 (% by wt.) มีผลทำให้คุกกี้ที่ได้มีปริมาณเถ้าทั้งหมด เส้นใยอาหาร และสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) โดยคุกกี้ที่เติมผงเปลือกกาแฟมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดมากกว่าสูตรควบคุม 6 เท่า [10] ผงเปลือกกาแฟจึงสามารถใช้เป็นส่วนประกอบที่ช่วยเพิ่มปริมาณสารอาหาร สารพฤกษเคมีและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์อาหารได้

จากตารางที่ 3 ระดับคะแนนความชอบในด้านสี กลิ่น รส เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมของแครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟในปริมาณที่ต่างกัน พบว่า การเพิ่มปริมาณผงเปลือกกาแฟ ส่งผลให้คะแนนความชอบในทุกด้านลดลง และแตกต่างจากแครกเกอร์ข้าวสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) เนื่องจากผงเปลือกกาแฟ มีสีเข้ม มีกลิ่นเฉพาะ และรสขม จึงมีผลทำให้แครกเกอร์มีสีเข้มขึ้น มีรสขม และเนื้อสัมผัสแข็งมากขึ้น เนื่องจากผงเปลือกกาแฟมีปริมาณเส้นใยอาหารค่อนข้างสูงถึง 30.85 ± 0.13 (% by wt.) จึงส่งผลให้เนื้อแครกเกอร์มีความแน่นและแข็งขึ้นได้ โดยแครกเกอร์สูตรที่ 4 ซึ่งเติมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 8 (% by wt.) มีค่าคะแนนความ



ภาพที่ 1: (a) เปลือกผลกาแฟ (b) ผงเปลือกกาแฟ (c) แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ

ชอบในด้านสี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสและการยอมรับโดยรวม มีค่าระหว่าง 4.70 – 5.50 ซึ่งอยู่ระดับไม่ชอบเล็กน้อยถึงเฉยๆ

เมื่อพิจารณาแครกเกอร์ที่เติมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 4.0 และ 6.0 (% by wt.) พบว่า มีคะแนนความชอบในด้านกลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และการยอมรับโดยรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p>0.05$) และมีคะแนนการยอมรับโดยรวม เท่ากับ 6.75 ± 1.25 และ 7.15 ± 1.13 ซึ่งอยู่ในระดับชอบปานกลาง และมีค่าสูงกว่าแครกเกอร์ที่เติมผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 8 (% by wt.) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p<0.05$) โดยแครกเกอร์สูตรที่ 3 ที่ใช้ผงเปลือกกาแฟในปริมาณ 6 (% by wt.) มีค่าคะแนนการยอมรับโดยรวมรองจากแครกเกอร์สูตรควบคุม มีความเหมาะสม และได้คัดเลือกเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ แครกเกอร์ดังกล่าว มีองค์ประกอบทางเคมีประกอบด้วย โปรตีน ไขมัน เถ้าทั้งหมด และเส้นใยอาหาร เท่ากับ 7.49 ± 0.17 , 21.21 ± 0.32 , 3.44 ± 0.01 และ 16.90 ± 0.30 (% by wt.) ตามลำดับ มีสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด เท่ากับ 1.73 ± 0.28 (mg of gallic acid/g)

สรุปผลการวิจัย

ผงเปลือกกาแฟ มีองค์ประกอบทางเคมีที่ให้คุณค่าทางโภชนาการ เป็นแหล่งของเส้นใยอาหาร โปรตีน แร่ธาตุ และสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถนำไปใช้เป็นส่วนประกอบเพื่อเสริมคุณค่าโภชนาการในผลิตภัณฑ์อาหารได้ การใช้ผงเปลือกกาแฟในปริมาณร้อยละ 6 ของน้ำหนักทั้งหมด มีความเหมาะสมต่อผลิตภัณฑ์แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟ โดยช่วยเพิ่มปริมาณเส้นใยอาหาร โปรตีน แร่ธาตุ สารต้านอนุมูลอิสระ และมีระดับคะแนนการยอมรับโดยรวมของผลิตภัณฑ์อยู่ในระดับชอบปานกลาง แครกเกอร์ข้าวหอมมะลิเสริมผงเปลือกกาแฟที่ได้ จัดเป็นผลิตภัณฑ์ขนมขบเคี้ยวที่ปราศจากกลูเตน มีคุณค่าทางโภชนาการ และสารต้านอนุมูลอิสระซึ่งดีต่อสุขภาพ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณโครงการพัฒนาดอยตุง (พื้นที่ทรงงาน) อันเนื่องมาจากพระราชดำริ มูลนิธิแม่ฟ้าหลวง ในพระบรมราชูปถัมภ์ จังหวัดเชียงราย ที่ให้ความอนุเคราะห์ตัวอย่างเปลือกผลกาแฟตากแห้งเพื่อใช้ในการศึกษาวิจัยนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] Blinová, L., Sirotiak, M., Bartošová, A. & Soldán, M. (2017). Review: Utilization of Waste From Coffee Production. Research Papers Faculty of Materials Science and Technology Slovak University of Technology, 25(40), 91-101. <https://doi.org/10.1515/rput-2017-0011>.
- [2] วิภา สุโรจนะเมธากุล. (2556). โรคแพ้กลูเตนและความสำคัญของอาหารปราศจากกลูเตน. อาหาร, 43 (3), 16-21.
- [3] Irakli, M., Katsantonis, D. & Kleisariis, F. (2015). Evaluation of quality attributes, nutraceutical components and antioxidant potential of wheat bread substituted with rice bran. J. of Cereal Science, (65), 74-84.
- [4] Wanyo, P., Meeso, N. & Siriamornpun, S. (2014). Effect of different treatment on the antioxidant properties and phenolic compounds of rice bran and rice husk. Food Chemistry, (157), 457-463.
- [5] Esquivel, P. and Jimenez, M. V. (2012). Functional properties of coffee and coffee by product. Food Research International, 46, 488-495.
- [6] ชุติมณฑน์ พลอยประดับ, พุทธพร เจียมสุขภักดิ์ และ นิรมล ปัญญ์บุศยกุล. (2553).ฤทธิ์การต้านออกซิเดชั่น ของ ส่วนต่างๆ ของผลกาแฟอาราบิก้า และกากกาแฟ. ว.วิทย์. กษ., 41(3/1) (พิเศษ), 577-580.
- [7] สถาบันโภชนาการมหิดล. (2563, 25 พฤศจิกายน). องค์ประกอบทางโภชนาการแป้งข้าวกล้อง. <https://inmu2-mahidol.ac.th/thaifcd/home.php>.
- [8] สำนักงาน มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ อุตสาหกรรม. (2555). มาตรฐาน ผลิตภัณฑ์ ชุมชน เรื่อง ขนมปังกรอบ มผช. 523/2555
- [9] สายใจ ปอสูงเนิน และ อีระ ธรรมวงศา. (2561). องค์ประกอบทางเคมีบางประการ และคุณสมบัติด้านอนุมูลอิสระของข้าวพื้นเมืองในจังหวัดนครราชสีมา. ว.วิทยาศาสตร์บูรพา, 23(2), 971-984.
- [10] Moreno, J., Cozzano, S., Perez, A. M., Arcial, P. and Curutchet, A. (2019). Coffee Pulp Waste as a Functional Ingredient: Effect on Salty Cookies Quality. J. of Food and Nutrition Research, 7(9), 632-638.

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีนและอาการไม่พึงประสงค์จากการฉีด วัคซีน โรคระบาดไวรัส Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ Factors of Vaccination Decision and Adverse Reactions after Covid-19 Vaccination of People in Phetchabun

สุชนัน ไกรสิงห์, ชิตชนก คำนาง,

วิโรจน์ โพธิ์ระย้า, พัชรพันธุ์ ขจรเพชร และ หยาดพิรุณ ศุภรากรสกุล*

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์

Suchanun krising, Chitchanok Khamnang,

Wirot Phoraya, Patcharapund Khajornphet and Yadpirun Supharakonsakun*

Faculty of Science and Technology, Phetchabun Rajabhat University

บทคัดย่อ

การศึกษานี้เป็นการวิจัยเชิงสำรวจ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตัดสินใจและปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจในการเข้ารับการฉีดวัคซีนโคโรนาไวรัส (Covid-19) ความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกชนิดของวัคซีนกับช่วงอายุ และอาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ ดำเนินการเก็บข้อมูลจากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่ายจากประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์โดยแบบสอบถามออนไลน์ให้กลุ่มตัวอย่าง (Google form) จำนวน 353 คน จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย

ผลการศึกษา พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ในช่วงอายุ 20 - 27 ปี ร้อยละ 55.5 มีการศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 38.8 และเหตุผลของกลุ่มตัวอย่างที่มีความประสงค์เข้ารับการฉีดวัคซีน Covid-19 คือเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อ ร้อยละ 87.0 ส่วนกลุ่มคนที่ไม่มีความประสงค์รับวัคซีน Covid-19 เหตุผลส่วนใหญ่คืออยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำ ร้อยละ 42.9 สำหรับกลุ่มตัวอย่างที่ได้รับวัคซีนแล้วอาการไม่พึงประสงค์ส่วนใหญ่ที่เกิดขึ้นคือ อาการปวดบริเวณที่ฉีดวัคซีน Covid-19 คิดเป็นร้อยละ 18.0

* Corresponding author : yadpirun.suph@pcru.ac.th

ผลการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกรับวัคซีนทั้ง 4 กลุ่ม พบว่า มีเพียงวัคซีนกลุ่มที่ 2 (วัคซีนที่ใช้ไวรัสเป็นพาหะ) เท่านั้นที่การตัดสินใจเข้ารับขึ้นอยู่กับช่วงอายุอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ส่วนการเลือกเข้ารับวัคซีนกลุ่มที่ 1, 3 และ 4 ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

คำสำคัญ : โควิด-19 ,อาการไม่พึงประสงค์, การฉีดวัคซีน, การตัดสินใจ

Abstract

This study is a survey research with some purpose to study the decision and factors of the decision to receive coronavirus (Covid-19) vaccination, the relationship between the decision of vaccine types and age, and adverse reactions after coronavirus (Covid-19) vaccination of people in Phetchabun. The data were collected from sending online questionnaires to 353 people in Phetchabun by the simple random sampling and were validated for content validity.

The results reveal that the most of the sample are female and 20 - 27 years old. They are graduate in a bachelor's degree. The main reason of people in Phetchabun for desiring coronavirus (Covid-19) vaccine is reduce the spread of the virus. While, some people who do not wish to receive the coronavirus (Covid-19) vaccine, the main reason is they are in low-risk areas. The most of receiving Covid-19 vaccine people is pain at the site of the coronavirus (Covid-19) vaccination.

The hypothesis testing study show that the only people who were making the decision to receive the viral vector vaccine group is depend on age of the people at a statistically significant level at 0.05. Whilst whole virus, protein subunit and nucleic acid groups are independent on the age of the people.

Keywords : Covid-19, adverse reactions, vaccination decision

ที่มาและความสำคัญ

ในช่วงปลายปี พ.ศ 2562 ประเด็นที่คนทั่วโลกให้ความสนใจคือ การแพร่ระบาดของไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ 2019 (Covid-19) ที่องค์การอนามัยโลก (WHO) ยกย่องให้เป็นภาวะการระบาดใหญ่ทั่วโลก (Pandemic) โดยการระบาดครั้งแรกเกิดขึ้นเมื่อเดือนธันวาคม พ.ศ 2562 ที่ตลาดค้าสัตว์ป่าเมืองอู่ฮั่นหรือตลาดขายอาหารทะเลสด เมืองอู่ฮั่น มณฑลหูเป่ย์ ประเทศจีน จากนั้นการแพร่ระบาดกระจายไปในหลายพื้นที่ทั่วโลก การติดเชื้อ Covid-19 ทำให้ผู้ป่วยมีอาการปอดอักเสบรุนแรงจนถึงแก่ชีวิตได้ โดยที่เชื้อไวรัสตัวนี้สามารถแพร่กระจายจากคนสู่คนผ่านการ ไอ จาม หรือสัมผัสกับสารคัดหลั่งของผู้ป่วย ซึ่งจากวิกฤตการณ์นี้ส่งผลกระทบไปทั่วโลก ทั้งต่อระบบเศรษฐกิจโลก และพฤติกรรม การใช้ชีวิตของมนุษย์ โดยทำให้ผู้คนเกิดความวิตกกังวล มีการไม่อนุญาตให้นักท่องเที่ยวเดินทางเข้าประเทศเพื่อป้องกันการแพร่กระจายของโรค รวมถึงผู้คนต่างสนใจและคอยติดตามข่าวสารเพื่ออัปเดตการแพร่ระบาดของไวรัส จากข้อมูลศูนย์บริหารสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (Covid-19) หรือ (ศบค.) พบว่า

สถานการณ์โรคติดเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ 2019 (Covid-19) ข้อมูลปัจจุบัน ณ วันที่ 16 พฤศจิกายน พ.ศ. 2564 พบว่า ทั่วโลกพบผู้ติดเชื้อจำนวนมากกว่า 136 ล้านคน เสียชีวิตจำนวนมากกว่า 2.9 ล้านคน [1] ขณะที่ประเทศไทยมีผู้ติดเชื้อสะสมรวม 2,001,837 ราย และมีผู้เสียชีวิตสะสมรวม 20,049 ราย คิดเป็น 1.00% โดยจังหวัดเพชรบูรณ์มีผู้ติดเชื้อสะสมจำนวน 10,399 ราย และมีผู้เสียชีวิตสะสมรวม 112 ราย คิดเป็น 1.07% และอยู่ลำดับที่ 44 ของประเทศไทย ซึ่งอัตราการเสียชีวิตสะสมของผู้ป่วยในจังหวัดเพชรบูรณ์สูงกว่าอัตราการเสียชีวิตสะสมของประเทศไทย

ท่ามกลางสถานการณ์การระบาดของเชื้อไวรัสโคโรนาสายพันธุ์ใหม่ (Covid-19) ที่ส่งผลให้มีผู้ล้มป่วยและเสียชีวิตจำนวนมากทั่วโลก จนองค์การอนามัยโลกได้ประกาศให้การระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 เป็นภาวะฉุกเฉินด้านสาธารณสุขระหว่างประเทศ [2] สิ่งที่เป็นตัวแปรสำคัญและความหวังในการควบคุมการระบาด ก็คือ วัคซีน ซึ่งเป็นสิ่งที่จะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันแก่ผู้คน ทั้งยังสามารถลดความรุนแรงของอาการป่วยและลดอัตราการเสียชีวิตได้ [3] ปัจจุบันมีบริษัทหรือวัคซีนที่ได้รับการอนุมัติและใช้กันแล้วในหลายประเทศ ชนิดที่ 1 วัคซีนเชื้อเป็น (mRNA Vaccine) ได้แก่ BioNTech/Pfizer และ Moderna ชนิดที่ 2 วัคซีนที่ใช้ไวรัสเป็นพาหะ (Recombinant viral vector vaccine) ได้แก่ Oxford-AstraZeneca, Johnson & Johnson และ Sputnik V ชนิดที่ 3 วัคซีนที่ทำจากโปรตีนส่วนหนึ่งของเชื้อ (Protein subunit vaccine) ได้แก่ Novavax ชนิดที่ 4 วัคซีนชนิดเชื้อตาย (Inactivated vaccine) ได้แก่ Sinovac, Sinoparm เป็นต้น โดยมีทั้งชนิดที่ได้รับอนุมัติทะเบียนอย่างสมบูรณ์และชนิดที่ได้รับอนุมัติให้ใช้กรณีฉุกเฉิน

กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (อว.) ได้สรุปรายงานการติดตามและประมวลผลการฉีดวัคซีน Covid-19 เมื่อวันที่ 11 มิถุนายน 2564 ว่า ทั่วโลกได้ฉีดวัคซีนแล้วประมาณ 2,264 ล้านโดส ใน 199 ประเทศ ส่วนภูมิภาคอาเซียนได้ฉีดวัคซีนไปแล้วกว่า 62 ล้านโดส และในประเทศไทยมีสถิติของการฉีดวัคซีน Covid-19 กว่า 5 ล้านโดส โดยฉีดเข็มแรก 4,143,444 โดส คิดเป็นร้อยละ 6.3 ของประชากร และฉีดเข็มที่สอง 1,523,614 โดส คิดเป็นร้อยละ 2.3 ของประชากรไทย [4] ซึ่งการฉีดวัคซีนนั้นไม่สามารถป้องกันการติดเชื้อได้อย่างสมบูรณ์ร้อยเปอร์เซ็นต์ ผู้ที่ได้รับวัคซีนแล้วอาจจะยังสามารถติดเชื้อ Covid-19 ได้ เพียงแต่การฉีดวัคซีนนั้นจะช่วยบรรเทาความรุนแรงของอาการป่วยและลดอัตราการเสียชีวิตได้ และในขณะเดียวกันการฉีดวัคซีนอาจเกิดผลกระทบบ้างหรือมีอาการป่วยเนื่องจากเป็นผลข้างเคียงจากวัคซีน เช่น มีอาการปวด บวม แดง คันหรือข้ออักเสบที่ฉีดยา รู้สึกอ่อนเพลีย ไม่สบายตัว ครั่นเนื้อครั่นตัว ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ คลื่นไส้ ปวดศีรษะ มีไข้ ความดันต่ำ หัวใจเต้นเร็ว ภาวะลมเลือดอุดตัน อาการคล้ายอัมพฤกษ์ หรือบางรายมีอาการรุนแรงถึงขั้นเสียชีวิต โดยยังไม่มีข้อมูลด้านผลข้างเคียงที่มากพอ มีเพียงคำแนะนำเบื้องต้น จากการศึกษาในต่างประเทศพบว่า ประชาชนส่วนใหญ่ยินดีเข้ารับการฉีดวัคซีน แต่ก็ยังมีประชาชนบางส่วนที่ไม่ต้องการฉีดวัคซีน เนื่องจากกังวลเรื่องความปลอดภัยและผลข้างเคียงของวัคซีน จึงทำให้มีประชาชนหลายคนมีความวิตกกังวลในการตัดสินใจที่จะเข้ารับวัคซีน [5] ดังนั้นเพื่อให้ทราบถึงการปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับวัคซีน Covid-19 และอาการไม่พึงประสงค์หลังการรับวัคซีนของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ จึงทำให้คณะผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาการตัดสินใจในการฉีดวัคซีน Covid-19 และอาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาการตัดสินใจในการเข้ารับการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

2. เพื่อศึกษาอาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

3. เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจการเข้ารับวัคซีน Covid-19 และความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกชนิดของวัคซีน Covid-19 กับช่วงอายุของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

สมมติฐานการวิจัย

ลักษณะส่วนบุคคล ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ มีผลต่อการตัดสินใจในการเข้ารับการฉีดวัคซีน Covid-19 ของคนในจังหวัดเพชรบูรณ์

วิธีการดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีนและผลกระทบของการฉีดวัคซีนโรคระบาดไวรัส Covid-19 ครั้งนี้ คณะผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร คือ ประชาชนทั้งหมดในจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 995,331 คน

กลุ่มตัวอย่าง คือ ประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ จำนวน 353 คน ได้จากการสุ่มตัวอย่างอย่างง่าย (Simple random sampling)

2. ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรอิสระ ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ

ตัวแปรตาม ได้แก่ การตัดสินใจในการเข้ารับการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ อาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นแบบสอบถาม โดยสอบถามข้อมูลเกี่ยวกับความต้องการที่จะฉีดวัคซีนโรคระบาดไวรัส Covid-19 แบ่งออกเป็น 2 ตอนดังนี้

ตอนที่ 1 ข้อมูลเกี่ยวกับสถานภาพและข้อมูลพื้นฐานของผู้ตอบแบบสอบถาม ได้แก่ เพศ อายุ ระดับการศึกษา อาชีพ

ตอนที่ 2 แบบสอบถามเกี่ยวกับปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีนและผลกระทบของการฉีดวัคซีนโรคระบาดไวรัส Covid-19

4. การตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

4.1 คณะผู้วิจัยนำเครื่องมือที่สร้างขึ้นมาตรวจสอบโดยผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญทางด้านสถิติ จากนั้นผู้วิจัยได้นำแบบสอบถามไปพิจารณาค่าความเที่ยงตรงของเนื้อหา (Content Validity) และค่า IOC เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขแบบสอบถามทางด้านเนื้อหาและภาษาตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน ซึ่งแบบสอบถามที่คณะผู้วิจัยได้สร้างขึ้นมามีค่า IOC มากกว่า 0.5 ขึ้นไปทุกข้อ

4.2 นำเครื่องมือแบบสอบถามที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิแล้วไปทดลองใช้ (Try Out) กับกลุ่มตัวอย่าง ที่ไม่ใช่เป้าหมายประชากรของงานวิจัยจำนวน 50 ตัวอย่าง จากนั้นหาค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามโดยพิจารณา จากค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient) โดยแบบสอบถามฉบับนี้ได้มีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.971

5. การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยนี้ใช้สถิติ ดังนี้

5.1 สถิติเชิงพรรณนา ได้แก่ ความถี่ ร้อยละ และค่าเฉลี่ย

5.2 สถิติเชิงอนุมาน ได้แก่ สถิติไคสแควร์ (Chi-Square Test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ตอนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

ในการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจรับวัคซีนและผลกระทบของการฉีดวัคซีนโรคระบาดไวรัส Covid-19 มีผลการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ ดังนี้

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 55.5 เพศชาย ร้อยละ 44.5 มีอายุ 20 – 27 ปี ร้อยละ 35.4 รองลงมาได้แก่ อายุ 12 – 19 ปี และอายุ 28 – 35 ปี ร้อยละ 33.1 และ 11.0 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่เป็นนักเรียน/นักศึกษา ร้อยละ 59.2 รองลงมาได้แก่ รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ และค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว ร้อยละ 17.3 และ 9.6 ตามลำดับ ส่วนใหญ่มีศึกษาระดับปริญญาตรี ร้อยละ 38.8 รองลงมาได้แก่ มัธยมศึกษาตอนปลาย และมัธยมศึกษาตอนต้น ร้อยละ 22.1 และ 13.0 ตามลำดับ

จากตารางที่ 2 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ไม่มีโรคประจำตัว ร้อยละ 85.8 ที่เหลือมีโรคประจำตัว ร้อยละ 14.2 โดยโรคประจำตัวที่พบมากที่สุดคือ โรคหอบหืด ร้อยละ 19.6 รองลงมาเป็นโรคเบาหวานและโรคความดันโลหิต ร้อยละ 17.9 และโรคอ้วน ร้อยละ 12.5

ตอนที่ 2 ข้อมูลการตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีนของผู้ตอบแบบสอบถาม

จากตารางที่ 3 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ได้รับวัคซีนแล้ว ร้อยละ 97.7 ที่เหลืออีกร้อยละ 2.3 ยังไม่ได้รับวัคซีน โดยผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่มีความประสงค์ต้องการเข้ารับบริการฉีดวัคซีน ร้อยละ 87.0 ซึ่งเหตุผลที่ต้องการเข้ารับบริการฉีดวัคซีนมากที่สุดคือ ลดการแพร่กระจายของเชื้อ ร้อยละ 23.6 รองลงมาได้แก่ ลดความรุนแรง

ตารางที่ 1: จำนวนและร้อยละข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำถาม	จำนวน	ร้อยละ
เพศ		
ชาย	157	44.5
หญิง	196	55.5
ช่วงอายุ		
ต่ำกว่า 12 ปี	1	0.3
12 – 19 ปี	117	33.1
20 – 27 ปี	125	35.4
28 – 35 ปี	39	11.0
36 – 43 ปี	25	6.5
44 – 51 ปี	19	5.4
52 – 59 ปี	20	5.7
60 ปีขึ้นไป	9	2.5
อาชีพ		
นักเรียน/นักศึกษา	209	59.2
เกษตรกร	10	2.8
ค้าขาย/ธุรกิจส่วนตัว	34	9.6
รับราชการ/รัฐวิสาหกิจ	61	17.3
รับจ้างทั่วไป	23	6.5
ว่างงาน	12	3.4
อื่น ๆ (ข้าราชการบำนาญ/ครูเอกชน/ลูกจ้างของรัฐ/นักเรียนจำหน่ายเหวี่ยง)	4	1.1
ระดับการศึกษา		
ประถมศึกษา	10	2.8
มัธยมศึกษาตอนต้น	46	13.0
มัธยมศึกษาตอนปลาย	78	22.1
อนุปริญญา/ปวส.	27	7.6
ปริญญาตรี	137	38.8
ปริญญาโท	40	11.3
ปริญญาเอก	6	1.7
อื่น ๆ (นักเรียนจำหน่ายเหวี่ยง/ปวช./ไม่ระบุการศึกษา)	9	2.5

ตารางที่ 2: จำนวนและร้อยละข้อมูลประวัติโรคประจำตัวของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำถาม	จำนวน	ร้อยละ
ประวัติโรคประจำตัว		
ไม่มีโรคประจำตัว	303	85.8
มีโรคประจำตัว	50	14.2
โรคประจำตัว		
โรคเบาหวาน	10	17.9
โรคหัวใจ	3	5.4
โรคความดันโลหิต	10	17.9
โรคมะเร็ง	1	1.8
โรคทางเดินหายใจเรื้อรัง	1	1.8
โรคหอบหืด	11	19.6
โรคไขข้ออักเสบ	1	1.8
โรคแพ้ภูมิตัวเอง	4	7.1
โรคอ้วน	7	12.5
โรคระบบประสาทภูมิคุ้มกัน	1	1.8
โรคเอดส์	1	1.8
อื่น ๆ (โรคไทรอยด์/โรคไขมันในหลอดเลือด โครโมเกรน/โรคภูมิแพ้)	6	10.7

จากตารางที่ 5 พบว่า กลุ่มตัวอย่างที่เข้ารับวัคซีนแล้วไม่มีอาการไม่พึงประสงค์ ร้อยละ 12.4 ส่วนการเกิดอาการไม่พึงประสงค์ที่พบมากที่สุด คือ มีอาการปวดบริเวณที่ฉีดวัคซีน ร้อยละ 18.0 รองลงมา คือ มีอาการอ่อนเพลีย และ มีไข้สูง ร้อยละ 13.6 และ ร้อยละ 13.4 ตามลำดับ ส่วนอาการปวดหัว ร้อยละ 12.5 ของโรคและโอกาสการเสียชีวิต และ อยู่ในพื้นที่เสี่ยงติดเชื้อ ร้อยละ 21.6 และ 18.0 ตามลำดับ ส่วนผู้ที่ไม่มีความประสงค์ในการเข้ารับการฉีดวัคซีน ร้อยละ 13.0 โดยเหตุผลที่ไม่ต้องการเข้ารับการฉีดวัคซีน คือ อยู่ในพื้นที่มีความเสี่ยงต่ำ ร้อยละ 42.9 รองลงมาได้แก่ ได้รับข่าวลืออาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน และมีโรคประจำตัวที่ไม่สามารถควบคุมอาการของโรคได้ ร้อยละ 38.9 และ 6.1 ตามลำดับ

จากตารางที่ 4 พบว่า กลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่ต้องการรับวัคซีน Pfizer BioNTech (Pfizer) ร้อยละ 33.6 รองลงมาได้แก่ วัคซีน AstraZeneca และ วัคซีน Moderna ร้อยละ 19.0 และ 14.7 ตามลำดับ โดยส่วนใหญ่มีเหตุผลในการเลือกรับวัคซีนดังกล่าว เนื่องจากเชื่อมั่นในประสิทธิภาพของวัคซีนมากที่สุด ร้อยละ 36.1 รองลงมาได้แก่ วัคซีนนี้ชนิดปลอดภัย และ ได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก ร้อยละ 27.8 และ 24.7 ตามลำดับ

ตารางที่ 3: จำนวนและร้อยละการตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีนของผู้ตอบแบบสอบถาม

คำถาม	จำนวน	ร้อยละ
การตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีน		
เข้ารับการฉีดวัคซีนแล้ว	345	97.7
ยังไม่ได้ฉีดวัคซีน	8	2.3
มีความประสงค์จะเข้ารับการฉีดวัคซีน		
ใช่	307	87.0
ไม่ใช่	46	13.0
เหตุผลที่ต้องการรับวัคซีน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
อยู่ในพื้นที่เสี่ยงติดเชื้อ	141	18.0
ได้รับคำแนะนำจากผู้ปกครอง	123	15.7
ทำตามข้อบังคับของสถานที่ทำงาน	93	11.9
ลดการแพร่กระจายของเชื้อ	185	23.6
อยู่ในกลุ่มเสี่ยงต่อการเสียชีวิต (เช่น เด็ก ผู้สูงอายุ ผู้มีโรคอ้วน ผู้มีโรคประจำตัว เป็นต้น)	72	9.2
ลดความรุนแรงของโรคและโอกาสการเสียชีวิต	169	21.6
เหตุผลที่ไม่ต้องการรับวัคซีน น (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
อยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำ	21	42.9
มีประวัติการแพ้วัคซีน ยา หรือ ส่วนประกอบของวัคซีน	2	4.1
ได้รับข่าวลืออาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน	19	38.8
มีโรคประจำตัวที่ไม่สามารถควบคุมอาการของโรคได้	3	6.1
มีภาวะภูมิคุ้มกันบกพร่อง	2	4.1
อยู่ระหว่างการตั้งครรภ์	2	4.1

ตารางที่ 4: จำนวนและร้อยละของการเลือกชนิดของวัคซีนที่ผู้ตอบแบบสอบถามต้องการ

คำถาม	จำนวน	ร้อยละ
วัคซีนที่ต้องการรับ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
AstraZeneca	128	19.0
Sinovac	64	8.5
Moderna	99	14.7
Pfizer-BioNTech (Pfizer)	227	33.6
Gamaleya (Sputnik V)	4	0.6
Johnson & Johnson	76	11.3
Novavax	4	0.6
Sinopharm	71	10.5
CanSino Biologics	2	0.3
เหตุผลที่ต้องการรับวัคซีนชนิดนี้ (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
วัคซีนนี้ชนิดปลอดภัย	187	27.8
เชื่อมั่นในประสิทธิภาพของวัคซีน	243	36.1
เป็นวัคซีนเชื้อตาย	74	11.0
ได้รับการรับรองจากองค์การอนามัยโลก	166	24.7
อื่น ๆ (สร้างภูมิคุ้มกันได้ดี)	3	0.4

ตอนที่ 3 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจการเข้ารับวัคซีนกับประวัติการมีโรคประจำตัว

จากตารางที่ 6 พบว่า ค่าสถิติ Pearson Chi-Square มีค่าเท่ากับ 0.019 และมีค่า p – value เท่ากับ 0.891 ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่กำหนด จึงสามารถสรุปได้ว่า การตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีนไม่ขึ้นอยู่กับประวัติการมีโรคประจำตัว ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ตอนที่ 4 การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกชนิดของวัคซีน Covid-19 กับช่วงอายุ

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกชนิดของวัคซีน Covid-19 กับช่วงอายุของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ คณะผู้วิจัยได้กำหนดกลุ่มของชนิดของวัคซีนออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

กลุ่มที่ 1 วัคซีนเชื้อตาย (Whole virus) ได้แก่ Sinovac และ Sinopharm

กลุ่มที่ 2 วัคซีนที่ใช้ไวรัสเป็นพาหะ (Viral vector) ได้แก่ AstraZeneca, Johnson & Johnson และ Gamaleya (Sputnik V)

ตารางที่ 5: จำนวนและร้อยละของอาการที่ไม่พึงประสงค์หลังจากได้รับการฉีดวัคซีน

คำถาม	จำนวน	ร้อยละ
อาการไม่พึงประสงค์หลังได้รับการฉีดวัคซีน (ตอบได้มากกว่า 1 ข้อ)		
ไม่มีอาการ	117	12.4
มีไข้ขึ้นสูง	126	13.4
มีอาการปวดหัว	118	12.5
มีอาการเวียนหัว	79	8.4
มีอาการอาเจียน	34	3.6
มีอาการอ่อนเพลีย	128	13.6
มีอาการปวดบริเวณที่ฉีดวัคซีน	169	18.0
มีอาการมีใจสั่น	3	0.3
มีอาการท้องเสีย	1	0.1
มีอาการแน่นหน้าอก หายใจไม่ออก	3	0.3
มีจุดเลือดออกตามร่างกาย	1	0.1
มีผื่นขึ้นทั้งตัว ตุ่มน้ำพอง	1	0.1
มีอาการปวดข้อ ปวดเมื่อยกล้ามเนื้อ	103	10.9
มีอาการหนาวสั่น	58	6.2

กลุ่มที่ 3 วัคซีนที่ทำจากโปรตีนส่วนหนึ่งของเชื้อ (Protein subunit) ได้แก่ Novavax

กลุ่มที่ 4 วัคซีนชนิดสารพันธุกรรม (Nucleic acid) ได้แก่ Moderna, Pfizer-BioNTech (Pfizer) และ Can-Sino Biologics

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล แสดงดังตารางที่ 7

จากตารางที่ 7 เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกชนิดวัคซีนกับช่วงอายุ ผลจากการวิเคราะห์พบว่า ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกรับวัคซีนกลุ่มที่ 1 กับช่วงอายุ มีค่าสถิติ Pearson Chi-Square เท่ากับ

ตารางที่ 6: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีนกับประวัติการมีโรคประจำตัว

ประวัติการมีโรคประจำตัว	การตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีน		Pearson Chi-Square	p – value
	เข้ารับการฉีดวัคซีนแล้ว	ยังไม่ได้ฉีดวัคซีน		
ไม่มีโรคประจำตัว	296	7	0.019	0.891
มีโรคประจำตัว	49	1		

ตารางที่ 7: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีนกับประวัติการมีโรคประจำตัว

ประวัติการมีโรคประจำตัว	การตัดสินใจในการเลือกรับวัคซีน		Pearson Chi-Square	p - value
	เข้ารับการฉีดวัคซีนแล้ว	ยังไม่ได้ฉีดวัคซีน		
ไม่มีโรคประจำตัว	296	7	0.019	0.891
มีโรคประจำตัว	49	1		

ตารางที่ 8: แสดงความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกชนิดของวัคซีนกับช่วงอายุ

กลุ่ม วัคซีน	การตัดสินใจ เข้ารับวัคซีน	ช่วงอายุ				Pearson Chi-Square	p - value
		แรกเกิด ถึง 27 ปี	28 - 43 ปี	44 - 51 ปี	60 ปี ขึ้นไป		
กลุ่มที่ 1	ไม่รับ	163	34	26	4	5.350	0.253
	รับ	80	28	13	5		
กลุ่มที่ 2	ไม่รับ	134	18	15	3	16.904	0.002
	รับ	109	44	24	6		
กลุ่มที่ 3	ไม่รับ	239	62	39	9	1.856	0.762
	รับ	4	0	0	0		
กลุ่มที่ 4	ไม่รับ	61	19	10	3	1.347	0.853
	รับ	182	43	29	6		

5.350 และมีค่า p - value เท่ากับ 0.253 นั่นคือ การเลือกรับวัคซีนกลุ่มที่ 1 ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกรับวัคซีนกลุ่มที่ 2 กับช่วงอายุ มีค่าสถิติ Pearson Chi-Square เท่ากับ 16.904 และมีค่า p - value เท่ากับ 0.002 นั่นคือ การเลือกวัคซีนกลุ่มที่ 2 ขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกรับวัคซีนกลุ่มที่ 3 กับช่วงอายุ มีค่าสถิติ Pearson Chi-Square เท่ากับ 1.856 และมีค่า p - value เท่ากับ 0.762 นั่นคือ การเลือกวัคซีนกลุ่มที่ 3 ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเลือกรับวัคซีนกลุ่มที่ 4 กับช่วงอายุ มีค่าสถิติ Pearson Chi-Square เท่ากับ 1.347 และมีค่า p - value เท่ากับ 0.853 นั่นคือ การเลือกวัคซีนกลุ่มที่ 4 ไม่ขึ้นอยู่กับช่วงอายุ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการตัดสินใจในการเข้ารับการฉีดวัคซีน Covid-19 และอาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน Covid-19 ของประชาชนในจังหวัดเพชรบูรณ์ พบว่า เหตุผลส่วนใหญ่ที่คนในจังหวัดเพชรบูรณ์มีความประสงค์เข้ารับการฉีดวัคซีน Covid-19 คือเพื่อลดการแพร่กระจายของเชื้อ ส่วนกลุ่มคนที่ไม่มีความประสงค์รับวัคซีน Covid-19 เหตุผลส่วนใหญ่คืออยู่ในพื้นที่ที่มีความเสี่ยงต่ำ ซึ่งปัจจัยเพศไม่ได้มีผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโควิด-19 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของแนวคิดของปณิศา ครองยุทธและคณะ [6] ที่ได้ทำการศึกษาเรื่อง ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ใน ผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเรื้อรัง อำเภอวารินชำราบ จังหวัดอุบลราชธานี พบว่าปัจจัยด้านเพศที่แตกต่างกันไม่ได้ ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่โดยภาพรวมที่ต่างกัน และสอดคล้องกับแนวคิด ของ Nzaji M., et al. [7] ที่ได้ทำการศึกษารับวัคซีน Covid-19 ของบุคลากรสายสุขภาพในสาธารณรัฐประชาธิปไตยคองโก ซึ่งผลการศึกษาพบว่า ปัจจัยด้านเพศที่แตกต่างกันไม่ได้ส่งผลต่อการตัดสินใจยอมรับวัคซีนป้องกันโควิด-19 ที่แตกต่างกัน ตามสถานการณ์การแพร่ระบาดต่อเนื่อง และความรุนแรงของโรคโควิด 19 จึงทำให้ผู้ตอบแบบสอบถามส่วนใหญ่ตัดสินใจฉีดวัคซีน Covid-19 เนื่องจากวัคซีนเป็นตัวช่วยในการป้องกันความรุนแรงที่อาจจะเกิดขึ้นจากการติดเชื้อ Covid-19 ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ชุตินา บุญทวี [10] ในการศึกษาการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโคโรนาไวรัส Covid-19 เข้มกระตุ้นของบุคลากรกลุ่มงานพยาบาลโรงพยาบาลตำรวจ ซึ่งพบว่าปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันได้แก่การรับรู้ความเสี่ยงการติดเชื้อโควิดเพื่อป้องกันโรค และการรับรู้ถึงประโยชน์ของวัคซีนโดยวัคซีนจะสามารถช่วยบรรเทาหรือลดความรุนแรงของอาการป่วยและลดอัตราการเสียชีวิตได้ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ศิริวรรณ เสรีรัตน์ [8] กล่าวไว้ว่า การจูงใจ (Motivation) หมายถึง พลังสิ่งกระตุ้น (Drive) ที่อยู่ภายในตัวบุคคล ซึ่งกระตุ้นให้บุคคล ปฏิบัติ การจูงใจเกิดภายในตัวบุคคลแต่อาจถูกกระทบจากปัจจัยภายนอกได้ พฤติกรรมของมนุษย์เกิดขึ้นต้องมี แรงจูงใจ (Motive) ซึ่งหมายถึง ความต้องการที่ได้รับการกระตุ้นจากภายในตัวบุคคลที่ต้องการแสวงหาความ พอใจด้วยพฤติกรรมที่มีเป้าหมายแรงจูงใจที่เกิดขึ้นภายในตัวมนุษย์ ถือว่าเป็นความต้องการของมนุษย์ แต่ละอาชีพมีความเสี่ยงในการติดเชื้อโควิด 19 มากน้อยต่างกัน ซึ่งผู้ที่ประกอบอาชีพที่ต้องเจอผู้คนจำนวนมาก อยู่ในสถานที่แออัด หรือบุคลากรทางการแพทย์ มักจะมีโอกาสเสี่ยงในการติดเชื้อโควิด 19 ได้ง่าย เนื่องจากโรคโควิด 19 เป็นโรคที่ติดต่อได้ด้วยการสูดลมหายใจ ไอ จาม การสัมผัสสารคัดหลั่ง น้ำมูก น้ำลาย เสมหะ หรือการใกล้ชิดกับผู้ป่วย ดังนั้นหากผู้ที่ไม่ได้มีอาชีพที่ ใกล้ชิดกับคนหมู่มากก็อาจจะมีความเสี่ยงในการติดโรคได้น้อยกว่า จึงอาจเป็นสาเหตุที่ทำให้มีการตัดสินใจฉีด วัคซีนที่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ มนัสนันท์ ลิ้มพิทยา กุลและพาหุรัตน์ คงเมือง พัยสุวรรณ [9] กล่าวไว้ว่า จากการศึกษาการรับรู้ความเสี่ยงและการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่ในกลุ่มเสี่ยง โดยภาพรวมของกลุ่มตัวอย่างที่มีอาชีพต่างกัน ทำให้การตัดสินใจการฉีดวัคซีนป้องกันโรคไข้หวัดใหญ่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p\text{-value} < 0.001$)

ในการศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการอาการไม่พึงประสงค์หลังการฉีดวัคซีน Covid-19 พบว่า ผู้ตอบแบบสอบถามบางส่วนที่ไม่พบอาการไม่พึงประสงค์ อันเนื่องจากอาจจะมิภูมิคุ้มกันสูง ไม่มีโรคประจำตัว ส่วนผู้ตอบแบบสอบถามที่พบอาการไม่พึงประสงค์อันเนื่องมาจาก อายุ ภูมิคุ้มกันตนเอง วัคซีนที่เลือกใช้ และโรคประจำตัว เนื่องจากการฉีดวัคซีนอาจเกิดผลข้างเคียงได้ แต่เมื่อพิจารณาแล้วพบว่า การฉีดวัคซีนเป็นประโยชน์มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับข้างเคียง

ที่อาจจะเกิดขึ้นหลังจากการฉีดวัคซีน เพราะการฉีดวัคซีนช่วยบรรเทาความรุนแรง ของอาการป่วยและลดอัตราการเสียชีวิตได้ แต่ในขณะเดียวกันก็ยังมีคนอีกส่วนหนึ่งที่ยังไม่มั่นใจและไม่เชื่อถือ การฉีดวัคซีน อาจจะเพราะยังไม่มั่นใจในประสิทธิภาพของวัคซีน และ ยังกังวลเกี่ยวกับผลข้างเคียงที่อาจจะ เกิดขึ้นหลังจากการฉีดวัคซีน จึงตัดสินใจที่จะยังไม่รับการฉีดวัคซีน ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของ ศิริวรรณ เสรีรัตน์ [8] กล่าวไว้ว่า ความเชื่อ (Beliefs) เป็นความคิดซึ่งบุคคลยึดถือเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจาก ประสบการณ์ในอดีต และ ทศนคติ (Attitudes) เป็นการประเมินความพึงพอใจหรือไม่พึงพอใจของบุคคล ความรู้สึกด้านอารมณ์และแนวโน้มการปฏิบัติที่มีผลต่อความคิดหรือสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือหมายถึงความรู้สึกนึกคิด ของบุคคลที่มีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง

ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

ในช่วงที่สถานการณ์การแพร่ระบาดดีขึ้น ควรมีการปรับปรุงแบบการศึกษาในเขตจังหวัดหรือภูมิภาคอื่น ๆ และศึกษาถึงการตัดสินใจรับวัคซีนป้องกันโรคไวรัสโคโรนา Covid-19 เข้มกระตุ้น เพื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ในเชิงการพยากรณ์เชิงตัวเลขต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

การศึกษานี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาของคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์อาตุลย์ จงรักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูเกียรติ โพนแก้ว และอาจารย์ศุภาวิทย์ นันทา ผู้ทรงคุณวุฒิที่ได้เสียสละเวลาและให้ความอนุเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทำวิจัย และให้ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยเป็นอย่างดี รวมทั้งผู้ตอบแบบสอบถามทุกท่านที่ได้ให้ข้อมูลอันเป็นประโยชน์กับการศึกษาในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. (2021).. WHO Coronavirus (COVID-19) Dashboard [updated 2021 Apr 13 ; cited 2021 Apr 14]. Available from: <https://covid19>.
- [2] World Health Organization. (2020). Coronavirus disease 2019 (covid-19) situation report35. Retrieved May 23, 2020, from https://www.who.int/docs/defaultsource/coronaviruse/situation-reports/20200224-sitrep-35-covid19.pdf?sfvrsn=1ac4218d_2.
- [3] กรมควบคุมโรค. (2564). แนวทางการให้วัคซีนโควิด 19 ในสถานการณ์การระบาดปี 64 ของประเทศไทย. กรมควบคุมโรค.
- [4] ขนิษฐา ชื่นใจ และบุญภา ปัญฑ์อัมพร. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโควิด-19 ของประชาชนในกรุงเทพมหานคร. Retrieved May 21, 2020, from <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://mmm.ru.ac.th/MMM/IS/twin-9/6214154037.pdf>.

- [5] World health organization. (2020). Behavioural consideration for acceptance and uptake of covid-19 vaccines. Geneva: World health organization.
- [6] ปณิตา ครองยุทธ, จินดา คำแก้ว, ปฐวี สารระติ, และวิรินรัตน์ สุขวี. (2561). ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโรคไขหวัดใหญ่ในผู้สูงอายุที่ป่วยเป็นโรคเรื้อรัง อำเภอวารินชำราบจังหวัดอุบลราชธานี (สารนิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ). อุบลราชธานี: วิทยาลัยการสาธารณสุขสิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี.
- [7] Nzaji M., Ngombe L., Mwamba G., Ndala B., Miema M.J., Lungoyo L.C., et al. (2020). Acceptability of Vaccination Against COVID-19 Among Healthcare Workers in the Democratic Republic of the Congo. Pragmatic and/Observational Research journal. 11, 103-109. doi: <https://doi.org/10.2147/POR.S271096>.
- [8] ศิริวรรณ เสรีรัตน์. (2552). การบริหารการตลาด. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์พัฒนาศึกษา ศูนย์บริหารสถานการณ์การแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (Covid 19) หรือ (ศบค.). (2564). ข้อมูลสถิติผู้ติดเชื้อโควิด-19. สืบค้นเมื่อวันที่ 27 พฤษภาคม 2564. จาก <https://www.moicovid.com/>.
- [9] มนัสนันท์ ลิ้มปัทยากุล และพาหุรัตน์ คงเมือง ทัยสุวรรณ. (2558). การรับรู้ความเสี่ยงและการฉีดวัคซีน ป้องกันโรคไขหวัดใหญ่ในกลุ่มเสี่ยง. สำนักสื่อสารความเสี่ยงและพัฒนาพฤติกรรมสุขภาพกรมควบคุม โรค, กระทรวงสาธารณสุข.
- [10] ชุติมา บุญทวี. (2565). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการตัดสินใจฉีดวัคซีนป้องกันโคโรนาไวรัส (COVID-19) เข็มกระตุ้นของบุคลากรกลุ่มงานพยาบาลโรงพยาบาลตำรวจ. วารสารวิจัยเพื่อการส่งเสริมสุขภาพและคุณภาพชีวิต. ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม – สิงหาคม 2565. หน้า 49-60.

การวิเคราะห์กราฟแสงของ KIC 12109575

และแนวทางวิเคราะห์ความเป็นโนวา

Light Curve Analysis of KIC 12109575 and Nova Test Approach

ศักดิ์วิสิฐ สินทุมวงศ์¹, พงศพัศ กิวัฒนา¹,

พุฒิพงศ์ ยะติ¹, มนตรี นันตา¹, นพดล สารอสกุลชัย² และ ฟารุง สุรินา บุญทิศ^{3,*}

¹โรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร ต.ตุ๊ต อ.เมือง จ.น่าน

²สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ต.ดอนแก้ว อ.แม่ริม จ.เชียงใหม่

³คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย

Sakvisit Sintumwong¹, Pongsaput kiwattana¹,

Puttipong Yai¹, Montree Nanta¹, Noppadol Sarotsakulchai² and Farung Surina Bunthit^{3,*}

¹Srisawat School, Dutai, Muang, Nan, Thailand

²National Astronomical Research

(Institute of Thailand), Donkaew, Maerim, Chiangmai, Thailand

³Faculty of Science and Technology,

Chiang Rai Rajabhat University, Bandu, Muang, Chiangrai, Thailand.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์คือเพื่อเสนอแนวทางการหาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวคู่แบบบังกันที่ยังไม่มีข้อมูลของกราฟความเร็วในแนวเล็งที่อยู่ในฐานข้อมูลขนาดใหญ่ของกล้องโทรทรรศน์อวกาศเคปเลอร์ ผู้วิจัยเลือกระบบดาว KIC 12109575 ซึ่งกราฟแสงยังไม่ถูกตีพิมพ์ ด้วยคาบการโคจรประมาณ 0.5 วัน ซึ่งเป็นขอบเขตล่างของประชากรดาวแปรแสงประเภทโนวา เพื่อที่จะใช้เป็นเงื่อนไขที่จะประมาณการหาค่าคุณสมบัติทางกายภาพของระบบได้ เรารวบรวมกราฟแสงที่ได้จากฐานข้อมูลเคปเลอร์ และพบว่ากราฟแสงแสดงจุดต่ำสุดปฐมภูมิและทุติยภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้อาจคาดการณ์ได้ว่า อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงต่างกันอย่างมาก อาจเป็นผลจาก

* Corresponding author : sc_farung@crru.ac.th

Received : 21/08/2022

Revised : 04/05/2023

Accepted : 07/06/2023

การที่จันรวมมวล การลุกจ้า หรือจุดเย็น ผู้วิจัยตระหนักดีว่าจำเป็นต้องมีศึกษาที่ละเอียดและซับซ้อน เช่น การศึกษากราฟแสงระยะยาวเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของคาบ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ในเบื้องต้นเราทำการเลือกช่วงสั้น ๆ ของกราฟแสงจากฐานข้อมูลเคปเลอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินนีในโหมด 2 และได้ชุดตัวแปรหนึ่งที่น่าจะเป็นแนวทางการประมาณค่าคุณสมบัติทางกายภาพสัมบูรณ์ของดาวปฐุมภูมิและดาวทุติยภูมิได้ เราได้อุณหภูมิของดาวปฐุมภูมิและทุติยภูมิเป็น 4522 ± 42 K และ 4181 ± 42 K ด้วยรัศมี $0.3776 \pm 0.0001 R_{\odot}/a$ และ $0.1735 \pm 0.0001 R_{\odot}/a$ ตามลำดับ ด้วยมุมเอียงระนาบวงโคจร 66.8 ± 0.4 องศา หากบนเงื่อนไขกำหนดให้ดาวทุติยภูมิเป็นดาวแคระขาวที่มีช่วงรัศมีที่เป็นไปได้ ($R_{WD} = 0.01 - 0.003 R_{\odot}$) จะได้รัศมีของดาวปฐุมภูมิ $R_1 = 0.021 - 0.006 R_{\odot}$ ที่มีมวล $M_1 = 0.6 - 0.5 M_{\odot}$ สำหรับดาวแคระขาวที่มีมวล $0.5-1.0 M_{\odot}$ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าดาวปฐุมภูมิมีค่ารัศมีและมวลอยู่ในช่วงที่น่าจะเป็นดาวแคระขาวเท่านั้น ซึ่งไม่ใช่ลักษณะของระบบโนวา ประกอบกับเมื่อพิจารณาอุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ (4181 ± 42 K) ที่เย็นเกินกว่าที่จะเป็นดาวแคระขาวได้ หรือแม้เป็นดาวแคระขาวมวลน้อย ($< 0.16 M_{\odot}$) จึงไม่น่าจะสามารถเป็นดาวแปรแสงคาทาคลิสมิกได้ ประกอบกับค่ามวลที่น้อยเกินไปจะทำให้โอกาสที่ดาวแคระขาวนี้สามารถพอกพูนมวลขึ้นจนระเบิดเป็นโนวายังมีโอกาสน้อยมาก ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่า KIC 12109575 ไม่สามารถเป็นระบบโนวาได้

คำสำคัญ : KIC 12109575, เคปเลอร์, กราฟแสง, โนวา, ดาวแคระขาว

Abstract

The aim of the study is to provide an applicable method to investigate the physical parameters of binary systems listed in the big data on-line Kepler archive whose radial velocity curves are not available. An eclipsing binary star KIC 12109575 was selected due to its 0.5-day period which is the lower limit of novae population. An unpublished light curve of KIC 12109575 was collected and analyzed by using the Wilson & Devinney code to derive the relative physical parameters. We found that light curves presented the changing of primary and secondary minima with time. This can be due to the existing of an accretion disc or spots. Even though the detailed observations and more complicated investigations were promised to be made, we presented here the light curve solution for selected time. Preliminary result was suggested that the temperature of the primary (T_1) and secondary stars (T_2) could be 4522 ± 42 K and 4181 ± 42 K. Meanwhile the radius were $0.3776 \pm 0.0001 R_{\odot}/a$ and $0.1735 \pm 0.0001 R_{\odot}/a$, respectively with the inclination of 66.8 ± 0.4 degree. In order to get a better fitting, at least one hot spot on the secondary star with a temperature fraction around 0.7 should be located on the secondary. On the assumption that the secondary star is a white dwarf with radius range of $R_{WD} = 0.01 - 0.003 R_{\odot}$, yielding $R_1 = 0.021 - 0.006 R_{\odot}$ with mass $M_1 = 0.6 - 0.5 M_{\odot}$ for the white dwarf with mass of $0.5-1.0 M_{\odot}$, respectively. Such small radius and mass of the primary suggest that it could be also another white dwarf which rule out the system to be a nova. Moreover, considering the temperature of the secondary star (3487 ± 50 K) if it is a white dwarf, it would be a cool low-mass white dwarf ($< 0.16 M_{\odot}$) which is too low and would

not be able to accrete mass up enough to ignite the thermonuclear runaway as a nova in the future.

Keywords : KIC 12109575, Kepler, light curve, nova, white dwarf

ที่มาและความสำคัญ

งานวิจัยด้านดาราศาสตร์ในโรงเรียนนั้นยังมีจำนวนไม่มาก อาจสรุปสาเหตุของการขาดแคลนงานวิจัย/โครงการด้านดาราศาสตร์ในโรงเรียนนี้ได้ว่าเกิดจากการขาดแคลนเครื่องมือในการสังเกตการณ์ ดังนั้น เพื่อแก้ไขปัญหานี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเสนอแนวทางการวิจัยง่าย ๆ โดยใช้ข้อมูลจากกล้องโทรทรรศน์อวกาศที่เผยแพร่ข้อมูลเป็นสาธารณะและสามารถดาวน์โหลดได้จากระบบออนไลน์ เพื่อที่ผู้ที่สนใจจะทำโครงการดาราศาสตร์สามารถหาข้อมูลได้ด้วยตัวเอง งานวิจัยนี้จึงมีเป้าหมายเพื่อสร้างแรงบันดาลใจให้กับนักเรียนในโรงเรียนที่มีความสนใจที่จะทำงานวิจัยด้านดาราศาสตร์แม้ไม่มีอุปกรณ์เครื่องมือในการเก็บข้อมูล ผู้วิจัยจึงเสนอแนวทางการใช้ประโยชน์ฐานข้อมูลออนไลน์ที่เผยแพร่สาธารณะ ได้แก่ ฐานข้อมูลกล้องโทรทรรศน์อวกาศเคปเลอร์ (Kepler space telescope) เนื่องจาก ทั้งสองมีพันธกิจหลักที่โดดเด่นและน่าดึงดูดใจสำหรับประชาชนทั่วไป นั่นคือ การค้นหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะเป็นความพยายามตอบคำถามที่ว่า “เราอยู่คนเดียวในเอกภพหรือไม่?” ซึ่งถือคำถามแห่งมนุษยชาติในยุคนี้

นอกจากนี้ หลักการที่กล้องโทรทรรศน์เคปเลอร์ใช้ในการสังเกตการณ์ ซึ่งคือการสังเกตระดับความสว่างของวัตถุท้องฟ้าที่เปลี่ยนแปลงไปเนื่องจากการบังกัน (eclipse) หรือเคลื่อนที่ผ่านหน้า (transit) นั้น ยังคงเป็นหนทางเดียวที่จะทำให้นักดาราศาสตร์สามารถคำนวณหาขนาดสัมบูรณ์ทางกายภาพสมบูรณ์ (absolute dimension) เช่น มวลและรัศมีของดาวป্লูมูมิและดาวทุดียูมิแบบแยกดวงได้ ในหน่วยกิโลกรัมและเมตร [1,2]

อย่างไรก็ตาม การวิเคราะห์กราฟแสงเพียงอย่างเดียวจะทำให้เราได้เพียงคุณสมบัติทางกายภาพเชิงเปรียบเทียบ เช่น สัดส่วนอุณหภูมิ (T_2/T_1) และสัดส่วนของรัศมีดาว (R_2/R_1) ขณะที่การวิเคราะห์กราฟความเร็วในแนวเล็งจะทำให้ทราบค่าสัดส่วนมวล (M_2/M_1) ความยาวครึ่งแกนหลัก (a) ความรี (e) ขณะที่ค่าความเอียงของระนาบวงโคจร (i) ส่งผลต่อทั้งกราฟแสงและกราฟความเร็วในแนวเล็ง

ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์กราฟแสงที่ได้จากฐานข้อมูลออนไลน์เพียงอย่างเดียว เนื่องจากข้อมูลความเร็วในแนวเล็งของระบบดาวจำเป็นต้องอาศัยอุปกรณ์สเปกโตรกราฟในการสังเกตการณ์ซึ่งมักต้องทำการเขียนโครงการขอใช้กล้องโทรทรรศน์ที่มีอุปกรณ์ดังกล่าวจึงเป็นเรื่องที่ไม่ง่ายนักสำหรับนักเรียนในโรงเรียนที่จะทำ ดังนั้น ใน การคำนวณหาความมวลและรัศมีของดาวป্লูมูมิและทุดียูมิจึงจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขบางประการเพื่อให้เอื้อต่อการสรุปผล

วิธีการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัย

1. การเลือกวัตถุเป้าหมาย

ตารางที่ 1: ข้อมูลทั่วไปของ KIC 12109575 ที่ปรากฏในฐานข้อมูลเคปเลอร์

ตัวแปร	ค่าที่ได้
RA	19h22m58.884s
Dec	+50°39' 49.79''
BJD0	54953.62 ± 0.01
คาบการโคจร (วัน)	0.5316550 ± 0.0000004
โชติมาตรปรากฏKepler	13.296
โชติมาตรปรากฏGaia	13.3566 (2), 13.352 (3)
Teff (K)*	4350 (1), 4560.67 (2), 4485.5 (4)
Log G	4.447 (1), log g = 4.3 (4)
Metallicity	-1.153
[Fe/H]	- 0.1 (4)
E(B-V)	0.035
มุมพารัลแลกซ์ (mas)	4.1151 (2), 3.8094 (3)
ระยะห่างจากโลก (pc)	243 (2), 262.508 (3)
ความเร็วในแนวเล็ง(km/s)	-76 (3)
ชั้นสเปกตรัม	K5V (4)

*หมายเหตุ : (1) ฐานข้อมูลเคปเลอร์¹ , (2) ฐานข้อมูลไกอา ดิอาร์ (Gaia DR2)² , (3) ฐานข้อมูลไกอา ดิอาร์3 (Gaia DR3)³ , (4) ฐานข้อมูลลามอสต์ (Large Sky Area Multi-Object Fiber Spectroscopic Telescope, LAMOST)⁴

เนื่องจากการคำนวณหาค่ามวลและรัศมีของดาวปฐุมภูมิและหุติยภูมิจึงจำเป็นต้องกำหนดเงื่อนไขบางประการ ดังที่กล่าวไปแล้วข้างต้น เราจึงกำหนดเงื่อนไขในการตรวจสอบระบบดาวที่เลือกจะสามารถเป็นดาวแปรแสงคาทาคลิสมิกประเภทโนวา ได้หรือไม่

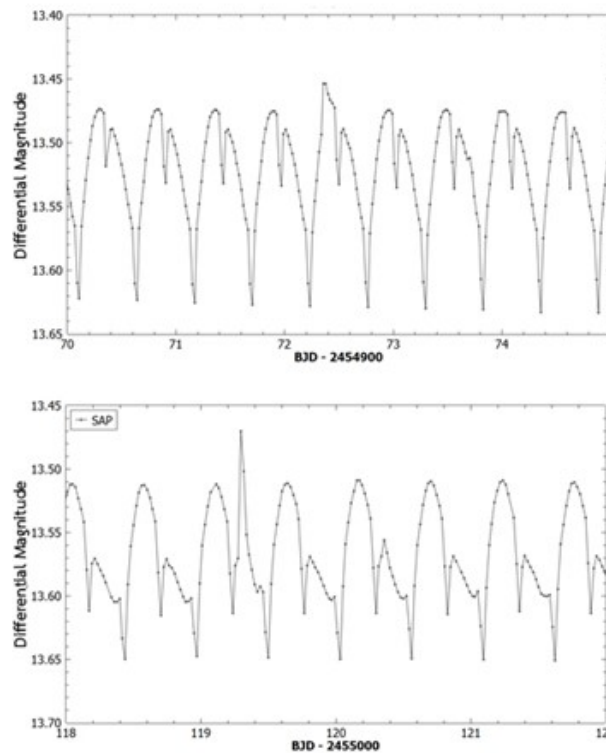
เมื่อ “โนวา (nova)” คือ ดาวแปรแสงคาทาคลิสมิก ที่เป็นระบบดาวคู่ประกอบด้วยดาวแคระขาว (white

¹เข้าถึงได้จาก https://exoplanetarchive.ipac.caltech.edu/cgi-bin/TblSearch/nph-tblSearchInit?app=ExoTbls&config=keplerstellar&fbclid=IwAR0k9RFwL3D4Fa4ataIesR5geWJHKrsoX04AB8pHSc-ZxK_ko5DCu947WO0

²เข้าถึงได้จาก <https://vizier.cds.unistra.fr/viz-bin/VizieR-S?Gaia%20DR2%202130162049195239552>

³เข้าถึงได้จาก <https://vizier.cds.unistra.fr/viz-bin/VizieR-2?-source=gaia-dr3>

⁴เป็นฐานข้อมูลสเปกตรัมที่เปิดให้ใช้อย่างสาธารณะ (สำหรับ Data Release version ที่ขึ้นป้ายว่า Public เท่านั้น) เช่น DR5 สามารถเข้าถึงได้จาก <http://dr5.lamost.org/search>



ภาพที่ 1: กราฟแสงเคปเลอร์ของ KIC 12109575 ที่แสดงจุดต่ำสุดปฐมภูมิและทุติยภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

dwarf) ล้อมรอบด้วยจานรวมมวล (accretion disc) และดาวอีกดวงที่กำลังถ่ายเทมวลสู่ดาวแคระขาวผ่านจานรวมมวล โดยตำแหน่งที่มวลสารเข้าปะทะจานรวมมวลจะเกิดเป็นจุดร้อน (hot spot) ที่จะสว่างกว่าบริเวณอื่น ๆ ของจานรวมมวล [3]

ผู้วิจัยจึงเลือก KIC 12109575 (ข้อมูลทั่วไปแสดงในตารางที่ 1) ซึ่งปรากฏอยู่ในฐานข้อมูลว่าเป็นดาวคู่แบบบังกันด้วยคาบ 0.5 วัน อันเป็นค่าขอบเขตล่างของการกระจายตัวของคาบการโคจรของดาวแปรแสงคาทาคลิสมิก ทั้งนี้ เพราะดาวแปรแสงคาทาคลิสมิกมีการกระจายตัวของคาบการโคจรเป็นกลุ่ม ๆ โดยมีค่าคาบการโคจรที่ ~ 12 ชั่วโมง เป็นตัวแบ่งประชนระหว่าง 2 กลุ่ม ดังนี้ [3] :

1.) กลุ่มที่มีคาบยาวกว่า ~ 12 ชั่วโมง : มีจำนวนน้อยและจำนวนลดลงเรื่อย ๆ ขณะที่คาบยาวขึ้น เป็นผลจากที่ดาวทุติยภูมิต้องมีมวลน้อยกว่าแคระขาว มิเช่นนั้นการถ่ายเทมวลสารจะไม่มีเสถียรภาพ เนื่องจากดาวแคระขาวจำเป็นต้องมีมวลต่ำกว่าขีดจำกัดจันทรเสกขาร์ (Chandrasekhar limit) $M_{CH} \sim 1.4 M_{\odot}$ ทำให้ดาวทุติยภูมีย่อมต้องมีมวลต่ำกว่าขีดจำกัดนี้เช่นกัน กลุ่มนี้จึงเป็นกลุ่มที่มีดาวทุติยภูมิมีระดับวิวัฒนาการที่สูง ขณะที่กฎข้อที่ 3 ของเคปเลอร์แสดงให้เห็นว่าขนาดของระบบดาวคู่จะมีค่าแปรผันตรงกับคาบการโคจร อาจกล่าวอีกนัยหนึ่งได้ว่า ขนาดของผิวห่อหุ้มโรซของดาวทุติยภูมีย่อมแปรผันตรงกับคาบการโคจรได้เช่นกัน ทำให้สรุปได้ว่ามวลของดาวทุติยภูมีย่อมแปรผันตรงกับคาบการโคจรในที่สุด แต่เนื่องจากมวลของดาวทุติยภูมิได้ถูกจำกัดไว้ที่ต่ำกว่าขีดจำกัดจันทรเสกขาร์ ทำให้คาบการโคจรมีขอบเขตบนอยู่ที่ ~ 12 ชั่วโมง นั่นเอง

2.) กลุ่มที่มีคาบอยู่ในช่วงประมาณ 3 - 12 ชั่วโมง : จะมีลักษณะการถ่ายเทมวลสารที่ขึ้นกับ "กระบวนการ

ชะลอการหมุนด้วยสนามแม่เหล็ก (magnetic braking) ของดาวพฤหัสบดี ระบบจึงบีบให้ดาวพฤหัสบดีหมุนช้าลงและมีคาบโคจรที่สั้นลงด้วย ส่งผลให้ครึ่งแกนหลักมีระยะที่สั้นลงในที่สุด และมีอัตราการถ่ายเทมวลสารสูง ($\sim 10^{-10} M_{\odot}$ ต่อปี) โดยเชื่อกระบวนการชะลอการหมุนด้วยสนามแม่เหล็กนี้จะหยุดลงเมื่อระบบมีคาบการโคจรลดลงจนถึง 3 ชั่วโมง

ข้อมูลทั่วไปของ KIC 12109575 ที่ปรากฏในฐานข้อมูลเคปเลอร์และฐานข้อมูลต่าง ๆ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 2: ค่าตัวแปรที่ได้จากการวิเคราะห์กราฟแสงของ KIC 12109575 ด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินี โหมด 2

ตัวแปร	ค่าที่ได้
i (องศา)	66.8 ± 0.4
Ω_1	3.23 ± 0.04
Ω_2	3.99 ± 0.04
T1 (K)	4465
T2 (K)	4096 ± 42
L1 (Kepler, band 26)	10.407 ± 0.003
A1*	0.5
A2*	0.5
g1*	0.5
g2*	1.0
x1	0.772
x2	0.929
On star2 : Spot Latitude (LA1)	129 ± 1
On star2 : Spot Longitude (LG1)	55.32 ± 0.02
On star2 : Spot Radius (SR1)	0.68 ± 0.08
On star2 : Spot Temperature (ST1)	0.7 ± 0.9
r1 pole	0.3585 ± 0.0001
r1 point	0.3962 ± 0.0001
r1 side	0.3718 ± 0.0001
r1 back	0.3842 ± 0.0001
r2 pole	0.1710 ± 0.0001
r2 point	0.1758 ± 0.0001
r2 side	0.1724 ± 0.0001
r2 back	0.1750 ± 0.0001

*หมายเหตุ : ตัวแปรที่ไม่ระบุค่าความคลาดเคลื่อน หมายถึง ตัวแปรที่ไม่มีการแปรค่าในโปรแกรม

ตารางที่ 3: สมบัติทางกายภาพสัมบูรณ์ของดาวปฐุมภูมิและดาวทุติยภูมิของ KIC 12109575

ตัวแปร	ค่าที่ได้	
	กรณี $M_{WD} = 0.5M_{\odot}$	กรณี $M_{WD} = 1.0M_{\odot}$
$T_1(k)$	4522 ± 42	
$T_2(k)$	4148 ± 42	
$R_{WD}(R_{\odot})^*$	0.01	0.003
$R_1(R_{\odot})$	0.021	0.006
$M_{WD}(M_{\odot})^*$	0.5	1.0
$M_1(M_{\odot})^{**}$	0.6	0.5
$a(R_{\odot})$	0.7 ± 0.4	1.3 ± 0.9
$q = M_2/M_1$	0.8	1.9

หมายเหตุ : *ช่วงสมมติที่เป็นไปได้ของดาวแคระขาว **บนเงื่อนไขที่ M_1 เป็นดาวในแถบกระบวนหลัก จึงสามารถหาค่ามวลได้จากความสัมพันธ์มวล-รัศมีของดาว

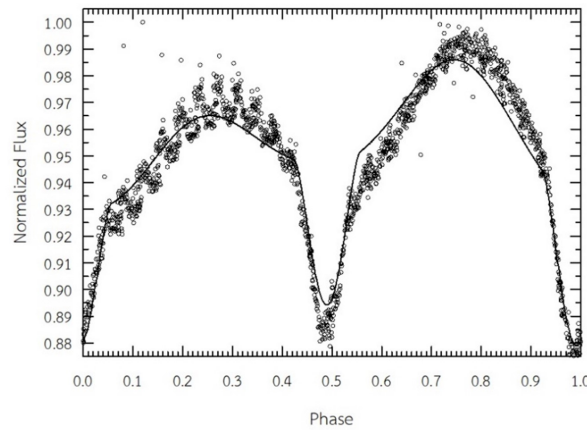
2. การวิเคราะห์กราฟแสง

จากการตรวจสอบกราฟแสงเบื้องต้นในฐานข้อมูลเคปเลอร์ พบว่าระบบดาวคู่นี้จัดอยู่ในกลุ่มดาวคู่อุปราคา คาบยาว พบข้อมูลกราฟแสงในฐานข้อมูลเคปเลอร์ แต่พบข้อมูลในฐานข้อมูลเทสส์ (Transiting Exoplanet Survey Satellite, TESS) และพบว่ากราฟแสงจากฐานข้อมูลเคปเลอร์ มีความละเอียดสูงมาก ทำให้ข้อมูลประเภท Simple Aperture Photometry (SAP) และประเภท Pre-search Data Conditioned Simple Aperture Photometry (PDCSAP) มีค่าไม่ต่างกันมาก ทำให้สามารถใช้ข้อมูล SAP ได้โดยตรง

จากการพิจารณากราฟแสงเคปเลอร์ของ KIC 12109575 พบลักษณะที่แปลกและน่าสนใจ นั่นคือ กราฟแสงมีจุดต่ำสุดปฐมภูมิ (primary minima) และจุดต่ำสุดทุติยภูมิ (secondary minima) ที่เปลี่ยนแปลงตลอดเวลา (ดังแสดงในภาพที่ 1)

ภาพที่ 1 ทำให้ทราบว่าระบบดาวคู่นี้ที่น่าสนใจ การที่มีจุดต่ำสุดที่เปลี่ยนแปลงเช่นนี้ชี้ให้เห็นว่าอุณหภูมิของดาวปฐุมภูมิและทุติยภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ อาจเป็นผลจากการที่จานรวมมวล (accretion disk) ประกอบกับการคาดหมายว่ากราฟแสงลักษณะนี้น่าจะมีการลุกจ้า (flare) จุดร้อน และ/หรือจุดเย็น [10] ดังนั้นสมมติฐานว่าระบบดาวนี้เป็นดาวแปรแสงคาทาคลิสมิก (cataclysmic variable) จึงเป็นสิ่งที่น่าจะได้รับการทดสอบต่อไปเนื่องจากมีเงื่อนไขว่าดาวดวงหนึ่งเป็นดาวแคระขาว

แม้จะตระหนักถึงลักษณะพิเศษของกราฟแสงนี้ ที่จำเป็นต้องศึกษาที่ซับซ้อนยิ่งขึ้น เช่น การศึกษากราฟแสงระยะยาวเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของคาบ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้พยายามเลือกช่วงใดช่วงหนึ่งของกราฟแสงจากฐานข้อมูลเคปเลอร์มาวิเคราะห์ในเบื้องต้น โดยเลือกช่วงที่กราฟแสงมีความต่อเนื่อง (ระหว่าง BJD 1373.47761926 - 1471.14738376) (ซึ่งแสดงผลการสังเกตการณ์ระหว่าง JD 21207.28571 - 21257.71429) หลังจากทำการแก้ไข



ภาพที่ 2: ข้อมูลสังเกตการณ์ของเคปเลอร์ (วงกลม) เทียบกับแบบจำลองกราฟแสงด้วยชุดตัวแปรในตารางที่ 2 (เส้น)

การเลื่อนของเฟส (phase shift) แล้ว นำกราฟแสงที่ได้จากเคปเลอร์มาประมวลด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินนิ โหมด 2 (สำหรับดาวคู่แบบแยกกัน [4]) โดยเริ่มกำหนดให้อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิ (T_1) มีค่าเท่ากับอุณหภูมิยังผล (T_{eff}) ก่อน โดยเราใช้ค่าเฉลี่ยจากฐานข้อมูลทั้งเคปเลอร์และกายอา เท่ากับ 4465 K ได้ผลดังภาพที่ 2 และตารางที่ 2

3. การประมาณสมบัติทางกายภาพสัมบูรณ์

ฐานข้อมูลลามอสต์บอกให้ทราบว่าสำหรับระบบที่มีค่า $\log g = 4.3$ เป็นดาวคู่ในลำดับหลัก(ปกติ) ตามข้อมูลในสถิติ โดยค่า $[Fe/H] = -0.1$ ที่มีค่าต่ำกว่า 0 บ่งบอกว่าระบบดาวนี้มีค่าความเป็นโลหะต่ำ (low metallicity) แสดงว่าเป็นระบบดาวคู่ที่มีอายุ ซึ่งตรงกับลักษณะของระบบดาวคู่อุปราคาชนิดอีเอ (EA-type) ทั่วไป [5]

แนวทางการประมาณการเบื้องต้น ว่าระบบดาวนี้มีโอกาสเป็นแปรแสงคาทาคลิสมิกและ/หรือนอวาหรือไม่ นั้น อาจทำการสมมติอย่างง่าย ดังนี้ หากสมมติให้ดาวทุติยภูมิเป็นดาวแคระขาวที่มีมวลโดยทั่วไปอยู่ $\sim 0.5M_\odot$ ถึง $\sim 1.0M_\odot$ ซึ่งจะมีรัศมีสัมบูรณ์ (R_2) $\sim 0.003R_\odot$ ถึง $\sim 0.001R_\odot$ ตามลำดับ [6]

นำค่า r_1 และ r_2 ที่ได้จากตารางที่ 2 มาคำนวณหา R_1 จากความสัมพันธ์ $R_1/R_2 = r_1/r_2$ (เนื่องจาก $a = R_1/r_1$) แล้วจึงนำค่า R_1 และ R_2 ที่ได้ มาประกอบกับสัดส่วนของ T_1/T_2 ที่ได้จากตารางที่ 2 มาคำนวณหาอุณหภูมิของดาวปฐมภูมิ (T_1) และทุติยภูมิ (T_2) ที่ถูกต้องอีกครั้ง โดยวิธีการเทียบกลับอุณหภูมินี้ (สมการที่ 1 และ 2) ได้เสนอไว้โดย [7] และถูกนำมาใช้โดย [8]

$$T_1 = \left(\frac{(1 + R_{ratio}^r)_{sys}^4}{1 + R_{ratio}^2 T_{ratio}^4} \right)^{0.25}$$

$$T_2 = T_1 T_{ratio} \quad (1)$$

เมื่อ ความสัมพันธ์

$$R_{ratio} = \frac{R_2}{R_1} T_{ratio} = \frac{T_{22}}{T_{12}} = \frac{4096}{4465} \quad (2)$$

เมื่อได้ R_1 , R_2 , r_1 และ r_2 มาแล้ว จะสามารถหาระยะครึ่งแกนเอก (a) ได้จากจากความสัมพันธ์ $r_{1,2} = R_{1,2}/a$ นอกจากนี้ ยังสามารถคำนวณค่ากำลังส่องสว่างในหน่วยของดวงอาทิตย์ตามความสัมพันธ์ $L_{1,2} = R_{1,2}^2 T_{1,2}^4$ ได้อย่างตรงไปตรงมา โดยสมบัติทางกายภาพสมบูรณ์ทั้งหมดแสดงในตารางที่ 3

เมื่อสมมติให้ดาวที่เต็มผิวสมศัณย์เป็นดาวในแถบกระบวนหลัก ซึ่งมีความสัมพันธ์ระหว่างมวลและรัศมีดังสมการที่ 3 เราจะสามารถหาค่า

$$\frac{M_1}{M_\odot} \simeq \left(\frac{R_1}{R_\odot} \right)^{1/0.8} \quad (3)$$

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

KIC 12109575 เป็นระบบดาวคู่อุปราคากระบวนหนึ่งที่ที่น่าสนใจ เนื่องจากการมีกราฟแสงที่แสดงจุดต่ำสุดปฐมภูมิและทุติยภูมิเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา ทำให้อาจคาดการณ์ได้ว่า อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิและทุติยภูมิมีค่าเปลี่ยนแปลงต่างกันมากเมื่อเทียบกับเวลา อาจเป็นผลจากการที่งานรวมมวล การลุกจ้า จุดร้อน หรือจุดเย็น ดังนั้น เราจึงตั้งสมมติฐานเบื้องต้นก่อนว่าระบบดาวนี้อาจเป็นดาวแปรแสงคาทาคลิสมิกซึ่งมีเงื่อนไขว่าดาวดวงหนึ่งเป็นดาวแคระขาว แม้ตระหนักดีว่าจำเป็นต้องศึกษาที่ละเอียดและซับซ้อน เช่น การศึกษากราฟแสงระยะยาวเพื่อหาการเปลี่ยนแปลงของคาบ ฯลฯ อย่างไรก็ตาม ผู้วิจัยได้ทำการเลือกช่วงสั้น ๆ ของกราฟแสงจากฐานข้อมูลเคปเลอร์เพื่อทำการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมวิลสัน-เดวินนี่ในโหมด 2 และได้ชุดตัวแปรหนึ่งที่อาจเป็นแนวทางการประมาณค่าคุณสมบัติทางกายภาพของระบบได้ (ตารางที่ 2) และสมบัติทางกายภาพสมบูรณ์ของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิ (ดังแสดงในตารางที่ 3) โดยมีเงื่อนไขว่าดาวทุติยภูมิเป็นดาวแคระขาวและกำหนดให้ดาวแคระขาวมีช่วงรัศมีที่เป็นไปได้ ($R_W D = 0.01-0.003R_\odot$) จะได้รัศมีของดาวปฐมภูมิ $R_1 = 0.021-0.006R_\odot$ ที่มีมวล $M_1 = 0.6-0.5M_\odot$ สำหรับดาวแคระขาวที่มีมวล $0.5-1.0M_\odot$ ตามลำดับ ซึ่งจะเห็นว่าดาวปฐมภูมิมิมีคาร์ซีและมวลอยู่ในช่วงที่น่าจะเป็นดาวแคระขาวเท่านั้น ซึ่งไม่ใช่ลักษณะของระบบโนวา ประกอบกับเมื่อพิจารณาอุณหภูมิของดาวทุติยภูมิ (4181 ± 42 K) ที่เย็นเกินกว่าที่จะเป็นดาวแคระขาวได้ หรือแม้เป็นดาวแคระขาวมวลน้อย ($< 0.16M_\odot$) จึงไม่น่าจะสามารถเป็นดาวแปรแสงคาทาคลิสมิกได้ ประกอบกับค่ามวลที่น้อยเกินไปนี้จะทำให้โอกาสที่ดาวแคระขาวนี้สามารถพอกพูนมวลขึ้นจนกระทั่งเปิดเป็นโนวามีโอกาสน้อยมา ทำให้เราสามารถสรุปได้ว่า KIC 12109575 ไม่สามารถเป็นระบบโนวาได้

ข้อเสนอแนะ

เนื่องจาก KIC 12109575 มีกราฟแสงไม่สมมาตร หรือมีผลกระทบโอคอนเนลล์ (O'Connell effect) ที่บ่งบอกว่าอาจจะมีจุดเย็นเกิดขึ้นที่ผิวดาว [10] ขณะที่กลไกการถ่ายเทมวลสามารถตรวจสอบจากการศึกษาการ

เปลี่ยนแปลงของคาบการโคจรและข้อมูลองค์ประกอบทางเคมี ดังนั้น ผู้วิจัยเห็นว่าจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมสำหรับ KIC 12109575 เช่น การศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของกราฟแสงในระยะยาว เพื่อตรวจสอบว่าการเปลี่ยนแปลงของแสง (maxima variations หรือ brightness modulation) มีค่าสูงอย่างมีนัยสำคัญหรือไม่ การหาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร โดยจำเป็นต้องมีกระบวนการการสังเกตการณ์โดยเฉพาะเนื่องจากวัตถุที่มีโชติมาตรปรากฏ ระดับ 13.7 จะพบในฐานข้อมูลได้ไม่มากนัก อาจพบได้ในฐานข้อมูล เช่น All Sky Automated Survey for SuperNovae (ASAS-SN) และ/หรือ Zwicky Transient Facility (ZTF) เท่านั้น นอกจากนี้ จากการสืบค้นเบื้องต้นพบว่า KIC 12109575 มีข้อมูลสเปกตรัมในฐานข้อมูลลามาอสต์จำนวน 3 ชุด จึงควรนำมาใช้วิเคราะห์เพื่อศึกษาต่อไปประกอบเพื่อที่จะสามารถระบุได้อย่างชัดเจนยิ่งขึ้นถึงประเภทของดาวปฐุมภูมิและทุติยภูมิ [9]

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่และสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่สนับสนุนทุนวิจัย ขอขอบคุณโรงเรียนศรีสวัสดิ์วิทยาคาร จ.น่าน ที่ให้โอกาสให้นักเรียนได้ร่วมทำงานวิจัยร่วมกัน

เอกสารอ้างอิง

- [1] Kang Y. W. (2008). Light Curve Analyses of the Eclipsing Binaries in the Small Magellan Cloud, J. Astron. Space Sci. Vol. 25 Issue 2 pp. 77-86
- [2] Surina F. and Kang Y. W. (2009). Absolute Dimensions of Four Eclipsing Binaries, ASP Conf. Ser., Vol. 404 pp. 178-183.
- [3] ฟาร์ุง สุริณา บุญทิศ (2565) ฟิสิกส์ดาราศาสตร์เบื้องต้นของโนวา (Introduction to Astrophysics of Nova Eruption). กรุงเทพฯ : ดีไซน์เบอรี่ จำกัด
- [4] Wilson R. E. and Devinney E. J. (1971). Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni, Astrophys. J. Astrophysical Journal, vol. 166, pp. 605-619.
- [5] Qian S. B., Zhang J., He J. J., Zhu L. Y., Zhao E. G., Shi X. D., Zhou X. and Han Z. T. (2018). Physical Properties and Evolutionary States of EA-type Eclipsing Binaries Observed by LAMOST, Astrophys. J. Suppl. Ser. Vol. 235 Issue 5 pp. 1-12
- [6] Shuntov M 2018 Master Degree Report Aix Marseille Université.
- [7] Kang Y. W., Hong K. S. and Lee J. (2007). Eclipsing Binaries: The Primary Distance Indicator, ASP Conf. Ser. Vol. 362 pp. 19-25

- [8] Aindang A., Inkum R., Sarotsakulchai T. and Surina F. (2021). Kepler-TESS light curve analysis of KIC 10417986 as a practical example for astronomical research in schools, J. Phys Conf. Ser. Vol. 1719 pp. 012017
- [9] Surina F., Bode M. F. and Darnley M. J. (2015). Investigation of Halactic Classical and Recurrent NOVAE with Ground-Base Observations and the Solar Mass Ejection Imager (SMEI), Pub. of Korean Astron. Soc. Vol. 30 Issue 2 pp30 237-240
- [10] Knotte M. F., Caballero-Nieves S. M. , Gokhale V. Johnston K. B. and Perlman E. S. (2022). Characteristics of Kepler Eclipsing Binaries Displaying a Significant O’Connell Effect, Astrophys. J. Suppl. Ser. Voi. 262 Issue 1 pp. (32p)

ปีที่ 2 ฉบับ 1 มกราคม - มิถุนายน 2566

Vol.2, Issue 1, January - June 2023

ISSN 2822-0196 (Print), ISSN 2822-020X (Online)

วารสาร มรภ.กพ.

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

Journal of KPRU Science Mathematics and Techonology



วารสาร วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี
มรภ.กพ. Journal of KPRU Science Mathematics and Techonology



ปตท.สผ.



Faculty of
Science and Technology
Kamphaeng Phet Rajabhat University



วารสาร มรภ.กพ.

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี

Journal of KPRU Science Mathematics and Techonology

<https://ph03.tci-thaijo.org/index.php/smt>