วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
Thaksin University Journal

ปีที่ 23 ฉบับที่ 3 กันยายน - ธันวาคม 2563
Vol. 23 No. 3 September - December 2020

ISSN 0859-9807 (print)
ISSN 2651-0693 (online)

Thaksin University Journal

Objectives	1. To publicize research work and articles in the field of 1.1 Physics and Astronomy 1.2 Agricultural and Biological Sciences 1.3 Chemistry 1.4 Computer Science 1.5 Engineering of staff and researchers of Thaksin University and other organizations 2. To publicize information related to research 3. To exchange research knowledge and concepts
Publication Frequency	Published 3 times a year in January – April, May – August and September – December
Book format	B5 size (17.6x25 cm.) Art cover with 250 grams. four-color 80-gram paper, 1 color, 100 pages for main content
Publication	Online
Membership	The application for membership can be processed into ways: Journal Authors Researchers, academicians, or students who want to submit the article(s) must pay for reviewers'compensation, 2,000 Baht/ 70 US Dollars per article if the article is accepted. via Government Savings Bank account. Account Name: TSUJ Account Number: 0-2032824189-6 Papayom Branch After completing the payment, the membership applicant must attach the file of payment slip online at https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal or contact the journal coordinators at the following address: Research and Development Institute, Thaksin University, Phatthalung Campus 222 Moo. 2, Bann Prao Sub-district, Papayom District, Phatthalung, Thailand, 93210 Tel. 0 7460 9600 ext. 7242 or 08 1540 7304 E-mail address: tsujournal@tsu.ac.th or research.tsu@gmail.com Line: rdi.tsu, Twitter : @RDI_TSU, Facebook : สวพ. ม.ทักษิณ
Contact Us	Thaksin University Journal Office, Research and Development Institute, Thaksin University, Phatthalung Campus 222 Moo. 2, Baan Prao Sub-district, Papayom District, Phatthalung, Thailand, 93210 Tel. 0 7460 9600 ext. 7242 or 08 1540 7304 E-mail address: tsujournal@tsu.ac.th or research.tsu@gmail.com Line: rdi.tsu, Twitter : @RDI_TSU, Facebook : สวพ. ม.ทักษิณ
Print Place	Artwork & Media Tel. 08 9925 8455

Editorial

The present Thaksin University Journal (TSUJ) Vol. 23 No. 3 (September-December 2020) is the last issue out of three issues that is issued in the year 2020. This issue is also published with other selected 10 research articles from The 30th Thaksin University Annual Conference: Thailand Driven Research and Innovation, on May 30, 2020 as announced in the TSUJ Vol. 23 No. 2. All of these 10 interesting articles, which are the multidisciplinary of science and technology of research articles in applied biology (2), wind energy (1), computer and information technology (2), irrigation engineering (1), animal science (1), energy engineering (1), chemistry education (1), and industrial engineering (1). We do hope that some of research articles will be searched, read and cited in the near future by our regular and loyalty TSUJ readers and customers.

In the next year (2021), I would like to notify all valuable readers and customers that the third issue of TSUJ (Vol. 24 No. 3 (September-December 2021)) has been prepared, managed, and upgraded into the new international platform. This means that all selected and accepted research articles will be only written and organized in English. Furthermore, the management and review system will be also gradually changed and organized by the new group of international editorial board of TSUJ. Therefore, we would like to sincerely invite you all to prepare your valuable research data into articles written in well organized English and sent to TSUJ for publishing and sharing to academic society around the world.

As we have known, we have passed through the corona virus disease (COVID-19) pandemic since the beginning of the year 2020. We have just started to get use to with the new normal in everyday life such as social distancing, wearing mask, washing our hands with some alcohol gel and so on. Unfortunately, we have to further continue to take care of our health until the next year (2021) because the COVID-19 has started to spread again at the end of this year. Again, the best way to prevent and slow down transmission is to keep all activities that have just mentioned above. From now on, we should continue to work, do not panic and think in a good way to active in new normal way of living. Hence, TSUJ and editorial board would like to encourage you to produce some research articles about the coronavirus disease and its related information to be published and directly shared to the interdisciplinary science and technology community. Moreover, some variety of research articles, academic articles, socially-engaged articles, and letters to editor on multidisciplinary on science and technology which are not under review or under consideration for publishing in any other domestic or international academic journals are also welcome to submit, review and publish by TSUJ editorial management and platform. Thereafter, under the modern Thai Journals Online (ThaiJo) system, domestic and international researchers and scientists are able to see and read the content of these articles and easily and conveniently use them as reference for further research.

Lastly, I would also like to inform that the committee of TSUJ quality improvement to the international level has been already worked out seriously through the fruitful meeting on 15 December 2020. Then, we have plan to join the meeting of "how to improve the academic journal to index by international database" on January 7, 2021 in Nakhon Si Thammarat province. Therefore, we sincerely hope that we can improve the TSUJ quality up to international level within two years. Thank you very much for helping TSUJ improving and see you again in the next issue.

Asst. Prof. Dr. Prasong Kessaratikoon
Journal Editor

สารบัญ

บทความวิจัย (Research Articles)

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

ปัญญา จริยธรรม นำพัฒนา Intelligence and Ethics guide Development

บทความวิจัย

ผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของมะเขือเทศสีดาในระยะวัฒนภาค

Effect of Chitosan on Growth of Seeda Tomato in Vegetative Stage

แววฤดี แววทองรักษ์[1*] และนูรฮายาตี สาและ[2]

Waewruedee Waewthongrak[1*] and Nurahayatee Saleh[2]

บทคัดย่อ

ไคโตซานเป็นไบโอโพลีเมอร์ที่สามารถนำมาประยุกต์ใช้กับวงการเกษตรกรรมหลากหลายด้าน เช่น ส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณผลผลิตของพืช จากเหตุผลดังกล่าวจึงนำมาสู่วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาผลของไคโตซานต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศสีดาในระยะวัฒนภาค และศึกษาผลของสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5-1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น แต่ส่งผลต่อจำนวนใบ ความสูง น้ำหนักแห้ง ปริมาณคลอโรฟิลล์ และอัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตได้ดีที่สุด โดยจำนวนใบ น้ำหนักแห้งราก และน้ำหนักแห้งของต้นของมะเขือเทศ เพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 32 77.6 และ 41.8 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม นอกจากนั้นปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบมะเขือเทศที่ทดสอบด้วยสารละลายไคโตซานยังเพิ่มสูงขึ้น 8-12 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม

คำสำคัญ: ไคโตซาน มะเขือเทศ การส่งเสริมการเจริญเติบโต

Abstract

Chitosan is a biopolymer which has great capability in various ways of agricultural practices such as plant growth promotion and increase yield of various crops. Thus, the aim of this study was conducted to investigate the effect of chitosan on promoting the growth of tomato in vegetative stage and study the results of chitosan at different degree of concentration on the growth of tomato by Completely Randomize Design. The results obtained from this experiment showed that the chitosan at concentration of 0.5-1.5 mg/ml did not affect the stem diameter but affected leaf number, plant height, dry weight,

[1] อ.ดร., หลักสูตรชีววิทยาประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

[2] นักศึกษา ระดับปริญญาตรี, หลักสูตรเคมี-ชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ปัตตานี 94000

[1] Lecturer Dr., Applied Biology Program, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 94000, Thailand

[2] Undergraduate Student, Chemistry-Biology Program, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University, Pattani, 94000, Thailand

*Corresponding author: Tel.: 073-312201, E-mail address: waewruedee.w@psu.ac.th

(Received: April 11, 2020; Revised: June 23, 2020; Accepted: June 30, 2020)

chlorophyll amounts, and absolute growth rate (AGR). It also indicated that the 0.5 mg/ml of chitosan solution is the best concentration to promote growth of tomato through increasing leaf number (32 %), root dry weight (77.6 %), and plant dry weight (41.8 %) compared to control, respectively. In addition, the total chlorophyll content in leaf of tomato treated with chitosan solution also increased from 8 to 12 % compared to the control group.

Keywords: Chitosan, Tomato, Growth Promoting

บทนำ

มะเขือเทศ (*Lycopersicon esculentum* Mill.) เป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและอุตสาหกรรม ผู้บริโภคนิยมรับประทานผลสด หรือใช้เป็นส่วนผสมในอาหาร เนื่องจากมะเขือเทศอุดมด้วยสารอาหาร แร่ธาตุ รวมทั้งสารต้านอนุมูลอิสระ เช่น แคโรทีนอยด์ (Carotenoid) ไลโคปีน (Lycopene) วิตามินซี (Vitamin C) วิตามินอี (Vitamin E) กรดฟีนอลิก (Phenolic Acid) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoid) [1] ทั้งนี้มะเขือเทศจัดเป็นพืชทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่มีผลผลิตรวมในประเทศไทยมากกว่าหนึ่งแสนตันต่อปี สามารถปลูกและผลิตได้ดีในภาคเหนือและภาคตะวันออกเฉียงเหนือ เนื่องจากมีสภาพแวดล้อมที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโต มะเขือเทศที่นิยมปลูกในประเทศไทยแบ่งออกเป็น 2 พันธุ์ตามการใช้ประโยชน์ คือ พันธุ์บริโภคสด และพันธุ์อุตสาหกรรม [2] จากรายงานของสำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร [3] ปี 2561 ประเทศไทยมีผลผลิตมะเขือเทศรวมทั้งประเทศจำนวน 123,609 ตัน แบ่งเป็น มะเขือเทศบริโภคสดจำนวน 42,192 ตัน และมะเขือเทศเพื่ออุตสาหกรรมแปรรูปจำนวน 81,417 ตัน อย่างไรก็ตาม มะเขือเทศเป็นพืชที่มีแมลงรบกวนและอ่อนแอต่อเชื้อก่อโรค เช่น ไวรัสใบหงิกเหลือง (Yellow Leaf Curl Virus) [4] โรคเหี่ยวจากเชื้อ Fusarium [5] เป็นต้น นอกจากนี้ศัตรูพืชยังสร้างความเสียหายให้กับการเจริญเติบโตของลำต้นระหว่างปลูก ทำให้คุณภาพและผลผลิตของมะเขือเทศลดต่ำลง [6] เกษตรกรจึงนิยมใช้ปุ๋ยเคมีและสารเคมีเพื่อส่งเสริมการเจริญเติบโต

ไคโตซาน เป็นสารชีวภาพที่สามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของพืชจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ได้รับความนิยมมากขึ้นในปัจจุบัน เนื่องจากไคโตซานสามารถเพิ่มปริมาณจุลินทรีย์ในดินที่ช่วยเร่งการย่อยอินทรียสารให้อยู่ในรูปอนินทรียสาร ซึ่งทำให้พืชดูดซึมได้ง่าย [7] ไคโตซานเป็นสารชีวโมเลกุลชนิดหนึ่งที่สามารถพบในเปลือกนอกของสัตว์จำพวกกุ้ง ปู แมลง และเชื้อรา เป็นสารธรรมชาติที่มีลักษณะโดดเด่นเฉพาะตัว เป็นวัสดุชีวภาพที่ภาคเกษตรกรรมสามารถนำไปใช้ได้อย่างปลอดภัยโดยไม่ส่งผลเสียต่อสิ่งแวดล้อม จากรายงานวิจัยก่อนหน้าพบว่า ไคโตซานสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตและเพิ่มปริมาณผลผลิตในพืชได้หลากหลายชนิด เช่น พริกหวาน [8] สตอเบอร์รี่ [9] และ ถั่วเขียว [10] นอกจากนั้นไคโตซานสามารถยับยั้งโรคในพืชโดยกระตุ้นระบบต้านทานโรคในพืช [11] ชักนำให้พืชสร้างสารเคมีเพื่อใช้ป้องกันตนเอง เช่น ไฟโตอเล็กซิน (Phytoalexin) [12] ลิกนิน (Lignin) และ Pathogenesis Related (PR) Proteins [13] รวมทั้งกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ป้องกันตัวเองของพืช (Self-defense Related Enzyme) [14] จากที่กล่าวมาข้างต้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารละลายไคโตซานต่อการส่งเสริมการเจริญเติบโตของมะเขือเทศสีดาในระยะวัฒนภาค

ขั้นตอนการวิจัย

เตรียมสารละลายไคโตซาน นำผงไคโตซาน (Low Molecular Weight, 75-85 % Deacetylation, Sigma-aldrich) 2 กรัม ละลายในสารละลาย Glacial Acetic Acid ที่เจือจางด้วยน้ำกลั่น ความเข้มข้น 0.2 % ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ปรับความเข้มข้นของสารละลายไคโตซานด้วยน้ำกลั่น โดยให้ความเข้มข้นสุดท้ายของสารละลายไคโตซานเท่ากับ 0.5 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และปรับ pH เป็น 5.8 ด้วยสารละลาย NaOH ความเข้มข้น 1N

ศึกษาผลของสารละลายไคโตซานต่ออัตราการเจริญเติบโตของมะเขือเทศโดยวางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด ทำการเพาะเมล็ดมะเขือเทศสีดา (บริษัทเจียไต๋ ประเทศไทย) ในกระบะเป็นเวลา 4 สัปดาห์ จากนั้นย้ายกล้ามะเขือเทศปลูกลงกระถางที่บรรจุดินปลูก 500 กรัม โดยปลูก 1 ต้น ต่อ 1 กระถาง หลังจากย้ายปลูกเป็นเวลา 1 สัปดาห์ รดกล้ามะเขือเทศด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0 0.5 1 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาตร 50 มิลลิลิตร บริเวณโคนต้นสัปดาห์ละ 1 ครั้ง ต่อเนื่อง 4 สัปดาห์ ทำการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 กระถาง ติดตามการเจริญเติบโตของมะเขือเทศเมื่อครบ 6 สัปดาห์ หลังจากย้ายปลูก นับจำนวนใบ วัดความสูงต้น (Height) และ ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น (Stem Diameter) โดยวัดที่ระดับความสูงจากพื้นดิน 5 เซนติเมตร จากนั้นนำตัวอย่างต้นมะเขือเทศไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง เพื่อวัดน้ำหนักแห้งของราก (Root Dry Weight) น้ำหนักแห้งของยอด (Shoot Dry Weight) น้ำหนักแห้งของต้น (Plant Dry Weight) และตรวจหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด

ตรวจสอบปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด (Total Chlorophyll) ในใบมะเขือเทศตามวิธีการของ Inskeep, & Bloom, 1984 [15] โดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบมะเขือเทศบริเวณตำแหน่งข้อที่ 3 นับจากยอด และนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นบดตัวอย่างให้ละเอียดและแช่ในสารละลาย Acetone ความเข้มข้น 80 % นำตัวอย่างบ่มที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง หลังจากนั้นแยกส่วนละลายใสโดยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็วรอบ 8000 รอบต่อนาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 664 และ 647 นาโนเมตร ด้วยเครื่องสเปกโฟโตมิเตอร์ (UV-visible, Multiskan™ GO, Thermo Fisher Scientific) และคำนวณหาปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในหน่วยของ มิลลิกรัมต่อกรัมน้ำหนักแห้ง (mg/gDW)

ศึกษาผลของสาระละลายไคโตซานต่ออัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ (Absolute Growth Rate; AGR) ของมวลชีวภาพของต้นมะเขือเทศ โดยใช้วิธีการเดียวกันกับการศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโต สุ่มเก็บตัวอย่างต้นมะเขือจำนวน 20 ต้นใน สัปดาห์ที่ 2 และ สัปดาห์ที่ 4 หลังจากรดด้วยสารละลายไคโตซาน นำตัวอย่างไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำตัวอย่างไปชั่งน้ำหนักแห้งของต้นด้วยเครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง เพื่อใช้คำนวณหาอัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ของมวลชีวภาพตามสูตร โดยกำหนดให้ ΔW คือ ผลต่างของหนักแห้งของต้น (กรัม) Δt คือ ผลต่างของเวลา (วัน) [16]

$$AGR = \frac{\Delta W}{\Delta t}$$

นำข้อมูลมาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance : ANOVA) และตรวจสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัยและการอภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศ โดยการตรวจนับจำนวนใบ ความสูงของต้น ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น และน้ำหนักของต้นแห้ง พบว่า การรดสารละลายไคโตซานไม่มีผลต่อขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้น แต่ส่งผลต่อจำนวนใบ ความสูง และน้ำหนักแห้ง (ตารางที่ 1) โดยเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานมีขนาดอยู่ระหว่าง 0.44 – 0.46 เซนติเมตร ซึ่งไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางของลำต้นของมะเขือเทศในชุดควบคุม ในขณะที่จำนวนใบของต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานทุกความเข้มข้นเพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม โดยต้นมะเขือเทศที่ได้รับสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมีจำนวนใบเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 32 ขณะที่ต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิตรมีจำนวนใบเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 20 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ส่วนผลของไคโตซานต่อความสูงของลำต้นมะเขือเทศพบว่า ความสูงของลำต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรเพิ่มมากที่สุด โดยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 12.27 เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ในขณะที่ความสูงของลำต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิตรลดต่ำกว่าชุดควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติแต่อย่างใด ทั้งนี้การเจริญเติบโตของพืชที่เพิ่มสูงขึ้นหลังได้รับสารละลายไคโตซานเกี่ยวข้องกับการกระตุ้นกิจกรรมของเอนไซม์ที่เกี่ยวข้องเมแทบอลิซึมของไนโตรเจนและคาร์บอน เช่น Nitrate Reductase, Glutamine Synthetase [17 - 18] Glutamate Synthase, Sucrose Phosphate Synthase (SPS) และ Fructose 1, 6-2 Phosphatase ส่งผลให้ปริมาณกลูตาเมท (Glutamate) แอสพาร์เตต (Aspartate) และ น้ำตาลซูโครส (Sucrose) เพิ่มสูงขึ้น [19] ซึ่งพืชสามารถนำสารเหล่านั้นไปใช้ในกระบวนการเจริญเติบโตต่อไป

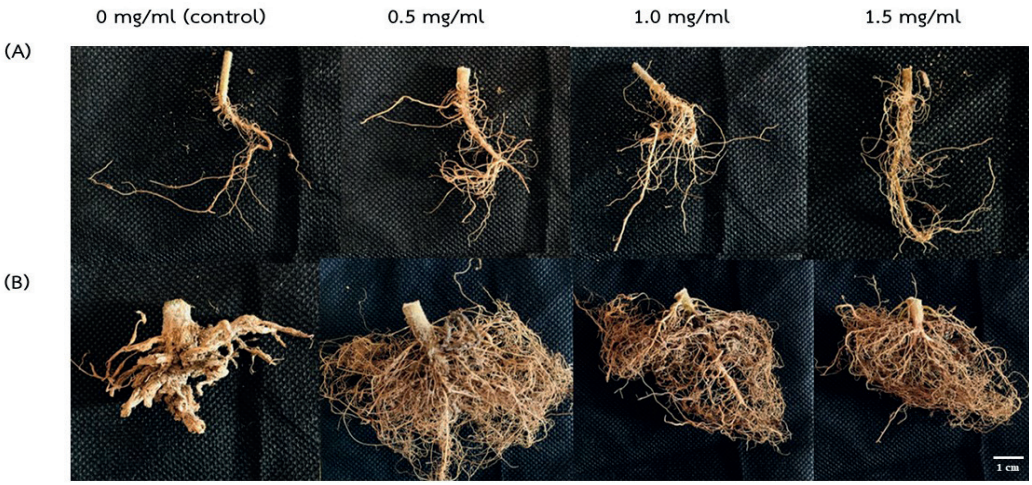
ตารางที่ 1 การเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศสีดาเมื่อรดด้วยสารละลายไคโตซานต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์

พารามิเตอร์ของการเจริญเติบโต	สารละลายไคโตซาน (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)			
	0 (ชุดควบคุม)	0.5	1.0	1.5
จำนวนใบ (ใบต่อต้น)	105 ± 3.36^{a}	140 ± 4.14^{b}	139 ± 7.99^{b}	127 ± 5.09^{ab}
เส้นผ่าศูนย์กลางลำต้น (เซนติเมตรต่อต้น)	0.44 ± 0.02^{a}	0.44 ± 0.03^{a}	0.46 ± 0.03^{a}	0.44 ± 0.0^{a}
ความสูงของลำต้น (เซนติเมตรต่อต้น)	111.93 ± 3.96^{ab}	121.33 ± 3.29^{c}	125.67 ± 3.33^{c}	104.14 ± 2.53^{a}
น้ำหนักแห้งของยอด (กรัมต่อต้น)	3.451 ± 0.274^{a}	4.698 ± 0.369^{b}	3.703 ± 0.240^{ab}	3.799 ± 0.134^{ab}
น้ำหนักแห้งของราก (กรัมต่อต้น)	0.549 ± 0.117^{a}	0.975 ± 0.160^{ab}	0.954 ± 0.125^{ab}	0.744 ± 0.108^{a}
น้ำหนักแห้งของต้น (กรัมต่อต้น)	4.000 ± 0.303^{a}	5.673 ± 0.479^{b}	4.656 ± 0.339^{ab}	4.543 ± 0.221^{ab}

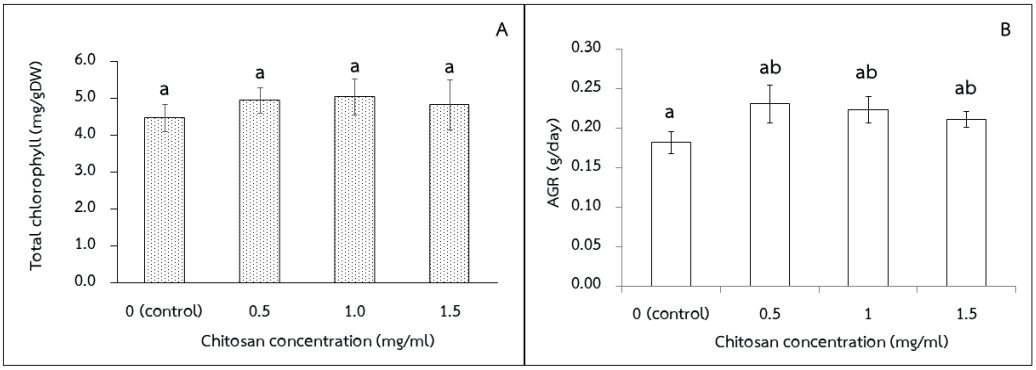
หมายเหตุ - Mean ± S.E. คำนวณจากการทดลอง 4 ซ้ำ ซ้ำละ 5 ต้น ข้อมูลทั้งหมดผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

- ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษร a b c และ ab ที่แตกต่างในแถวด้วยกันมีค่าความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p \leq 0.01$)

จากการศึกษาผลของไคโตซานต่อน้ำหนักแห้งของมะเขือเทศพบว่า น้ำหนักแห้งของยอด น้ำหนักแห้งของราก และ น้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมีค่าน้ำหนักสูงที่สุด โดยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 36 77.6 และ 41.8 ตามลำดับ เมื่อเทียบกับชุดควบคุม ขณะที่น้ำหนักแห้งของยอด น้ำหนักแห้งของราก และน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมีค่าน้ำหนักสูงกว่าชุดควบคุมแต่ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ จากการศึกษาของ Li *et al*., 2019 [20] พบว่า การให้ไคโตซานอนุภาคนาโนแก่ข้าวสาลี (*Triticum aestivum* L.) สามารถกระตุ้นการแสดงออกของยีนที่ควบคุมการสังเคราะห์ฮอร์โมนออกซิน และเพิ่มการสะสมฮอร์โมนออกซินบริเวณรากและบริเวณยอด ซึ่งฮอร์โมนออกซินทำหน้าที่กระตุ้นการแบ่งเซลล์บริเวณรากจึงส่งผลต่อปริมาณรากและน้ำแห้งของราก ดังแสดงในภาพที่ 1 พบว่าปริมาณรากของต้นมะเขือเทศที่ทดสอบด้วยสารละลายไคโตซานมีมากกว่าชุดควบคุม อย่างไรก็ตาม ผลการทดลองครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า น้ำหนักแห้งของยอด น้ำหนักแห้งของราก และน้ำหนักแห้งของต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มีแนวโน้มลดต่ำลงเมื่อเปรียบเทียบกับมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากรายงานวิจัยของ Lopez-Moya *et al*., 2017 [21] พบว่า สารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร สามารถกระตุ้นการเจริญเติบโตของรากของต้นมะเขือเทศ แต่ในทางตรงกันข้ามสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงกว่า 0.1 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ลดการเจริญเติบโตของราก จำนวนใบ และมวลชีวภาพของต้นมะเขือเทศ ซึ่งเป็นผลจากสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้นสูงชักนำให้เกิดความเครียดในกล้ามะเขือเทศจึงส่งผลกระทบต่อการเจริญเติบโต



ภาพที่ 1 ผลของสารละลายไคโตซานต่อการเพิ่มปริมาณรากของต้นมะเขือเทศ หลังจากรดด้วยสารละลายไคโตซานต่อเนื่องเป็นเวลา (A) 2 สัปดาห์ และ (B) 4 สัปดาห์



ภาพที่ 2 ผลของสารละลายไคโตซานต่อ (A) ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมด และ (B) อัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ของต้นมะเขือเทศหลังได้รับสารละลายไคโตซานต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ข้อมูลทั้งหมดผ่านการวิเคราะห์ความแปรปรวนโดยใช้ Duncan's Multiple Range Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 เปอร์เซ็นต์

จากการศึกษาผลของสารละลายไคโตซานต่อปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบมะเขือเทศสีดา พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้นเมื่อรดด้วยสารละลายไคโตซานต่อเนื่องเป็นเวลา 4 สัปดาห์ แต่ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 2A) โดยปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรมีค่าสูงสุด โดยเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 12 รองลงมาคือ ปริมาณคลอโรฟิลล์ทั้งหมดในใบมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ซึ่งเพิ่มสูงขึ้นร้อยละ 10 และ 8 เมื่อเทียบกับชุดควบคุมตามลำดับ จากงานวิจัยของ Van, Minh, & Anh, 2013 [22] พบว่า ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มสูงขึ้นในกล้ากาแฟเป็นผลมาจากไคโตซานช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการดูดซึมธาตุอาหารไนโตรเจนและแมกนีเซียม ซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญของวงแหวนพอร์ไพริน (Porphyrin Ring) ของคลอโรฟิลล์เอ และ คลอโรฟิลล์บี ที่มีบทบาทสำคัญในกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสงของพืช ทั้งนี้ปริมาณคลอโรฟิลล์ที่เพิ่มสูงขึ้นส่งผลต่อการเจริญเติบโต และผลผลิตของพืช [23-24]

จากการวิเคราะห์อัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ของต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซาน พบว่าอัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ของต้นมะเขือเทศที่รดด้วยสารละลายไคโตซานอยู่ระหว่าง 0.21-0.23 กรัมต่อวัน ในขณะที่อัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ของมะเขือเทศชุดควบคุมมีค่าเท่ากับ 0.182 กรัมต่อวัน ผลการทดลองครั้งนี้บ่งชี้ว่า อัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ของต้นมะเขือเทศสัมพันธ์กับน้ำหนักแห้งของต้น เนื่องจากสารละลายไคโตซานสามารถเพิ่มชีวมวลของต้นมะเขือเทศ โดยส่งเสริมการเจริญเติบโตของยอดและราก จึงส่งผลให้อัตราการเติบโตสัมบูรณ์ของต้นมะเขือเทศที่ได้รับสารละลายไคโตซานเพิ่มสูงขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับชุดควบคุม (ภาพที่ 2B) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Mondal *et al*., 2012 [18] พบว่า ชีวมวลแห้งของกระเจี๊ยบที่เพิ่มสูงขึ้นหลังฉีดพ่นสารละลายไคโตซานสัมพันธ์กับค่าอัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ที่เพิ่มสูงขึ้น

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาผลของไคโตซานต่อการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศสีดา พบว่า จำนวนใบ ความสูง น้ำหนักแห้งของราก น้ำหนักแห้งของยอด น้ำหนักแห้งของต้น อัตราการเจริญเติบโตสัมบูรณ์ และปริมาณคลอโรฟิลล์ของต้นมะเขือเทศเพิ่มสูงขึ้น เมื่อรดสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 และ 1.0 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร โดยสารละลายไคโตซานที่ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตรสามารถส่งเสริมการเจริญเติบโตของต้นมะเขือเทศสีดาในระยะวัฒนภาคได้ดีที่สุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ที่สนับสนุนเงินวิจัยและอนุเคราะห์สถานที่ทำวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] Frusciante, L., Carli, P., Ercolano, M. R., Pernice, R., Di Matteo, A., Fogliano, V., & Pellegrini, N. (2007). Antioxidant nutritional quality of tomato. *Molecular Nutrition & Food Research*, *51*(5), 609–617. https://doi.org/10.1002/mnfr.200600158.

[2] Ekpong, B. (2014). A new, open-pollinated processing tomato, UBU 406. *Journal of Science and Technology*, *16*(1), 76–82.

[3] Office of Agricultural Economics. (2020). *Agricultural economic information* (Online). Retrieved June 1, 2020, from http://www.oae.go.th/view/1/ข้อมูลการผลิตสินค้าเกษตร/TH-TH.

[4] Noiket, N., Boonthip, T., & Riangwong, K. (2014). Evaluation of potential for chitosan to control TYLCV disease and promote the growth of Sridathip 3 tomato. In *The 26th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference*, 252–259. November 26–19, 2014. Chiang Rai: Mae Fah Luang University, Thailand.

[5] Benhamou, N., Kloepper, J. W., & Tuzun, S. (1998). Induction of resistance against Fusarium wilt of tomato by combination of chitosan with an endophytic bacterial strain: ultrastructure and cytochemistry of the host response. *Planta*, *204*(2), 153–168. DOI: https://doi.org/10.1007/s004250050242.

[6] Mishra, S., Jagadeesh, K. S., Krishnaraj, P. U., & Prem, S. (2014). Biocontrol of tomato leaf curl virus (ToLCV) in tomato with chitosan supplemented formulations of *Pseudomonas* sp. under field conditions. *Australian Journal of Crop Science*, *8*(3), 347–355.

[7] Boonlertnirun, S., Boonraung, C., & Suvanasara, R. (2008). Application of chitosan in rice production. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, *18*(2), 47–52.

[8] Ghoname, A. A., El-Nemr, M. A., Abdel-Mawgoud, A. M. R., & El-Tohamy, W. A. (2010). Enhancement of sweet pepper crop growth and production by application of biological, organic and nutritional solutions. *Journal of Agriculture and Biological Sciences*, *6*(3), 349–355.

[9] Akter Mukta, J., Rahman, M., As Sabir, A., Gupta, D. R., Surovy, M. Z., Rahman, M., & Islam, M. T. (2017). Chitosan and plant probiotics application enhance growth and yield of strawberry. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *11*, 9–18. DOI: https://doi.org/10.1016/j.bcab.2017.05.005.

[10] Mondal, M. M. A., Malek, M. A., Puteh, A. B., & Ismail, M. R. (2013). Foliar application of chitosan on growth and yield attributes of mungbean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). *Bangladesh Journal of Botany*, *42*(1), 179–183. DOL: https://doi.org/10.3329/bjb.v42i1.15910.

[11] Orzali, L., Corsi, B., Forni, C., & Riccioni, L. (2017). Chitosan in agriculture: a new challenge for managing plant disease. In E Shalaby (Ed.) *Biological Activities and Application of Marine Polysaccharides*. 16–36. London, England: IntechOpen Limited. DOI: https://dx.doi.org/10.5772/66840.

[12] Awadalla, O. A., & Mahmoud, Y. A.-G. (2005). New Chitosan derivatives induced resistance to fusarium wilt disease through phytoalexin (gossypol) production. *Sains Malaysiana*, *34*(2), 141–146.

[13] Ali, A., Zahid, N., Manickam, S., Siddiqui, Y., Alderson, P. G., & Maqbool, M. (2014). Induction of lignin and pathogenesis related proteins in dragon fruit plants in response to submicron chitosan dispersions. *Crop Protection*, *63*, 83–88.

[14] Sathiyabama, M., Bernstein, N., & Anusuya, S. (2016). Chitosan elicitation for increased curcumin production and stimulation of defence response in turmeric (*Curcuma longa* L.). *Industrial Crops and Products*, *89*, 87–94.

[15] Inskeep, W. P., & Bloom, P. R. (1984). A comparative study of soil solution chemistry associated with chlorotic and nonchlorotic soybeans in western Minnesota. *Journal of Plant Nutrition*, *7*(1–5), 513–531.

[16] Kulkarni, M. G., Ascough, G. D., & Van Staden, J. (2007). Effects of foliar applications of smoke-water and a smoke-isolated butenolide on seedling growth of okra and tomato. *HortScience*, *42*(1), 179–182.

[17] Ke, L., Xiangyang, L., Lisha, P., & Qiang, L. (2001) Effects of carboxymethyl chitosan on key enzymes activities of nitrogen metabolism and grain protein contents in rice. *Journal* of *Hunan Agricultural University*, *2001*(6), 421–424.

[18] Mondal, M. M. A., Malek, M. A., Puteh, A., Ismail, M. R. Ashrafuzzaman, M., & Naher, L. (2012). Effect of foliar application of chitosan on growth and yield in okra. *Australian Journal of Crop Science, 6*(5), 918–921.

[19] Zhang, X., Li, K., Xing, R., Liu, S., & Li, P. 2017. Metabolite profiling of wheat seedlings induced by chitosan: revelation of the enhanced carbon and nitrogen metabolism. *Frontiers in Plant Science*, *8*, 1-13. DOI: 10.3389/fpls.2017.02017.

[20] Li, R., He, J., Xie, H., Wang, W., Bose, S. K., Sun, Y., Hu, J., & Yin, H. (2019). Effects of chitosan nanoparticles on seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Biological Macromolecules*, *126*, 91–100.

[21] Lopez-Moya, F., Escudero, N., Zavala-Gonzalez, E. A., Esteve-Bruna, D., Blázquez, M. A., Alabadí, D., & Lopez-Llorca, L. V. (2017). Induction of auxin biosynthesis and *WOX5* repression mediate changes in root development in Arabidopsis exposed to chitosan. *Scientific Reports*, 7, 16813. DOI: 10.1038/s41598-017-16874-5.

[22] Van, S.N., Minh, H.D., & Anh, N.D. (2013). Study on chitosan nanoparticles on biophysical characteristics and growth of Robusta coffee in green house. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *2*(4), 289–294.

[23] Nakamura, T., Nakayama, N., Yamamoto, R., Shimamura, S., Kim, Y., Hiraga, S., Ohyama, T., Komatsu, S., & Shimada, S. (2010). Nitrogen utilization in the supernodulating soybean variety "Sakukei 4" and its parental varieties,"Enrei" and "Tamahomare". *Plant Production Science*, *13*(2), 123–131.

[24] Pattamapusit, W., & Rungcharoenthong, P. (2016). Effect of chitosan on growth, yield and salicylic acid content in bird chili. *Khon Kaen Agriculture Journal*, *44*(SUPPL. 1), 141–146.

บทความวิจัย

การพัฒนาวิธี Allele-specific PCR เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *VKORC1* แบบ -1639G > A และ 1173C > T สำหรับการรักษาด้วยยาวาร์ฟาริน

Development of an Allele-specific PCR for Detection of *VKORC1* -1639G > A and 1173C > T for Warfarin Therapy

วิศรุต จ้อนเจิม[1] อรุณรัศมิ์ วณิชชานนท์[2*] และอารีย์รัตน์ หนูนวล[3]

Witsarut Jonjerm[1], Arunrut Vanichanon[2*] and Areerat Hnoonual[3]

บทคัดย่อ

ยาวาร์ฟารินเป็นยาต้านการแข็งตัวของเลือด ซึ่งมีช่วงการรักษาแคบและความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *VKORC1* มีผลต่อการตอบสนองของยา โดยเฉพาะตำแหน่งสนิปส์ -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438) มีความจำเป็นต่อการศึกษาเพื่อพิจารณาปริมาณยาที่เหมาะสม งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมาย Allele-specific PCR (AS-PCR) โดยออกแบบไพรเมอร์ที่จำเพาะต่อยีน *VKORC1* เพื่อตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมในตำแหน่งดังกล่าว พร้อมทั้งศึกษาสภาวะที่เหมาะสมของปฏิกิริยาพีซีอาร์ โดยใช้ความเข้มข้นของ $MgCl_2$ 1.25 มิลลิโมลาร์ ซึ่งเหมาะสมสำหรับทุกคู่ไพรเมอร์ ส่วนอุณหภูมิสำหรับ Annealing ต่างกัน พบว่าอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับไพรเมอร์คู่มิวแทนท์และไพรเมอร์คู่ควบคุมที่สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A ในขณะที่อุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับไพรเมอร์คู่ไวลด์ไทป์และสนิปส์ตำแหน่ง 1173C > T ทุกคู่ไพรเมอร์ ผลผลิตพีซีอาร์ยืนยันผลด้วยวิธี DNA Sequencing ผลการทดสอบมีความสอดคล้องกัน 100 % กับลำดับเบสของยีน *VKORC1* ดังนั้น AS-PCR ที่พัฒนาสามารถใช้ตรวจสอบจีโนไทป์ของยีน *VKORC1* เพื่อพิจารณาปรับปริมาณยาวาร์ฟารินในการรักษาได้

คำสำคัญ: Allele-specific PCR (AS-PCR) ยีน *VKORC1* ยาวาร์ฟาริน

---

[1] นิสิตปริญญาตรี, หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต (กศ.บ.) วิชาเอกชีววิทยา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[2] อ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[3] อ.ดร., ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

[1] Undergraduate Student, Bachelor of Education Program (B.Ed.), Major in Biology, Faculty of Education, Thaksin University, Songkla, 90000, Thailand

[2] Lecturer Dr., Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkla, 90000, Thailand

[3] Lecturer Dr., Department of Pathology, Faculty of Medicine, Prince of Songkla University, Songkla, 90110, Thailand

* Corresponding author: Tel: 08-8790-9294. Email address: varunrut@tsu.ac.th

(Received: April 21, 2020; Revised: July 29, 2020; Accepted: August 4, 2020)

Abstract

Warfarin is an anticoagulant drug, which has a narrow therapeutic index *VKORC1* gene polymorphisms [(-1639G > A (rs9923231) and 1173C > T (rs9934438)] affect drug responses that need to be considered for warfarin dosage requirement. Therefore, the objective of this study was to develop Allele-specific PCR (AS-PCR). Firstly, specific primers for *VKORC1* gene were designed. PCR optimization was performed by varying annealing temperature. The results showed that 1.25 mM $MgCl_2$ was suitable for all primers. At -1639G > A, 65°C was suitable annealing temperature for mutant and control primers. Whereas, 57°C was suitable annealing temperature for wildtype primers and all primer pairs in another position, 1173C > T. PCR products were validated by DNA sequencing, resulting in 100% homology. In conclusion, the newly developed AS-PCR could use for *VKORC1* genotype detection to adjust for warfarin dosage.

Keywords: Allele-specific PCR (AS-PCR), *VKORC1* gene, Warfarin

บทนำ

ยาวาร์ฟาริน (Warfarin) จัดเป็นยาในกลุ่มต้านการแข็งตัวของเลือด (Anticoagulant) ออกฤทธิ์ขัดขวางการทำงานของปัจจัยการแข็งตัวของเลือดที่อาศัยวิตามินเค (Vitamin K Dependent Clotting Factor) [1] ได้แก่ Clotting Factor II, VII, IX และ X โดยยาจะรบกวนการทำงานของเอนไซม์ Vitamin K Epoxide Reductase (VKORC) ซึ่งมีหน้าที่ในการผันกลับของวิตามินเคมาใช้ใหม่ [2] การใช้ยาวาร์ฟารินต้องคำนึงถึงข้อควรระวังทางคลินิก เนื่องจากมีดัชนีการรักษาแคบ (Narrow Therapeutic Index) มีโอกาสเกิดพิษของยาได้ง่าย จึงต้องติดตามประเมินประสิทธิภาพและความเป็นพิษของยาอย่างสม่ำเสมอ เพื่อปรับระดับยาให้เหมาะสม โดยวัดจากค่า INR (International Normalized Ratio) ช่วงของการรักษาที่เหมาะสมประมาณ 2-3 หากได้ค่าน้อยกว่า 2 บ่งชี้ว่ามีโอกาสเกิดลิ่มเลือดอุดตันในหลอดเลือด และหากได้ค่าสูงเกิน 3 อาจทำให้เกิดภาวะเลือดออกผิดปกติ (Bleeding) [3] ส่งผลให้การระบุขนาดของยาและการจัดการเป็นไปได้ยาก ยาวาร์ฟารินส่วนใหญ่มักใช้สำหรับการป้องกันและรักษาโรคหัวใจและหลอดเลือด (Cardiovascular Diseases; CVDs) ซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่คร่าชีวิตคนไทย โดยเฉพาะภาวะลิ่มเลือดอุดตันหลอดเลือด (Venous Thromboembolism; VTE) เป็นภาวะเสี่ยงพบในประชากรผู้สูงอายุ

การตอบสนองของยาวาร์ฟารินเป็นผลมาจากหลายปัจจัย ได้แก่ ปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น อาหาร โดยเฉพาะอาหารที่มีปริมาณวิตามินเคสูง การเกิดอันตรกิริยา (Interaction) กับยาอื่น เช่น Celecoxib ซึ่งเป็นยาต้านการอักเสบ อายุ เพศ [4] และปัจจัยด้านพันธุกรรมซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญ คือ ความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีนมีผลต่อการตอบสนองขนาดของยาวาร์ฟารินที่แตกต่างกันถึงร้อยละ 30-50 [5] เช่น การกลายพันธุ์ (Mutation) ของยีน *CYP2C9* ที่ควบคุมการสร้าง Cytochrome P450 2C9 ซึ่งเป็น Hepatic Microsomal Enzyme มีหน้าที่ในการกำจัดยา และการกลายพันธุ์ของยีน *VKORC1* ซึ่งควบคุมการสังเคราะห์ Vitamin K Oxide Reductase ในคนแต่ละเชื้อชาติมีความแตกต่างกัน [1] โดยเฉพาะในประชากรเอเชียมี ความแปรผันของยีน *VKORC1* มากกว่าประชากรยุโรป อเมริกันและแอฟริกัน-อเมริกัน แม้ว่ามีการรายงานตำแหน่งสนิปส์ของยีนที่พบหลายตำแหน่ง แต่มีสองตำแหน่งที่สำคัญ คือ -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438) ที่มีอิทธิพลต่อการให้ปริมาณยาวาร์ฟารินเป็นอย่างมาก [6]

โดยทั่วไปการตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *VKORC1* นิยมใช้เทคนิค PCR-RFLP โดยจำเป็นต้องใช้เอนไซม์ตัดจำเพาะ (Restriction Enzyme) มีราคาสูงพร้อมทั้งขั้นตอนยุ่งยาก และใช้เวลานานค่อนข้างนาน ส่วน Real-Time PCR เป็นเทคนิคที่มีต้นทุนสูงและต้องใช้เครื่องมือพีซีอาร์ที่มีราคาสูง [7] นอกจากนี้ ผู้ปฏิบัติงานในห้องปฏิบัติการของโรงพยาบาลที่ตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมมีจำนวนจำกัด ส่งผลต่อภาระงานที่หนักและการออกผลการทดสอบให้แก่ผู้รับบริการเป็นไปได้ช้าเพื่อลดปัญหาดังกล่าวและการให้บริการแก่ผู้ป่วยอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาเครื่องหมาย Allele-specific PCR ที่อาศัยความจำเพาะของไพรเมอร์กับลำดับนิวคลีโอไทด์ของดีเอ็นเอต้นแบบสำหรับตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *VKORC1*

วิธีดำเนินการ

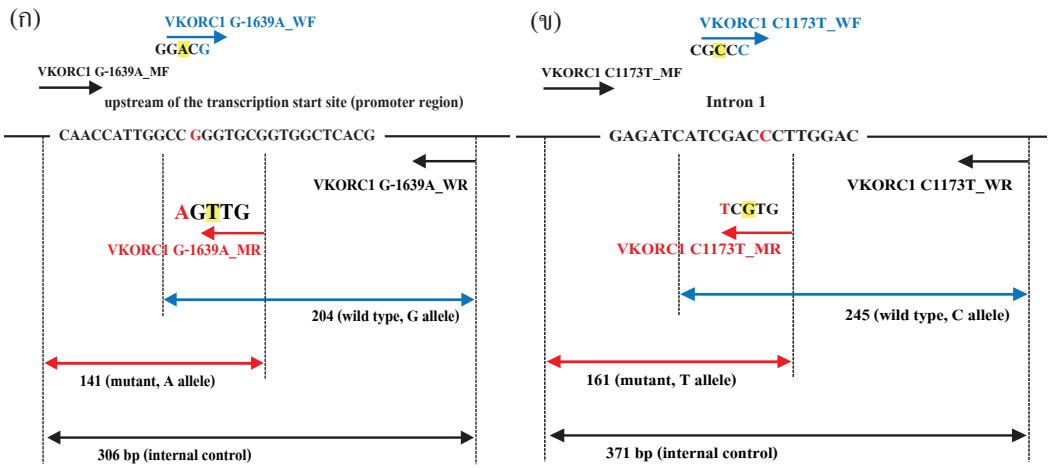
การศึกษาครั้งนี้ เริ่มจากการออกแบบไพรเมอร์ (Primer) ที่มีความจำเพาะต่อยีน *VKORC1* ที่สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438) ดังภาพที่ 1 และตารางที่ 1 โดยในการออกแบบไพรเมอร์นั้นใช้หลักการจากงานวิจัยพืชวงศ์ผักกาด โดยมีหลักการออกแบบคือปลาย 3' ของไพร์เมอร์จะต้องมีความจำเพาะกับจีโนไทป์ที่เป็น Wildtype และ Mutant ของสนิปส์แต่ละตำแหน่ง [8] ตรวจสอบคุณสมบัติของไพรเมอร์โดยใช้โปรแกรม Vector NTI และ NCBI Primer-BLAST อีกทั้งคำนวณอุณหภูมิขั้นตอน Annealing แล้วหาสภาวะที่เหมาะสม (Optimization) สำหรับการเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตัวอย่างของมนุษย์ที่ทราบจีโนไทป์แล้ว (Known Sample) ด้วยเทคนิค Allele-specific PCR แล้วตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์โดยการทำอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบอะกาโรส (Agarose Gel Electrophoresis) สกัดดีเอ็นเอจากตัวอย่างเลือดของมนุษย์ด้วย QIAamp DNA Mini Kit (QIAGEN) วัดปริมาณและคุณภาพของดีเอ็นเอที่สกัดได้ด้วยเครื่องสเปคโตรโฟโตมิเตอร์

ขั้นตอนการทำ Allele - specific PCR กำหนดปฏิกิริยาพีซีอาร์ปริมาตรรวม 10 ไมโครลิตร ประกอบด้วยปริมาณ ดีเอ็นเอตัวอย่าง 50 นาโนกรัม Betaine (Adjuvant) ความเข้มข้น 5 โมลาร์ Forward Primer ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ Reverse Primer ความเข้มข้น 1 ไมโครโมลาร์ ความเข้มข้นของ $MgCl_2$ 1.25 มิลลิโมลาร์ สารละลาย dNTPs ความเข้มข้น 0.2 มิลลิโมลาร์ พีซีอาร์บัฟเฟอร์ และ *Taq* DNA Polymerase (Immulase) 0.5 ยูนิต สภาวะสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้เครื่อง Thermal Cycler ประกอบด้วยขั้นตอน 1) Initial Denaturation ที่อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 10 นาที 2) Denature อุณหภูมิ 95 องศาเซลเซียส 30 วินาที 3) Annealing กำหนดอุณหภูมิสำหรับการ Optimization ต่างกันดังต่อไปนี้ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส 30 วินาที 4) Extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 45 วินาที ทำซ้ำขั้นตอนที่ 2 ถึง 4 จำนวน 35 รอบ และ 5) Final Extension ที่อุณหภูมิ 72 องศาเซลเซียส 10 นาที จากนั้นตรวจสอบผลผลิตพีซีอาร์โดยทำอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบอะกาโรส ความเข้มข้นร้อยละ 2.5 ที่สภาวะ 100 โวลต์ เป็นเวลา 50 นาที แล้วนำไปย้อมด้วยสารละลาย Ethidium Bromide และถ่ายภาพภายใต้ UV Eransluminator โดยผลผลิตพีซีอาร์ที่คาดหวังที่ตำแหน่งสนิปส์ -1639G > A หากปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 306 204 และ 141 คู่เบส หมายความว่า ตัวอย่างนั้นมีจีโนไทป์แบบ Heterozygous (G/A) หากปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 306 และ 204 คู่เบส หมายความว่า มีจีโนไทป์แบบ Homozygous Wildtype (G/G) และหากปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 306 และ 141 คู่เบส หมายความว่า มีจีโนไทป์แบบ Homozygous Mutant (A/A) ส่วนที่ตำแหน่งสนิปส์ 1173C > T หากปรากฏแถบดีเอ็นเอ

ขนาด 371 245 และ 161 คู่เบส หมายความว่า ตัวอย่างนั้นมีจีโนไทป์แบบ Heterozygous (C/T) หากปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 371 และ 245 คู่เบส หมายความว่า มีจีโนไทป์แบบ Homozygous Wildtype (C/C) และหากปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 371 และ 161 คู่เบส หมายความว่า มีจีโนไทป์แบบ Homozygous Mutant (T/T) ดังตารางที่ 2 ต่อมานำผลผลิตพีซีอาร์แต่ละขนาดจากการทำ Allele-specific PCR ของดีเอ็นเอมนุษย์แต่ละตัวอย่าง ทำให้ผลิตภัณฑ์พีซีอาร์บริสุทธิ์ (Purification) โดยนำเจลไปตัดเอาเฉพาะส่วนผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ที่ต้องการ และแยกผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ออกจากเจลด้วยวิธี Crush and Soak [7] ยืนยันผลด้วยการหาลำดับนิวคลีโอไทด์ (Sanger DNA Sequencing) ด้วยเครื่องวิเคราะห์ลำดับนิวคลีโอไทด์อัตโนมัติ ABI3500 Automate Sequencer ณ หน่วยมนุษยพันธุศาสตร์ คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ผลการวิจัย

จากการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ (PCR Optimization) โดยเพิ่มปริมาณดีเอ็นเอตัวอย่างของคนที่ทราบจีโนไทป์ จำนวน 2 ตัวอย่าง ได้แก่ ตัวอย่างที่ 1 และตัวอย่างที่ 2 โดยสนิปส์ทั้ง 2 ตำแหน่งของยีน *VKORC1* คือ -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438) ซึ่งทดสอบแยกคู่ไพรเมอร์สนิปส์ละ 3 คู่ ได้แก่ Wildtype Forward และ Wildtype Reverse, Mutant Forward และ Mutant Reverse และคู่ไพรเมอร์ Mutant Forward และ Wildtype Reverse ซึ่งใช้สำหรับการควบคุม (Control Band) ปฏิกิริยาพีซีอาร์แต่ละครั้ง



ภาพที่ 1 ขอบเขตของยีน *VKORC1* ที่ระบุตำแหน่งไพรเมอร์ของ สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A (ก) และสนิปส์ตำแหน่ง 1173C > T (ข)

ตารางที่ 1 ไพรเมอร์ที่ใช้ในการทำพีซีอาร์เพื่อตรวจสอบความหลากหลายของยีน *VKORC1*

ชื่อตำแหน่งพหุสัณฐาน	ชื่อไพร์เมอร์	ลำดับนิวคลีโอไทด์ (5'-3')	ขนาด (bp)
C.-1639G > A rs9923231	VKORC1 G-1639A_WF	ACCTGAAAAACAACCATTGGACG	204
	VKORC1 G-1639A_WR	CTCAGCCTCCCAAGTAGTTTGG	
	VKORC1 G-1639A_MF	AGCCAGCAGGAGAGGGAAATAT	141
	VKORC1 G-1639A_MR	CGTGAGCCACCGCAACT	
C.1173C > T rs9934438	VKORC1 C1173T_WF	CCAGGAGATCATCGCCC	245
	VKORC1 C1173T_WR	GTGTAGAAGATGCAACCGAAT	
	VKORC1 C1173T_MF	GAGACTTACTTAAGGTCTAAGATGAA	161
	VKORC1 C1173T_MR	CTCCCATCCTAGTCCACGA	

หมายเหตุ: Internal Control ของ C.-1639G > A (rs9923231) ได้แก่ ไพรเมอร์ *VKORC1* G-1639A_MF (Mutant Forward) กับ *VKORC1* G-1639A_WR (Wildtype Reverse) ผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 306 bp และ C.1173 C > T (rs9934438) ได้แก่ ไพรเมอร์ *VKORC1* C1173T_MF (Mutant Forward) กับ *VKORC1* C1173T_WR (Wildtype Reverse) ผลผลิตพีซีอาร์ขนาด 371 bp

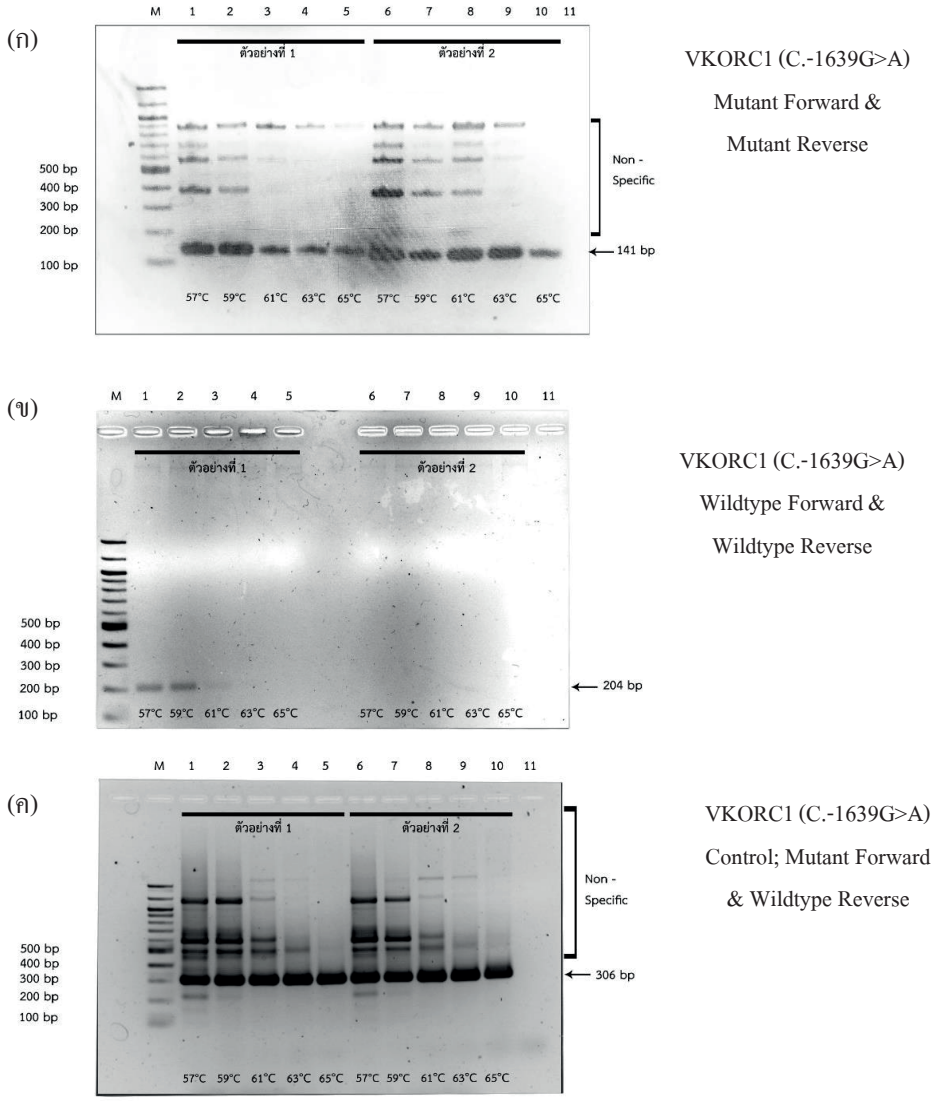
ตารางที่ 2 ตัวอย่างดีเอ็นเอมนุษย์ซึ่งทราบจีโนไทป์แล้ว ที่ใช้ทดสอบคู่ไพรเมอร์ของยีน *VKORC1* ตำแหน่งสนิปส์ -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438)

ตัวอย่างดีเอ็นเอ	จีโนไทป์ สำหรับตำแหน่งสนิปส์ของ ยีน VKORC1	
	-1639G > A (rs9923231)	1173C > T (rs9934438)
1	Heterozygote (G/A)	Heterozygote (C/T)
2	Homozygous Mutant (A/A)	Homozygous Mutant (T/T)

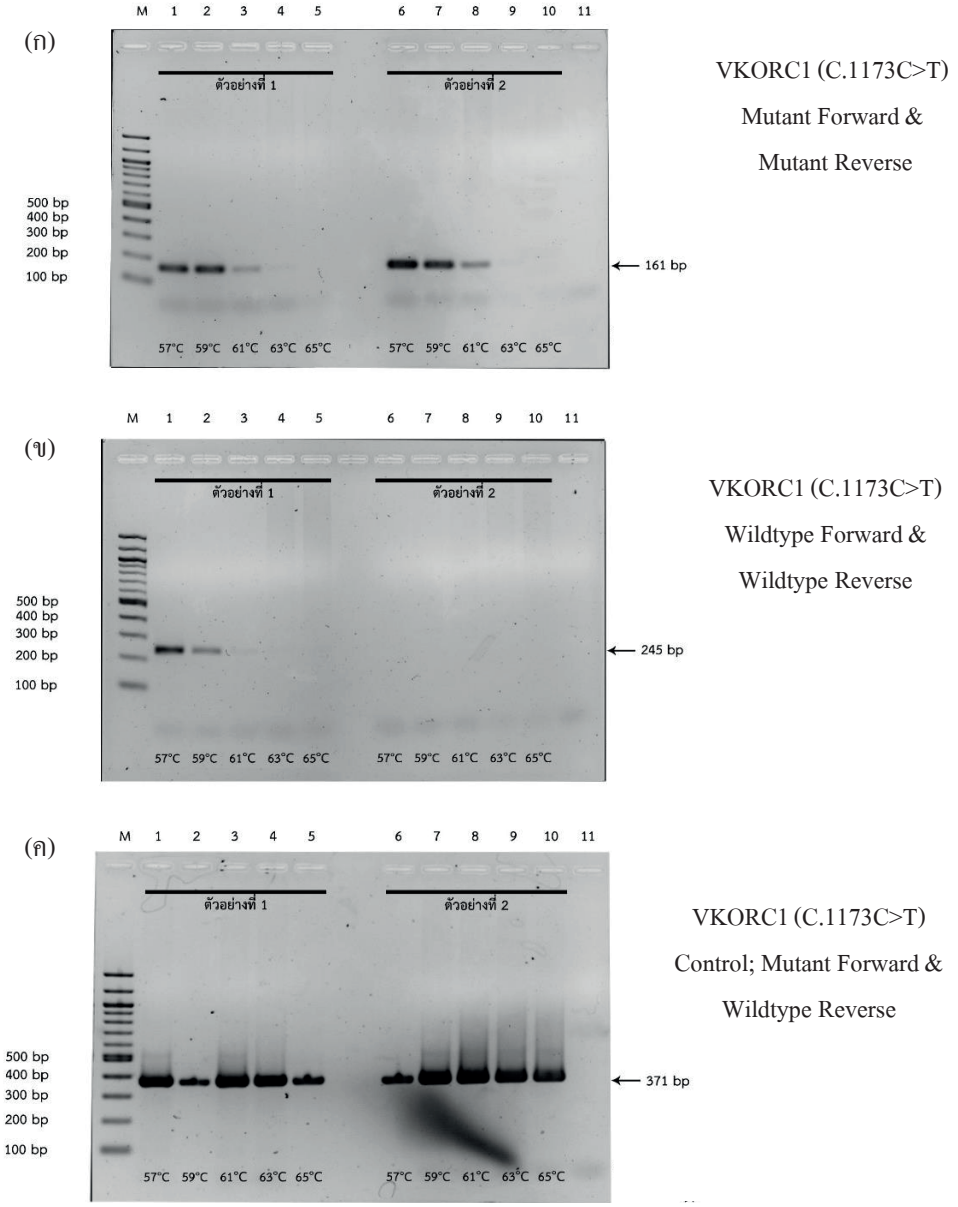
ยีน *VKORC1* ที่สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A (rs9923231) จากการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ โดยใช้ตัวอย่างที่ 1 (มีจีโนไทป์แบบ G/A) และตัวอย่างที่ 2 (มีจีโนไทป์แบบ A/A) กำหนดความแตกต่างของอุณหภูมิในขั้นตอน Annealing ดังนี้ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าไพรเมอร์คู่แรก คือ Mutant Forward และ Mutant Reverse ผลิตแถบดีเอ็นเอขนาด 141 คู่เบส ทุกอุณหภูมิทั้งสองตัวอย่าง พร้อมทั้งผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะ (Non – specific PCR Product) จำนวนมากในอุณหภูมิ 57 59 61 และ 63 องศาเซลเซียส ส่วนในอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ปรากฏผลผลิต พีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะเพียง 1 แถบในตัวอย่างที่ 1 แต่มีขนาดแตกต่างจากผลผลิตพีซีอาร์ที่ต้องการมาก จึงสามารถแยกจากกันได้อย่างชัดเจน จึงสรุปได้ว่า อุณหภูมิขั้นตอน Annealing ที่ 65 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ (ภาพที่ 2 ก) ไพรเมอร์คู่ที่สอง คือ Wildtype Forward และ Wildtype Reverse ปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 204 คู่เบส ชัดเจนในอุณหภูมิ 57 และ 59 องศาเซลเซียส แถบสีจางในอุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส และไม่ปรากฏแถบดังกล่าวที่อุณหภูมิ 63 และ 65 องศาเซลเซียส ในตัวอย่างที่ 1 แต่ไม่ปรากฏแถบดีเอ็นเอทุกอุณหภูมิใน

ตัวอย่างที่ 2 ในขณะเดียวกันไม่ปรากฏผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะในทุกอุณหภูมิทั้งสองตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิขั้นตอน Annealing ที่ 57 และ 59 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ (ภาพที่ 2 ข) ไพรเมอร์คู่ Control; Mutant Forward และ Wildtype Reverse ปรากฏแถบดีเอ็นเอขนาด 306 คู่เบส ทุกอุณหภูมิทั้งสองตัวอย่าง ในขณะเดียวกันปรากฏผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะในอุณหภูมิ 57 59 61 และ 63 องศาเซลเซียส แต่ไม่ปรากฏในอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส ทั้งสองตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิขั้นตอน Annealing ที่ 65 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ (ภาพที่ 2 ค)

ยีน *VKORC1* ที่สนิปส์ตำแหน่ง 1173C > T (rs9934438) จากการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์โดยใช้ตัวอย่างที่ 1 (มีจีโนไทป์แบบ C/T) และตัวอย่างที่ 2 (มีจีโนไทป์แบบ T/T) โดยกำหนดความแตกต่างของอุณหภูมิในขั้นตอน Annealing ดังนี้ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ผลการศึกษาพบว่าคู่ไพรเมอร์ Mutant Forward และ Mutant Reverse ผลิตแถบดีเอ็นเอขนาด 161 คู่เบสอย่างชัดเจนในที่อุณหภูมิ 57 และ 59 องศาเซลเซียส ขณะที่เกิดแถบจางๆ ที่อุณหภูมิ 61 องศาเซลเซียส และไม่ปรากฏแถบดังกล่าวที่อุณหภูมิ 63 และ 65 องศาเซลเซียส ทั้งสองตัวอย่าง (ภาพที่ 3 ก) ขณะที่คู่ ไพรเมอร์ Wildtype Forward และ Wildtype Reverse ผลิตแถบดีเอ็นเอขนาด 245 คู่เบส อย่างชัดเจนที่อุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส พร้อมทั้งเกิดแถบสีจางที่อุณหภูมิ 59 องศาเซลเซียส และไม่ปรากฏแถบดังกล่าวที่อุณหภูมิ 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ในตัวอย่างที่ 1 เท่านั้น อีกทั้งไม่ปรากฏผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะทุกอุณหภูมิทั้ง 2 ตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิขั้นตอน Annealing ที่ 57 องศาเซลเซียส เหมาะสมกับปฏิกิริยาพีซีอาร์ของไพรเมอร์คู่ Wildtype (ภาพที่ 3 ข) และสุดท้าย ไพรเมอร์คู่ควบคุม Mutant Forward และ Wildtype Reverse ผลิตแถบดีเอ็นเอขนาด 371 คู่เบส ทุกอุณหภูมิทั้งสองตัวอย่าง ในขณะเดียวกันไม่ปรากฏผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะในทุกอุณหภูมิทั้งสองตัวอย่าง สามารถสรุปได้ว่า อุณหภูมิขั้นตอน Annealing ที่ 57 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ของไพรเมอร์คู่ควบคุม (ภาพที่ 3 ค)



ภาพที่ 2 แถบดีเอ็นเอของผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ของยีน *VKORC1* ที่สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A (ก) ใช้คู่ไพรเมอร์ Mutant Forward และ Mutant Reverse ขนาด 141 คู่เบส (ข) ใช้คู่ไพรเมอร์ Wildtype Forward และ Wildtype Reverse ขนาด 204 คู่เบส และ (ค) ใช้ไพรเมอร์คู่ Control; Mutant Forward และ Wildtype Reverse ขนาด 306 คู่เบส ซึ่ง Lane M แทน 100 คู่เบส DNA Marker; Lanes 1-5 แทนตัวอย่างที่ 1 โดยอุณหภูมิขั้นตอน Annealing ได้แก่ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ Lanes 6-10 แทนตัวอย่างที่ 2 โดยอุณหภูมิขั้นตอน Annealing ได้แก่ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับสุดท้ายคือ Lane 11 แทนกลุ่มควบคุมแบบลบ (No Template DNA)



ภาพที่ 3 แถบดีเอ็นเอของผลิตภัณฑ์พีซีอาร์ของยีน *VKORC1* ที่สนิปส์ตำแหน่ง 1173C > T (ก) ใช้คู่ไพรเมอร์ Mutant Forward และ Mutant Reverse ขนาด 161 คู่เบส (ข) ใช้คู่ไพรเมอร์ Wildtype Forward และ Wildtype Reverse ขนาด 245 และ (ค) ใช้คู่ไพรเมอร์ Control; Mutant Forward และ Wildtype Reverse ขนาด 371 คู่เบส ซึ่ง Lane M แทน 100 คู่เบส DNA Marker; Lanes 1-5 แทนตัวอย่างที่ 1 โดยอุณหภูมิขั้นตอน Annealing ได้แก่ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ Lanes 6-10 แทนตัวอย่างที่ 2 โดยอุณหภูมิขั้นตอน Annealing ได้แก่ 57 59 61 63 และ 65 องศาเซลเซียส ตามลำดับ สุดท้ายคือ Lane 11 แทนกลุ่มควบคุมแบบลบ (No Template DNA)

อภิปรายผลและสรุปผลการวิจัย

จากการหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ครั้งที่ 1 ที่สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A (rs9923231) ไพรเมอร์คู่แรก คือ Mutant Forward และ Mutant Reverse ปรากฏผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะ แต่ไพรเมอร์คู่ Wildtype Forward และ Wildtype Reverse ปรากฏเพียงผลผลิตพีซีอาร์ที่จำเพาะ ซึ่งผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะอาจเกิดจากปริมาณสาร $MgCl_2$ มากเกินไป ส่งผลต่อการจับของไพรเมอร์กับดีเอ็นเอต้นแบบที่ไม่จำเพาะ [9] ส่วนอุณหภูมิสำหรับขั้นตอน Annealing ที่เหมาะสมนั้นคำนวณจาก Primer Blast ซึ่งแตกต่างกันในไพรเมอร์แต่ละคู่ [7] จากการออกแบบไพรเมอร์ที่มีความจำเพาะต่อตำแหน่งสนิปส์ -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438) ของยีน *VKORC1* พบว่า สภาวะที่เหมาะสมสำหรับปฏิกิริยาพีซีอาร์ คือความเข้มข้นของ $MgCl_2$ 1.25 มิลลิโมลาร์ ความเข้มข้นของ Betaine (Adjuvant) 5 โมลาร์ PCR Buffer และ *Taq* DNA Polymerase (Immulase) เหมาะสมสำหรับทุกปฏิกิริยาพีซีอาร์ ส่วนอุณหภูมิ 65 องศาเซลเซียส เหมาะสมสำหรับไพรเมอร์คู่มิวแทนท์และไพรเมอร์คู่ควบคุมที่สนิปส์ตำแหน่ง -1639G > A ในขณะที่ไพรเมอร์คู่ไวลด์ไทป์ใช้อุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส ส่วนสนิปส์ตำแหน่ง 1173C > T ทุกคู่ไพรเมอร์ใช้อุณหภูมิ 57 องศาเซลเซียส ผลผลิตพีซีอาร์ยืนยันผลด้วยวิธี Sanger DNA Sequencing แล้วเปรียบเทียบ Nucleotide Blast กับ ลำดับนิวคลีโอไทด์ของยีน *VKORC1* ในฐานข้อมูล NCBI : NG_011564.1 ผลการทดสอบมีความสอดคล้องกัน 100 %

การศึกษานี้เป็นเพียงการศึกษาเบื้องต้นสำหรับพัฒนาเครื่องหมาย AS-PCR เพื่อใช้ตรวจสอบความหลากหลายทางพันธุกรรมของยีน *VKORC1* ซึ่งยังมีข้อจำกัดหลายประการ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการตรวจสอบประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้น ซึ่งยังไม่ครอบคลุมจีโนไทป์ที่เป็นไปได้ทั้งหมดของสนิปส์ทั้งสองตำแหน่ง เนื่องจาก Homozygous Wildtype ของสนิปส์ -1639G > A (rs9923231) และ 1173C > T (rs9934438) เป็นจีโนไทป์ที่พบความถี่น้อยมากในประชากรชาวไทย แผนงานวิจัยขั้นต่อไปจะพัฒนาจากวิธี Singleplex AS-PCR ซึ่งต้องแยกหลอดสำหรับไพร์เมอร์แต่ละคู่ เปลี่ยนเป็น Multiplex AS-PCR ซึ่งอาจจะมีการปรับความเข้มข้นของ $MgCl_2$ และอุณหภูมิสำหรับพีซีอาร์ขั้นตอน Annealing อีกครั้ง เพื่อปรับลดผลผลิตพีซีอาร์ที่ไม่จำเพาะและให้ได้สภาวะพีซีอาร์ที่เหมาะสม รวมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพของวิธีที่พัฒนาขึ้นโดยใช้จำนวนตัวอย่างเพิ่มมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

[1] Thongarporn, S. (2012). *Prevalence of adverse drug reactions and factors affecting bleeding from warfarin usage in southern Thai patients.* Master Thesis. Prince of Songkla University.

[2] Charuchotekamol, A. (2010). Warfarin and genetic polymorphism. *Thai Pharmaceutical and Health Science Journal*, *5*(2), 180–184.

[3] Choicharnchaikul, S., Malathum, P., & Karnchanachari, S. (2008). The use of warfarin in older adults: a case study and caring. *Ramathibodi Nursing Journal, 14*(3), 366–384.

[4] Ansell, J., Hirsh, J., Hylek, E., Jacobson, A., Crowther, M., & Palareti, G. (2008). Pharmacology and management of the vitamin K antagonists: american college of chest physicians evidence-based clinical practice guidelines (8th edition). *Chest, 133*(6 Suppl), 160S–198S. DOI: 10.1378/chest.08-0670.

[5] Rettie, A. E., & Tai, G. (2006). The pharmacogenomics of warfarin: closing in on personalized medicine. *Molecular Interventions*, *6*(4), 223–227. DOI: 10.1124/mi.6.4.8.

[6] Limdi, N. A., Wadelius, M., Cavallari, L., Eriksson, N., Crawford, D.C., Lee, M. M., …Wagner, (2010). Warfarin pharmacogenetics: a single *VKORC1* polymorphism is predictive of dose across 3 racial groups. *Blood, 115*(18), 3827–3834. DOI: https://doi.org/10.1182/blood- 2009-12-255992.

[7] Sambrook, J. F., & Russell, D. W. (2001). *Molecular cloning: A Laboratory Manual.* (3rd Ed). New York: Cold Spring Harbor Laboratory Press.

[8] Liu, J., Huang, S., Sun, M., Liu, S., Liu, Y., Wang, W.,... Hua, W. (2012). An improved allele-specific PCR primer design method for SNP marker analysis and its application. *Plant Methods*, *8,* 34 (2012). DOI: https://doi.org/10.1186/1746-4811-8-34.

[9] Park, Y. H., & Kohel, R. J. (1994). Effect of concentration of $MgCl_2$ on random-amplified DNA polymorphism. *Biotechniques, 16*(4), 652–656.

บทความวิจัย

การพยากรณ์อัตราเร็วลมด้วยแบบจำลองสภาพอากาศเพื่อการวิจัยขั้นสูง WRF-ARW

Forecasting of Wind Speed Using Advanced Research-WRF Model

สมพล ชีวมงคลกานต์[1*] จอมภพ แววศักดิ์[2] และชนะ จันทร์ฉ่ำ[3]

Somphol Chiwamongkhonkarn[1*], Jompob Waewsak[2] and Chana Chancham[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาการพยากรณ์อัตราเร็วของลมสเกลปานกลางของประเทศไทย โดยใช้แบบจำลองสภาพอากาศเพื่อการวิจัยขั้นสูง (WRF-ARW) ซึ่งเป็นระบบพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขที่ได้รับการพัฒนาให้เป็นระบบการพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขสเกลปานกลาง และใช้ระยะเวลาพยากรณ์ 12 วัน โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 9 กิโลเมตร และ เอาท์พุตรายชั่วโมงในกระบวนการรันแบบจำลอง โดยอาศัยข้อมูลเงื่อนไขขอบเขตสภาพอากาศรูปแบบการวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย (FNL Reanalysis) จากศูนย์พยากรณ์แห่งชาติสหรัฐ (NCEP) และการประกอบแบบแผนการจำลองแบบ โดยอาศัยการกำหนดตัวแปร จุลภาคกายภาพ (Microphysics) แบบ WSM3 แบบการแผ่รังสีของคลื่นสั้นและคลื่นยาว รูปแบบ Dudhia และ RRTM แบบแผนพื้นผิว MM5 ส่วนชั้นผิวดินเป็นแบบแผน Unified Noah LSM และขอบเขตระดับชั้นโลก (Planetary Boundary Layer) แบบ YSU แบบแผนเมฆเป็นแบบ Kain-Fritsch จากนั้นนำผลการพยากรณ์ที่ได้นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลตรวจวัดจากเสาวัดลม 2 ตำแหน่ง ที่อำเภอซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ และที่อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ที่ระดับความสูง 117.5 เมตร และ 120 เมตร ตามลำดับ และระยะเวลาที่ใช่ในการพยากรณ์อัตราเร็วลมแบ่งออกเป็น 2 ช่วงที่แตกต่างกันที่อำเภอซับใหญ่และอำเภอปากพนังในช่วงวันที่ 20-31 ธันวาคม 2017 และวันที่ 20-31 พฤษภาคม 2012 พบว่า ค่าไวล์บุลล์ k และ A ของอำเภอซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ จากผลการตรวจวัดและการพยากรณ์มีค่าเท่ากับ 3.58 7.63 และ 3.61 11.20 อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าเท่ากับ 3.09 6.91 และ 2.79 8.87 และค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์ (MAD) มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.43 2.96 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) มีค่าเท่ากับ 13.65 14.06 รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 3.69 3.75 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละสัมบูรณ์ (MAPE) มีค่าเท่ากับ 54.05 83.95 ตามลำดับ

คำสำคัญ: ลม การพยากรณ์ แบบจำลองสภาพอากาศ สเกลปานกลาง แบบแผน

---

[1] นิสิตปริญญาเอก หลักสูตรวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2] รศ.ดร., สาขาวิชาฟิสิกส์ ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[3] ดร. ศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1] Ph.D. Candidate, Energy Engineering Program, Faculty of Engineering, Thaksin University, Patthalung, 93210, Thailand

[2] Assoc. Prof. Dr., Department of Physics, Faculty of Science, Thaksin University, Patthalung, 93210, Thailand

[3] Dr., Research Center in Energy and Environment, Faculty of Science, Thaksin University, Patthalung, 93210, Thailand

* Corresponding author: E-mail address: dung_ding19@hotmail.com

(Received: April 21, 2020; Revised: June 9, 2020; Accepted: June 29, 2020)

Abstract

This study presents the mesoscale forecasting of wind speed of Thailand using an advanced research-Weather Research and Forecasting (ARW) modeling system. Numerical simulations were carried out for 12 days, with a single modeling domain with a horizontal grid resolution of 9 km centering at Sap Yai district in Chaiyaphum province and Pak Phanang district Nakhon Si Thammarat province by applying initial and boundary conditions provided by FNL (FNL Reanalysis) from the National Centers for Environmental Prediction (NCEP). The case study for the ARW event used the WSM3 scheme for microphysics, Dudhia and RRTM scheme for short-long wave radiation, unified Noah LSM for Noah land surface scheme and YSU scheme for PBL processes. Wind predictions are obtained and compared with real observed data from a mast tower at height of 117.5 m and 120 m above ground level at Sap Yai and Pak Phanang districts respectively. Wind speed prediction was done based on two distinct periods, the first one was during 20-31 December 2017 on Sap Yai district and the second one was during 20-31 May 2012 on Pak Phanang district. Results showed that the Weibull parameters, i.e., k and A based on observed data was 3.58 and 7.63 while obtained from the prediction was 3.61 and 11.20 at Sap Yai district in Chaiyaphum province. For Pak Phanang district, they were found to be 3.09 and 6.91 and 2.79 and 8.87. The statistical error analysis of Sap Yai showed that the value of MAD was percentage 3.43, 2.96, MSE was 13.65, 14.06, RMSE was 3.69, 3.75 and MAPE was 54.05, 83.95 respectively.

Keywords: Wind, Forecast, WRF, Mesoscale, Scheme

บทนำ

ความต้องการใช้พลังงานที่มีเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็วเนื่องจากการเจริญเติบโตของเมือง อุตสาหกรรม และประชากร ในขณะเดียวกัน อุตสาหกรรมทางด้านพลังงานมีความมุ่งมั่นในการที่จะผลิตพลังงานมากขึ้น และตลาดการผลิตไฟฟ้ามีการแข่งขันมากขึ้น การป้องกันปัญหาการขาดแคลนไฟฟ้าใช้นั้นจะช่วยลดผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นกับความเป็นอยู่ของประชากร ทางด้านสังคม ด้านเศรษฐกิจ และต้องไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นแหล่งพลังงานทดแทนเป็นทางเลือกที่มีแนวโน้มมากที่สุดสำหรับใช้ในการผลิตกระแสไฟฟ้า ในขณะที่การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงฟอสซิลทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมอย่างรุนแรง เช่น การเพิ่มขึ้นของของก๊าซเรือนกระจกซึ่งทำให้เกิดกรดฝน มลพิษในเมือง และการเสื่อมสภาพของความหลากหลายทางชีวภาพ [1] อย่างไรก็ตามแหล่งที่มาของพลังงานทดแทนที่ไม่มีวันหมด เช่น ลม และแสงอาทิตย์ ยังมีข้อเสียเนื่องจากความไม่แน่นอนของความต่อเนื่องของแหล่งพลังงานหรือความไม่สม่ำเสมอในการให้พลังงาน และไม่สามารถควบคุมได้ ทำให้เกิดการผันผวนในพลังงานขาออกจากเครื่องกำเนิดไฟฟ้า ทำให้ส่งผลกระทบต่อระบบสายส่งหรือการดำเนินการ ดังนั้นการพยากรณ์สภาพอากาศจึงมีบทบาทสำคัญในอุตสาหกรรมพลังงานโดยเฉพาะอย่างยิ่ง [2] ในประเทศไทยมีการเจริญเติบโตของฟารม์กังหันลมผลิตไฟฟ้าอย่างต่อเนื่องจากข้อมูลของคณะกรรมการกำกับกิจการพลังงานมีผู้ผลิตไฟฟ้าจากพลังงานจากลมที่ COD แล้ว 34 รายโดยมีกำลังการผลิตติดตั้งอยู่ที่ 1,497 MW [3] การพยากรณ์อัตราเร็วลมจึงได้กลายเป็นสิ่งสำคัญมากขึ้น เพื่อที่จะสามารถใช้ประโยชน์จากทรัพยากรพลังงานลม ซึ่งมีความไม่แน่นอนให้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้น

และเป็นประโยชน์แก่การผลิตพลังงานไฟฟ้าจากกังหันลมจากหนึ่งต้นจนถึงทั้งฟาร์มกังหันลม จากการศึกษาได้เสนอวิธีการและรูปแบบในการพยากรณ์อัตราเร็วลมโดยใช้วิธีการทางกายภาพจากแบบจำลองสภาพอากาศเพื่อการวิจัยขั้นสูง (WRF-ARW) [4] ซึ่งเป็นระบบพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขที่ได้รับการพัฒนาโดยศูนย์วิจัยสำหรับการวิจัยในชั้นบรรยากาศแห่งชาติ (NCAR) มีโครงสร้างแบบแยกส่วนที่อำนวยความสะดวกในการรวมกลุ่มกันของโมดูลการประมวลผลทางกายภาพต่างๆ และแต่ละโมดูลที่มีอยู่จริงได้รับการพัฒนาโดยกลุ่มที่แตกต่างกัน [5] วิธีการทางกายภาพจากแบบจำลองสภาพอากาศเพื่อการวิจัย (WRF) ได้ถูกนำมาใช้ในช่วงปีที่ผ่านมาสำหรับการจำลองการไหลของลมผ่านภูมิประเทศที่ซับซ้อนที่มีผลที่น่าพอใจ [6] ในการศึกษานี้ใช้ข้อมูลเงื่อนไขขอบเขตสภาพอากาศรูปแบบการวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย (FNL Reanalysis) จากศูนย์พยากรณ์แห่งชาติสหรัฐ (NCEP) กำหนดพื้นที่ครอบคลุมทั้งประเทศไทยและอัตราเร็วลมที่ได้จากการพยากรณ์นำมาเปรียบเทียบกับข้อมูลที่มีการตรวจวัด 2 ตำแหน่ง ซึ่งตั้งอยู่ในบริเวณพื้นที่ฟาร์มกังหันลมเพื่อต้องการทราบลักษณะของความเร็วลมและความเร็วลมที่ถูกพยากรณ์สามารถนำไปใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อไปได้

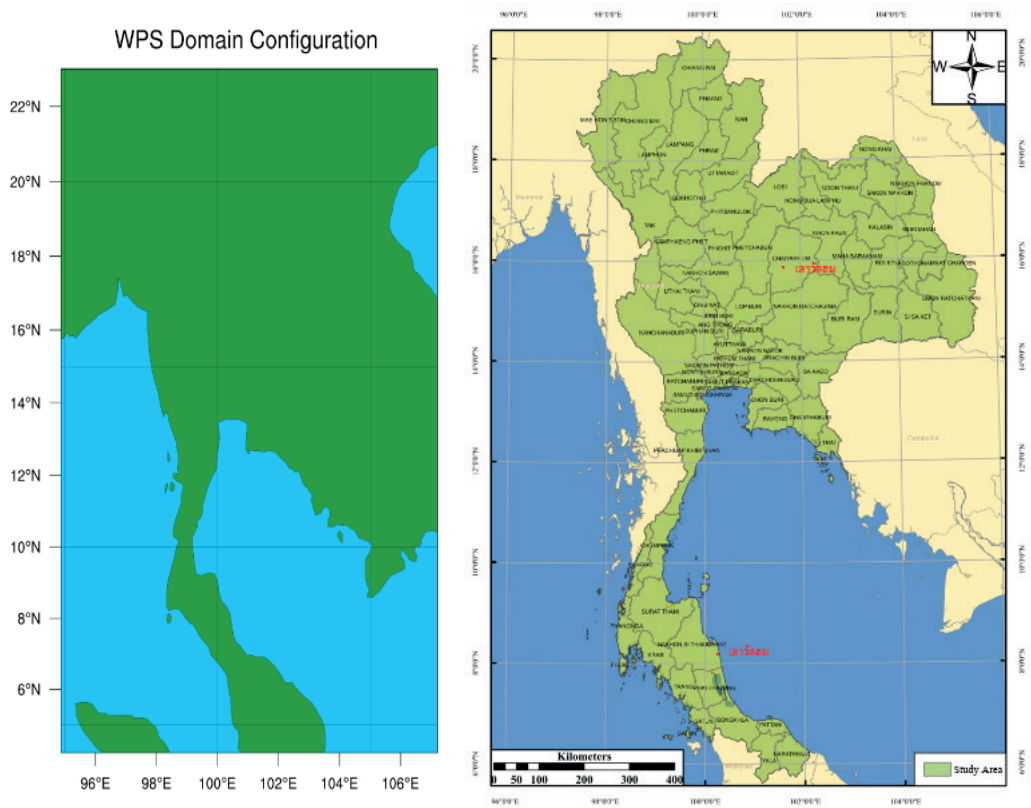
วิธีดำเนินการ

1.1 พื้นที่ศึกษาและข้อมูลอัตราเร็วลมจากการตรวจวัด

สำหรับการพยากรณ์ในการศึกษานี้ กำหนดขอบเขตโดเมนการประมวลผลแบบจำลองบรรยากาศของการศึกษามีความละเอียด 9 km จำนวน 1 โดเมน และพื้นที่ศึกษาทั่วประเทศไทย แสดงดังภาพที่ 1 ข้อมูลที่ใช้ตรวจสอบค่าที่จากการพยากรณ์อาศัยข้อมูลจากเสาวัดลม 2 ตำแหน่งคือ อำเภอซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ และอำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งเป็นเสาวัดลมที่ติดตั้งอยู่ในบริเวณฟาร์มกังหันลมและลักษณะภูมิประเทศที่แตกต่างกันคือสลับสับซ้อนกับพื้นที่ราบ แสดงรายละเอียดดังตารางที่ 1 โดยใช้ข้อมูลตรวจวัดที่อยู่ในช่วงวันที่ในช่วงวันที่ 20-31 ธันวาคม 2017 ของสถานีซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ และวันที่ 20-31 พฤษภาคม 2012 ของสถานีปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช ใช้ในการตรวจสอบผลการพยากรณ์จากแบบจำลอง จากการพยากรณ์ข้อมูลทั้งประเทศไทย

ตารางที่ 1 ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดอัตราเร็วลม

สถานีตรวจวัด	ละติจูด (°)	ลองจิจูด (°)	ความสูงเหนือพื้นดิน (m)
อำเภอซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ	15.585586	101.541486	117.5
อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช	8.276191	100.269145	120



ภาพที่ 1 ขอบเขตการประมวลผลแบบจำลองบรรยากาศ WRF และพื้นที่ศึกษาทั้งประเทศไทย

1.2 การตั้งค่าแบบจำลองและข้อมูลเริ่มต้น

สำหรับส่วนของการศึกษาการจำลองและการตรวจสอบโดยใช้โดเมนเดียวกับระยะห่างของความละเอียด 9 km โดยอาศัยข้อมูลเงื่อนไขขอบเขตสภาพอากาศรูปแบบการวิเคราะห์ขั้นสุดท้าย (FNL Reanalysis) [7] 1 เดือน ที่มีช่วงเวลา 6 ชั่วโมง ความละเอียด 1° × 1° (~100 km) จากศูนย์พยากรณ์แห่งชาติสหรัฐ (NCEP) เป็นเงื่อนไขเริ่มต้น ส่วนรูปแบบของการตั้งค่าแบบจำลองใน WRF ที่ใช้อธิบายกระบวนการทางกายภาพตามโดเมน ความละเอียด สถานที่และการประยุกต์ใช้ ในงานนี้ได้ทำการคัดเลือกดังนี้ กำหนดตัวแปร จุลภาคกายภาพ (Microphysics) แบบ WSM3 แบบการแผ่รังสีของคลื่นสั้นและคลื่นยาว รูปแบบ Dudhia และ RRTM แบบแผนพื้นผิว MM5 ส่วนชั้นผิวดินเป็นแบบแผน Unified Noah LSM และขอบเขตระดับชั้นโลก (Planetary Boundary Layer) แบบ YSU แบบแผนเมฆเป็นแบบ Kain-Fritsch แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 Configuration of WRF

Period Start:	**00:00 UTC 20 Dec 2017 และ 00:00 UTC 20 May 2012**
End:	**24:00 UTC 31 Dec 2017 และ 24:00 UTC 31 May 2012**
Input Data	NCEP FNL Analysis (6-houlry, 1° × 1°)
Domain	Domain 1: 9 km
Projection	Mercator

ตารางที่ 2 Configuration of WRF (ต่อ)

Period Start: **End:**	**00:00 UTC 20 Dec 2017 และ 00:00 UTC 20 May 2012** **24:00 UTC 31 Dec 2017 และ 24:00 UTC 31 May 2012**
Time Step	Time Step 60 min
Vertical Layer	28 Levels (surface to 50 hPa)
Physics Options	WSM3 Cloud Micropysics Dudhia Short Wave Radiation RRTM Long Wave Radiation YSU PBL Parameterization Kain-Fritsch Cumulus Parameterization Unified Noah LSM for Noah Land Surface Scheme

1.3 สถิติลม (Wind Statistics)

การแจกแจงไวล์บุลล์เป็นการแจกแจงทางสถิติ ประกอบด้วยพารามิเตอร์ 2 ตัว ที่สามารถใช้แทนลักษณะการกระจายตัวของข้อมูลลมสถิติ และเป็นการแจกแจงที่ยอมรับกันอย่างแพร่หลาย สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลลมสถิติ [8] การแจกแจงไวล์บุลล์ประกอบด้วยพารามิเตอร์ดังนี้

1) พารามิเตอร์รูปร่าง (Shape Parameter, k-Shape) พารามิเตอร์รูปร่างเป็นพารามิเตอร์ที่แสดงลักษณะการกระจายของสถิติลม ในบริเวณที่มีค่า V ต่ำ แสดงว่าในบริเวณนั้นมีความเร็วลมต่ำพัดบ่อยครั้งกว่าความเร็วลมสูง และในกรณีที่ค่า V สูง ก็จะแสดงผลที่ตรงกันข้ามกัน

2) พารามิเตอร์ระดับ (Scale Parameter, A-Scale) พารามิเตอร์ระดับเป็นพารามิเตอร์ที่มีความสัมพันธ์กับอัตราเร็วลมเฉลี่ย เมื่ออัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าสูง A จะมีค่าสูง และเมื่ออัตราเร็วลมเฉลี่ยมีค่าต่ำ ค่า A จะมีค่าต่ำด้วย

การแจกแจงไวล์บุลล์เป็นฟังก์ชันความหนาแน่นของความน่าจะเป็น (Probability Density Function) ที่สามารถเขียนสมการได้ดังสมการที่ 1 [8]

$$f(V)=\frac{k}{A}\left(\frac{V}{A}\right)^{k-1}\exp\left[-\left(\frac{V}{A}\right)^{k}\right] \tag{1}$$

เมื่อ V คือ อัตราเร็วลม (m/s)
k คือ พารามิเตอร์รูปร่าง
A คือ พารามิเตอร์ระดับ (m/s)

1.4 การตรวจสอบความถูกต้อง

อัตราเร็วลมที่ได้จากการพยากรณ์จากแบบจำลอง WRF-ARW นำมาตรวจสอบความถูกต้องเทียบกับข้อมูลการตรวจวัดจากสถานีการตรวจวัดอัตราเร็วลม ด้วยสมการทางสถิติดังต่อไปนี้ ค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์ (MAD) ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) และค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละสัมบูรณ์ (MAPE) ดังสมการต่อไปนี้ [9]

$$MAD = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left|A_t - F_t\right|}{n} \tag{2}$$

$$MSE = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left(A_t - F_t\right)^2}{n} \tag{3}$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^{n}\left(A_t - F_t\right)^2}{n}} \tag{4}$$

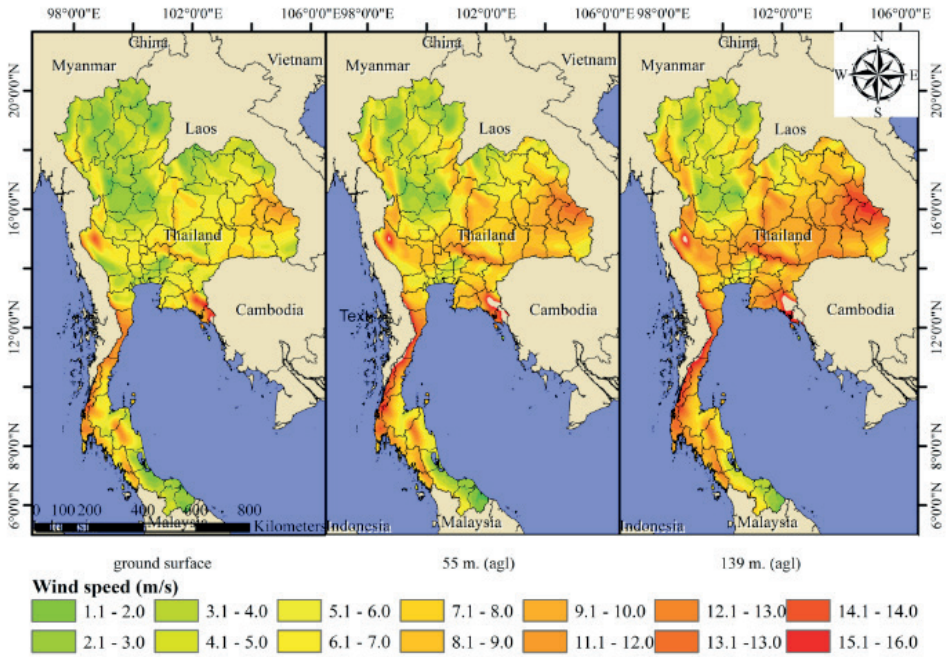
$$MAPE = \frac{\sum_{t=1}^{n}\left|\frac{A_t - F_t}{A_t}\right|}{n} \times 100 \tag{5}$$

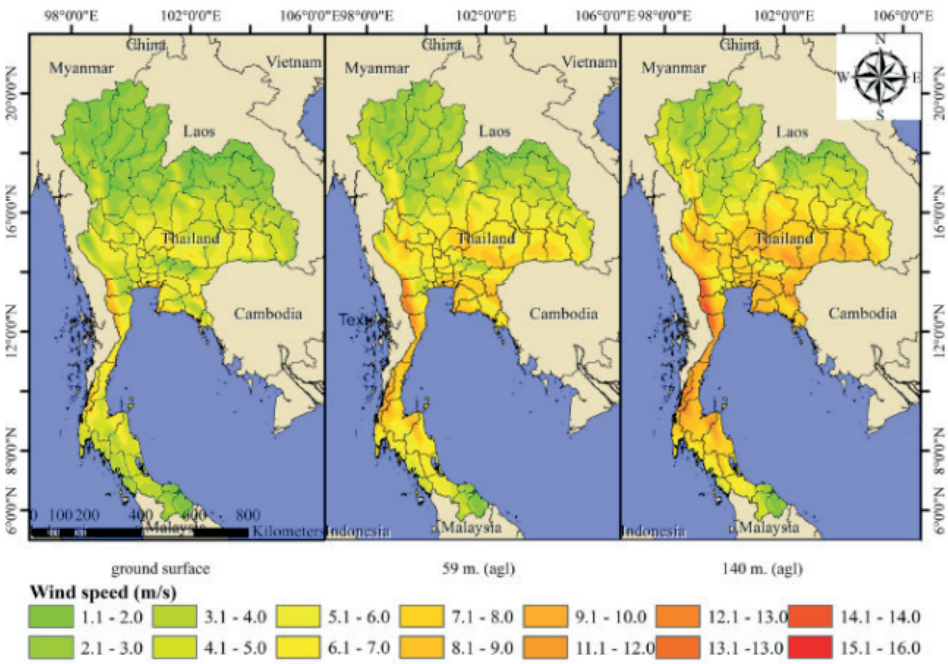
เมื่อ A_t = ค่าตรวจวัด (m/s)
F_t = ค่าที่ได้จากการพยากรณ์ (m/s)
n = จำนวนข้อมูล

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

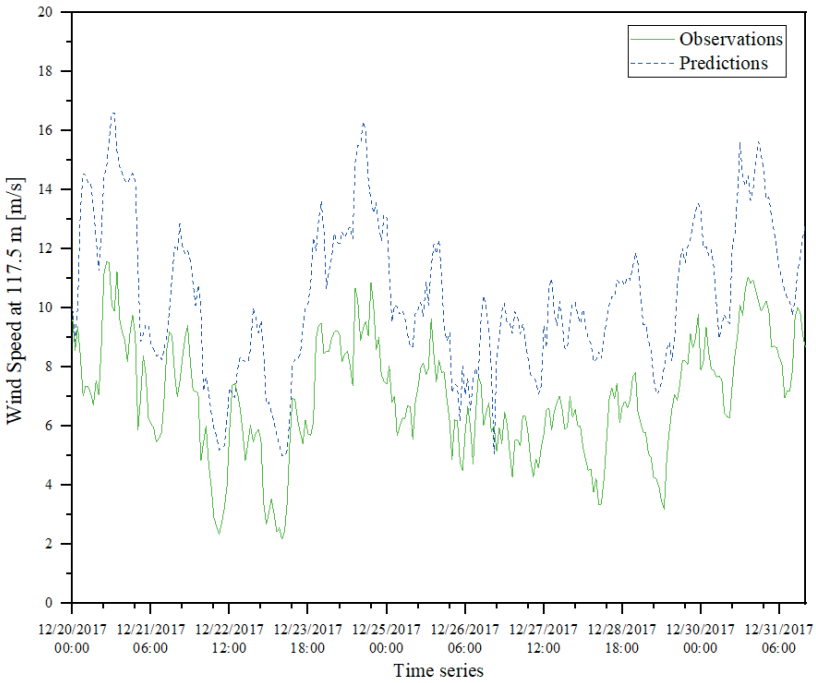
การประเมินแบบจำลองสภาพอากาศการวิจัยและพยากรณ์ (WRF) จากเงื่อนไขสภาพอากาศวิเคราะห์ขั้นสุดท้ายที่ประมวลผลโดยศูนย์พยากรณ์อากาศแห่งชาติสหรัฐ (NCEP-FNL) ซึ่งเป็นข้อมูลที่มีความแยกชัดเชิงพื้นที่ 1 องศาหรือประมาณ 110 km และมีความถี่ทุกๆ 6 h เมื่อทำการประมวลผลตามระเบียบแบบแผนที่ตั้งค่าไว้สำหรับการประเมินแบบจำลองเพื่อการจำลองสภาพลมภายในประเทศไทย ที่ระดับความสูงสามชั้นที่ระดับความสูงพื้นผิว ระดับความสูง 55 m และ 139 m เหนือระดับพื้นดินในพื้นที่ซับใหญ่ อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ และระดับความสูงพื้นผิว ระดับความสูง 59 m และ 140 m เหนือระดับพื้นดินของพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช สามารถจัดทำแผนที่อัตราเร็วลมแสดงดังภาพที่ 2

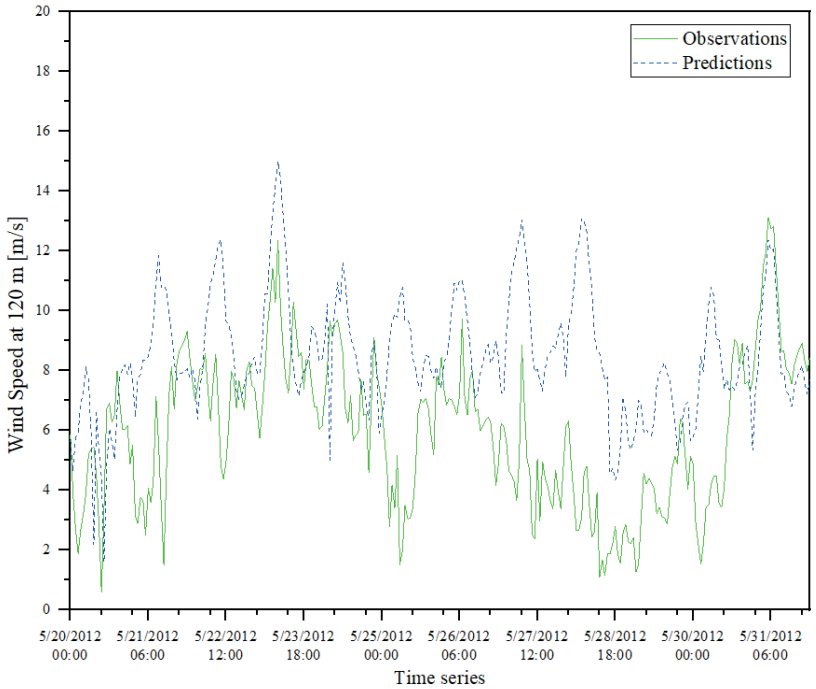
จากการเปรียบเทียบอนุกรมเวลาของอัตราเร็วลมสถานีตรวจวัดและแบบจำลองบรรยากาศที่ระดับความสูง 117.5 m เหนือพื้นดิน ในพื้นที่ อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ และ 120 m เหนือพื้นดิน ในพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช โดยการใช้แบบจำลอง สภาพอากาศเพื่อการวิจัยขั้นสูง (WRF-ARW) ซึ่งเป็นระบบพยากรณ์อากาศเชิงตัวเลขที่สเกลปานกลาง โดยมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 9 km และ เอาท์พุท รายชั่วโมงในกระบวนการรันแบบจำลอง แสดงดังภาพที่ 3 เป็นการแสดงข้อมูลรายชั่วโมงระยะเวลาการพยากรณ์ 12 วัน โดยกราฟเส้นสีน้ำเงินคือข้อมูลอัตราเร็วลมจากแบบจำลอง ส่วนข้อมูลอัตราเร็วลมของการตรวจวัดแสดงเป็นเส้นสีเขียว ณ ตำแหน่ง อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ อยู่ในช่วงวันที่ 20-31 ธันวาคม พ.ศ.2560 และ พื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช อยู่ในช่วงวันที่ 20-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 ผลจากแบบจำลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำนายอัตราเร็วลมในท้องถิ่น เมื่อนำผลจากการพยากรณ์มาเปรียบเทียบกับผลจากการตรวจวัดด้วยสามาการทางสถิติ พบว่ามีค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์ (MAD) มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.43 2.96 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) มีค่าเท่ากับ 13.65 14.06 รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) มีค่าเท่ากับ 3.69 3.75 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละสัมบูรณ์ (MAPE) มีค่าเท่ากับ 54.05 83.95 แสดงดังตารางที่ 3 และพบว่า ค่าไวล์บุลล์ k และ A ของซับใหญ่ จังหวัดชัยภูมิ จากผลการตรวจวัดและการพยากรณ์มีค่าเท่ากับ 3.58 7.63 และ 3.61 11.20 ปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช มีค่าเท่ากับ 3.09 6.91 และ 2.79 8.8 m/s แสดงดังภาพที่ 4





ภาพที่ 2 แผนที่อัตราเร็วลมจากแบบจำลอง WRF 20-31 ธันวาคม พ.ศ. 2560 ที่ระดับความสูงพื้นผิว ระดับความสูง 55 m และ 139 m เหนือระดับพื้นดิน (บน) แผนที่อัตราเร็วลมของ 20-31 พฤษภาคม พ.ศ. 2555 ที่ระดับความสูงพื้นผิว ระดับความสูง 55 m และ 139 m เหนือระดับพื้นดิน (ล่าง)

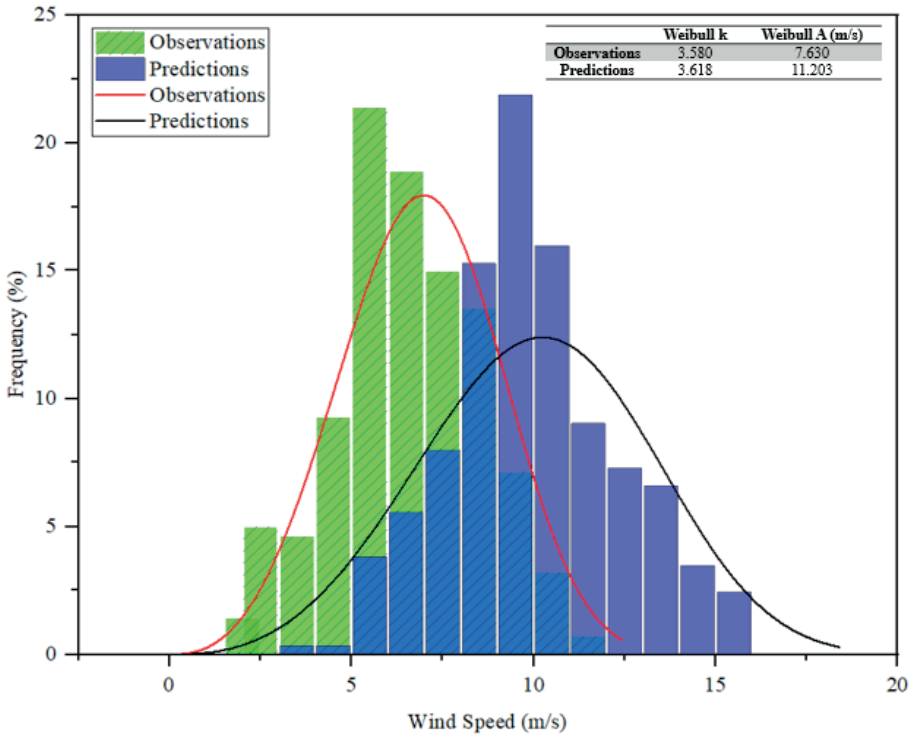




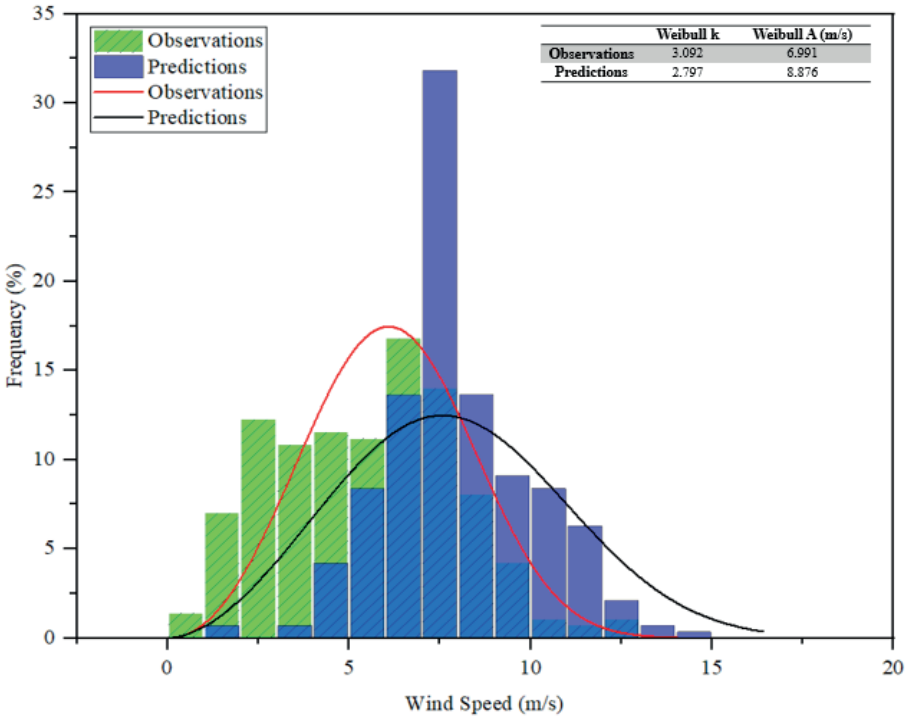
ภาพที่ 3 การเปรียบเทียบอนุกรมเวลาของอัตราเร็วลมสถานีตรวจวัดและแบบจำลองบรรยากาศที่ระดับความสูง 117.5 m เหนือพื้นดิน ในพื้นที่ อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ (บน) และ 120 m เหนือพื้นดิน ในพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (ล่าง)

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบการตรวจสอบความถูกต้องของข้อมูลจากแบบจำลองกับค่าตรวจวัด

ตำแหน่ง	ค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์ (MAD)	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE)	รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE)	ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละสัมบูรณ์ (MAPE)
พื้นที่ อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ	3.43	13.66	3.70	54.06
พื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช	2.96	14.06	3.75	83.96



(a)



(b)

ภาพที่ 4 อัตราเร็วลมและค่าไวล์บุลล์ของที่ระดับความสูง 117.5 m เหนือพื้นดิน ในพื้นที่ อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ (a) และ 120 m เหนือพื้นดิน ในพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช (b)

สรุปผลการวิจัย

จากการพยากรณ์อัตราเร็วลมด้วยแบบจำลองสภาพอากาศการวิจัยและพยากรณ์ (WRF) จากเงื่อนไขสภาพอากาศวิเคราะห์ขั้นสุดท้ายใช้ระยะเวลาในการพยากรณ์ล่วงหน้า 12 วัน โดยมีความระเอียดอยู่ที่ 9 km และเมื่อเปรียบเทียบกับข้อมูลจากการตรวจวัดจาก 2 ตำแหน่ง ในพื้นที่ อ.ซับใหญ่ จ.ชัยภูมิ และในพื้นที่ อ.ปากพนัง จ.นครศรีธรรมราช การประเมินหาค่าความผิดพลาดที่ได้จากการพยากรณ์เพื่อวัดประสิทธิภาพของการพยากรณ์นั้น มีค่าความผิดพลาดค่าเฉลี่ยความแตกต่างสัมบูรณ์ (MAD) มีค่าเท่ากับร้อยละ 3.43 2.96 ค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (MSE) มีค่าเท่ากับ 13.65 14.06 รากที่สองของค่าเฉลี่ยความผิดพลาดกำลังสอง (RMSE) มีค่าเฉลี่ยความผิดพลาดร้อยละสัมบูรณ์ (MAPE) มีค่าเท่ากับ 54.05 83.95 จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่าบริเวณพื้นที่ของจังหวัดนครศรีธรรมราชมีค่าน้อยกว่าพื้นที่จังหวัดชัยภูมิเนื่องจากปัจจัยของช่วงเวลาที่มีความแตกต่างกันความเร็วลมที่เคลื่อนที่ผ่านพื้นที่จังหวัดชัยภูมิมีความเร็วลมที่สูงกว่าพื้นที่ของจังหวัดนครศรีธรรมราชจึงทำให้การพยากรณ์ยากขึ้นประกอบกับความต่างของลักษณะพื้นที่ที่มีความสลับซับซ้อนมากกว่าทำเกิดการผันผวนของไหลของลมมากกว่าพื้นที่ราบเรียบเป็นอีกปัจจัยหนึ่งของความแตกต่างของการพยากรณ์ซึ่งเป็นความท้าทายในการพยากรณ์ต่อไป การที่จะเพิ่มความแม่นยำให้กับการพยากรณ์เราสามารถปรับแต่งรูปแบบการจำลองให้เหมาะสมกับพื้นที่และการเพิ่มความละเอียดเชิงพื้นที่

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณศูนย์วิจัยพลังงานและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยเขตพัทลุง สำหรับอุปกรณ์เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

[1] de Freitas, N. C. A., Silva, M. P. dos S., & Sakamoto, M. S. (2018). Wind speed forecasting: a review. *International. Journal of Engineering Research and Application*, *8*(1), 4–9. DOI: 10.9790/9622-0801010409.

[2] Kay, M., & MacGill, I. (2010). Improving weather forecasts for wind energy applications. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *11*, 012009. DOI:10.1088/1755-1315/11/1/012009.

[3] Energy Regulatory Commission and Office of the Energy Regulatory Commission (2019). *Annual Report 2018* (Online). Retrieved December 10, 2019, from http://www.erc.or.th/ERCWeb2/Upload/Document/annual%20report/Annual%20Report-%20ERC2018-190919%20FINAL.pdf.

[4] Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D.O., Barker, D. M., Duda, M. G., ...Powers, J. G. (2008). A description of the advanced research WRF version 3. *NCAR technical note: a description of the advanced research WRF version 3*. Boulder, Colorado: National Center for Atmospheric Research.

[5] Dudhia, J., Gill, D., Manning, K., Wang, W., & Bruyere, C. (2005). *PSU/NCAR mesoscale modeling system tutorial class notes and user's guide: MM5 modeling system version 3*. Available from NCAR Boulder, USA.

[6] Hari Prasad, K. B. R. R., Srinivas, C. V., Rao, T. N., Naidu, C. V., & Baskaran, R. (2017). Performance of WRF in simulating terrain induced flows and atmospheric boundary layer characteristics over the tropical station Gadanki. *Atmospheric Research*, *185*, 101–117.

[7] Research Data Archive Computational & Information Systems Lab. (2000). *NCEP FNL Operational Model Global Tropospheric Analyses, continuing from July 1999* (Online). Retrieved January 24, 2020, from https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/.

[8] Xianguo, L. (2011). Wind speed distribution – a theoretical approach to probability density function. *Green Energy. Progress in Green Energy, vol 1.* 66–122. London, England: Springer. DOI: https://doi.org/10.1007/978-1-84882-647-2_3.

[9] Che, Y., Chen, L., Zheng, J., Yen, L., & Xiao. F. (2019). A novel hybrid model of WRF and clearness index-based Kalman filter for day-ahead solar radiation forecasting. *Applied Sciences, 9*(19), 3967. DOI: 10.3390/app9193967.

[10] Siuta, D., West, G., & Stull, R. (2017). WRF hub-height wind forecast sensitivity to PBL Scheme, grid length, and initial condition choice in complex terrain. *Weather and Forecasting*, *32*(2), 493–509.

[11] DuVivier, A. K., & Cassano, J. J. (2013). Evaluation of WRF model resolution on simulated mesoscale winds and surface fluxes near Greenland. *Monthly Weather Review*, *141*(3), 941–963.

บทความวิจัย

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง

The Development of Android Application for Disseminating Thai Cultural Heritage of the Lower Southern Provinces of Thailand

วิสิทธิ์ บุญชุม[1*] เขมิกา ขำดำ[2] และรัฐศาสตร์ เครือทอง[2]

Visit Boonchom[1*], Khamika Khamdam[2] and Rattasat Kreutong[2]

บทคัดย่อ

มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมเป็นสิ่งที่มีคุณค่า ทำให้คนในชุมชนเกิดความภาคภูมิใจและควรอนุรักษ์ให้คงอยู่สืบไป งานวิจัยนี้มุ่งเน้นการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อการอนุรักษ์มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่างคือ รองเง็ง สิละ มะโย่งและบานอ ให้คงอยู่สืบไป โดยมีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง การวิจัยเริ่มจากการศึกษาวงจรการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยใช้ SDLC มีการใช้เครื่องมือ Ionic Framework การเชื่อมต่อกับฐานข้อมูล MySQLi โดยใช้ JSON ใช้ตัวจัดการฐานข้อมูล XAMPP ขั้นตอนการพัฒนา 1) รวบรวมและจัดหมวดหมู่ข้อมูลมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม 2) ออกแบบเมนูและส่วนติดต่อกับผู้ใช้ให้ดึงดูดความสนใจ ใช้งานง่าย เข้าถึงข้อมูลรวดเร็วและน่าเชื่อถือ กลุ่มตัวอย่างมีจำนวน 35 คน มีเครื่องมือคือ 1) แอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ เพื่อการอนุรักษ์มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง 2) แบบสอบถามความพึงพอใจของกลุ่มตัวอย่าง ผลการศึกษาวิจัยพบว่า ระดับความพึงพอใจ 1) ด้านการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 2) ด้านความน่าเชื่อถือและประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 สรุปผลการวิจัยว่า การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือได้ส่งผลให้เกิดการอนุรักษ์ การเรียนรู้และการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมอย่างต่อเนื่อง ทำให้สิ่งที่มีคุณค่าเหล่านี้จะไม่หายไปจากชุมชน

คำสำคัญ: ภูมิปัญญา วัฒนธรรม แอปพลิเคชัน แอนดรอยด์

---

[1] ผศ. ดร., สาขาวิชาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2] นักวิชาการพัสดุ โรงพยาบาลท่าแพ จังหวัดสตูล 91150

[1] Asst. Prof. Dr., Department of Computer and Information Technology, Faculty of Science, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

[2] Stock Technical Officer, Thapae Hospital, Satun, 91150, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 074-609607 ext.2555. E-mail address: visit@tsu.ac.th

(Received: April 25, 2020; Revised: July 9, 2020; Accepted: July 21, 2020)

Abstract

Cultural heritage is a valuable thing. People in the community should be proud and preserved their culture for a long time. This research focuses on the design and development of mobile applications on the Android operating system. This research focuses on the design and development of mobile applications on the Android operating system for preserving the cultural heritage of the lower southern provinces of Thailand, such as Rong Ngeng, Sila, Mayong, Ba-nor. The objectives of this research are 1) to study the process of developing mobile applications on the Android operating system. 2) to design and develop mobile applications on the Android operating system for the dissemination of the cultural heritage of the lower southern provinces of Thailand. The research began with the study of mobile application development using SDLC, the Ionic framework was used for designing the user interface, the MySQLi database, JSON platform used for transmitting data, and XAMPP was used for webserver management tools. The research development process are 1) collect and categorize information on cultural heritage, and 2) design menus and user interfaces to be attractive, easy to use, quick, and reliable. The sample consisted of 35 people. The tools for testing research are 1) mobile applications on the Android operating system. 2) the questionnaire. The results showed that 1) the level of satisfaction with user interface design is very high (Mean = 4.24, S.D. = 0.59), and 2) satisfaction level of reliability and benefit is very high, (Mean = 4.11, S.D. = 0.67). The conclusion of the research shows that the development of mobile applications can be used for the conservation and dissemination of the Thai cultural heritage for a long time. These valuable things will not disappear from the community.

Keywords: Heritage, Cultural, Application, Android

บทนำ

มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมหรือมรดกทางวัฒนธรรมที่จับต้องไม่ได้ (Intangible Cultural Heritage: ICH) คือการปฏิบัติ การแสดงออก ความรู้ ทักษะหรือสิ่งประดิษฐ์ ที่มีประโยชน์ต่อการดำรงชีวิตของคนในชุมชน ซึ่งชุมชนยอมรับว่าเป็นส่วนหนึ่งของมรดกทางวัฒนธรรมของชุมชน ภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมเกิดขึ้นจากความรอบรู้ ประสบการณ์ แนวคิดที่สังคมหรือชุมชนได้ถ่ายทอด สืบสานต่อกันมาจากคนรุ่นหนึ่งไปยังคนอีกรุ่นหนึ่งอย่างต่อเนื่อง [1] ทำให้คนเหล่านั้นเกิดความรู้สึกมีอัตลักษณ์ เกิดความเคารพต่อความหลากหลายทางวัฒนธรรมและการคิดสร้างสรรค์ของมนุษย์ มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมมีความสำคัญต่อการพัฒนาสังคมและประเทศชาติเป็นอย่างยิ่ง เพราะมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมเป็นปัจจัยสำคัญต่อการดำรงชีวิตและการพัฒนาชีวิต ความเป็นอยู่ของประชาชนทั้งทางด้านสังคมและเศรษฐกิจ ความสำคัญและคุณค่าของมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม ได้แก่ การทำให้คนในชาติเกิดความรักและความภาคภูมิใจ รวมทั้งการร่วมแรงร่วมใจในการสืบสานมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมให้คงอยู่ต่อไป ไม่หายไปจากชุมชน

วิธีการสืบทอดมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมแบ่งออกเป็น 2 วิธีการคือ 1) การถ่ายทอดองค์ความรู้มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมที่ถูกซ่อนอยู่ในตัวบุคคลจากคนรุ่นหนึ่งสู่คนอีกรุ่นหนึ่งผ่านความสัมพันธ์ต่างๆ ระหว่างบุคคล เช่น ความสัมพันธ์ในเครือญาติ หรือระหว่างกลุ่มบุคคล เช่นกลุ่มคนที่มีแนวคิด อุดมการณ์

ความชอบหรือความเชื่อที่เหมือนๆ กัน [1] 2) การถ่ายทอดองค์ความรู้มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมผ่านเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ๆ เป็นการผสมผสาน ดัดแปลง ประยุกต์องค์ความรู้ของชุมชนที่มีอยู่แล้วไปสู่กลุ่มผู้รับการถ่ายทอดมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมโดยใช้สื่อกลางที่เป็นเทคโนโลยีที่ทันสมัย เพื่อทำให้เกิดการเรียนรู้ อนุรักษ์ สืบสานและเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมไปยังคนอีกรุ่นหนึ่งอย่างต่อเนื่อง ไม่มีข้อจำกัดทั้งด้านวัน เวลา และสถานที่ ซึ่งมีความเหมาะสมกับสภาพสังคมและเศรษฐกิจที่เปลี่ยนแปลงไปในปัจจุบัน [2-4]

ในปี พ.ศ. 2563 คนไทยใช้อินเทอร์เน็ตจำนวนมากกว่า 60 ล้านคนหรือ 75% ของคนไทยทั้งหมด ซึ่งมากเป็นอันดับ 5 ของโลก และมีการเล่นอินเทอร์เน็ตผ่านโทรศัพท์มือถือจำนวน 4 ชั่วโมง 57 นาทีต่อวัน ซึ่งสูงเป็นอันดับ 2 ของโลก [5] ในปัจจุบันอุปกรณ์พกพา ได้แก่ โทรศัพท์มือถือ และคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต เป็นกลไกสำคัญที่ทำให้ผู้ใช้ได้เข้าถึงอินเทอร์เน็ตได้ โดยอุปกรณ์พกพาได้มีการพัฒนาให้มีความก้าวหน้าทั้งทางด้าน Hardware (ตัวเครื่อง) และ Software หรือเรียกว่า แอปพลิเคชันบนมือถือ ซึ่งทำให้ผู้ใช้สามารถใช้งานแอปพลิเคชันได้อย่างมีประสิทธิภาพ น่าสนใจ ตอบสนองความต้องการ ยืดหยุ่นและมีความหลากหลายมากขึ้น ในปัจจุบัน การใช้งานแอปพลิเคชันบนมือถือมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นแบบก้าวกระโดด ส่งผลให้มีการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

การประยุกต์ใช้เทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารเพื่อการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมเป็นการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรม [4] ไปสู่ผู้รับที่อยู่ในตำแหน่งต่างๆ ของโลกอย่างรวดเร็ว มีประสิทธิภาพและทั่วถึง [2] เนื่องจากเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสารได้เข้ามามีบทบาทสำคัญในชีวิตประจำวันของมนุษย์ในทุกๆ กิจกรรมผ่านอุปกรณ์เคลื่อนที่ (โทรศัพท์มือถือ และคอมพิวเตอร์แท็บเล็ต) [6] ตั้งแต่ตื่นนอนจนถึงเข้านอน เช่น การทำงาน การศึกษา [3] การพักผ่อนหย่อนใจ การทำกิจกรรมส่วนตัว การส่งเสริมสุขภาพ [7] เป็นต้น

จากเหตุผลข้างต้น คณะผู้วิจัยจึงได้พัฒนา “แอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง” ขึ้น เป็นการพัฒนาโปรแกรมประยุกต์สำหรับอุปกรณ์เคลื่อนที่ เพื่อการอนุรักษ์มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย โดยมีขอบเขตการศึกษาวิจัยคือ รองเง็ง สิละ มะโย่งและบานอ ให้คงอยู่สืบไป โดยมีการเผยแพร่ผ่านแอปพลิเคชันบนมือถือ ซึ่งเป็นการประยุกต์ใช้งานสมาร์ทโฟนที่มีการใช้งานในชีวิตประจำวันและมีประสิทธิภาพมากในปัจจุบัน โดยมีวัตถุประสงค์งานวิจัยคือ 1) เพื่อศึกษากระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ และ 2) เพื่อออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง

ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

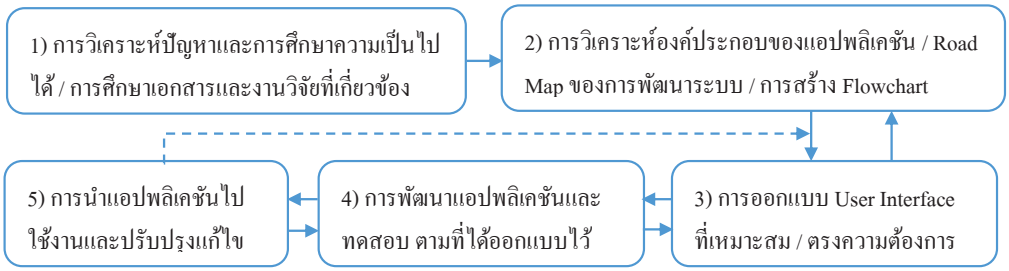
มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง กรณีศึกษา รองเง็ง สิละ มะโย่งและกลองบานอ เป็นศิลปะการแสดงพื้นบ้านของภาคใต้ โดยได้รับอิทธิพลมาจากประเทศมาเลเซียเนื่องจากมีพรมแดนติดต่อกัน การละเล่นพื้นบ้านจึงมีลักษณะที่สัมพันธ์และคล้ายคลึงกัน 1) รองเง็ง เป็นศิลปะการแสดงของชาวไทยภาคใต้ เป็นการเต้นรำคู่ชายหญิง ประกอบดนตรี บทเพลงและท่าเต้น และยังเปิดโอกาสให้ผู้ชมมีส่วนร่วมในการแสดง 2) มะโย่ง หรือเมาะโย่ง เป็นการแสดงพื้นบ้านที่เกี่ยวข้องกับพิธีกรรมในการแก้บน สะเดาะเคราะห์ บำบัดโรค และให้ความบันเทิง 3) สิละ เป็นศิลปะการแสดงการต่อสู้ด้วยมือเปล่า หรือมีการใช้ กริช เพื่อป้องกันตัวจาก

การศึกสงคราม เมื่อหมดศึกสงคราม สิละจึงกลายเป็นการละเล่นที่มีการประชันแข่งขัน จนเป็นที่นิยมอย่างแพร่หลาย ได้รับอิทธิพลจากชาวมุสลิมที่เข้ามาจากอินโดนีเซียและมาเลเซีย 4) กลองบานอ มาจากภาษามาเลเซียที่เรียกว่า "รือบานอ" มีความเป็นมาคือ เด็กเลี้ยงวัวได้ทำกลองขึ้นมาเพื่อตีนัดหมาย หรือมีสัญญาณในการนำวัวกลับบ้าน หรือมาพบกันที่หนึ่งที่ใด ปัจจุบันได้วิวัฒนาการมา จนมีรูปแบบและมีกติกาในการละเล่นประชันเสียงเพื่อการแข่งขัน และได้ถูกนำมาใช้บรรเลงเพื่อความรื่นเริง โดยกลองบานอจะใช้บรรเลงควบคู่กับการละเล่นหรือการแสดงต่างๆ

การพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ 1) Native Application คือแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยใช้ภาษาและ Library ของ Platform นั้น ๆ เช่นระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ใช้ภาษาจาวา [8] และระบบปฏิบัติการไอโอเอสใช้ภาษา Object-C เป็นต้น ซึ่ง CPU สามารถประมวลผลการทำงานของโปรแกรมได้ทันที ไม่จำเป็นต้องผ่านตัวแปลงภาษา (Interpreter/Compiler) ทำให้มีข้อดีคือ โปรแกรมสามารถทำงานได้รวดเร็ว เข้าถึงฟังก์ชันการทำงานของ Platform ได้ครบถ้วน มีความยืดหยุ่น แต่มีข้อเสียคือต้องใช้เวลาในการพัฒนาโปรแกรมนาน ต้องใช้นักพัฒนาโปรแกรมที่มีความเชี่ยวชาญเฉพาะในภาษานั้นๆ และจะต้องพัฒนาโปรแกรมที่ใช้สำหรับแต่ละระบบปฏิบัติการ ไม่สามารถใช้โปรแกรมร่วมกันได้ ตัวอย่างงานวิจัยเช่น โมบายแอปพลิเคชัน : การแจ้งเตือนและติดตามการรับประทานยาของผู้ป่วย [9] และ Thai Culture Mobile Application แอปพลิเคชันแหล่งท่องเที่ยวด้านศิลปวัฒนธรรมไทย แสดงผล 3 ภาษา [10] 2) Web Application คือแอปพลิเคชันที่ถูกพัฒนาขึ้นโดยการสร้างหน้าเว็บ (Webpage) มีการแสดงหน้าเว็บผ่านตัวแอปพลิเคชันแทนการเข้าเว็บเบราเซอร์ การใช้งานแอปพลิเคชันจะต้องเชื่อมต่ออินเตอร์เน็ตตลอดเวลา และอาจจะไม่สามารถใช้ทรัพยากรบางอย่างของระบบได้ ตัวอย่างงานวิจัยเช่น พัฒนาแอปพลิเคชันความจริงเสมือน "สะดืออีสาน" อำเภอโกสุมพิสัยจังหวัดมหาสารคาม [11] 3) Hybrid Application คือแอปพลิเคชันที่พัฒนาขึ้นโดยใช้ Framework เป็นการพัฒนาแบบ Cross Platform ซึ่งจะใช้ภาษาใด ภาษาหนึ่งเป็นตัวกลางสำหรับการพัฒนาแล้ว Framework ก็จะทำการแปลงภาษานั้น ๆ ให้เป็นแอปพลิเคชันที่สามารถใช้งานได้กับทุก Platform [12] เช่น ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ระบบปฏิบัติการไอโอเอส ระบบปฏิบัติการ Windows Phone และอื่น ๆ โดย Framework ที่นิยมใช้งานในปัจจุบัน เช่น Flutter, Ionic [13], React Native และ Xamarin เป็นต้น

วิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษากระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้วงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) ซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

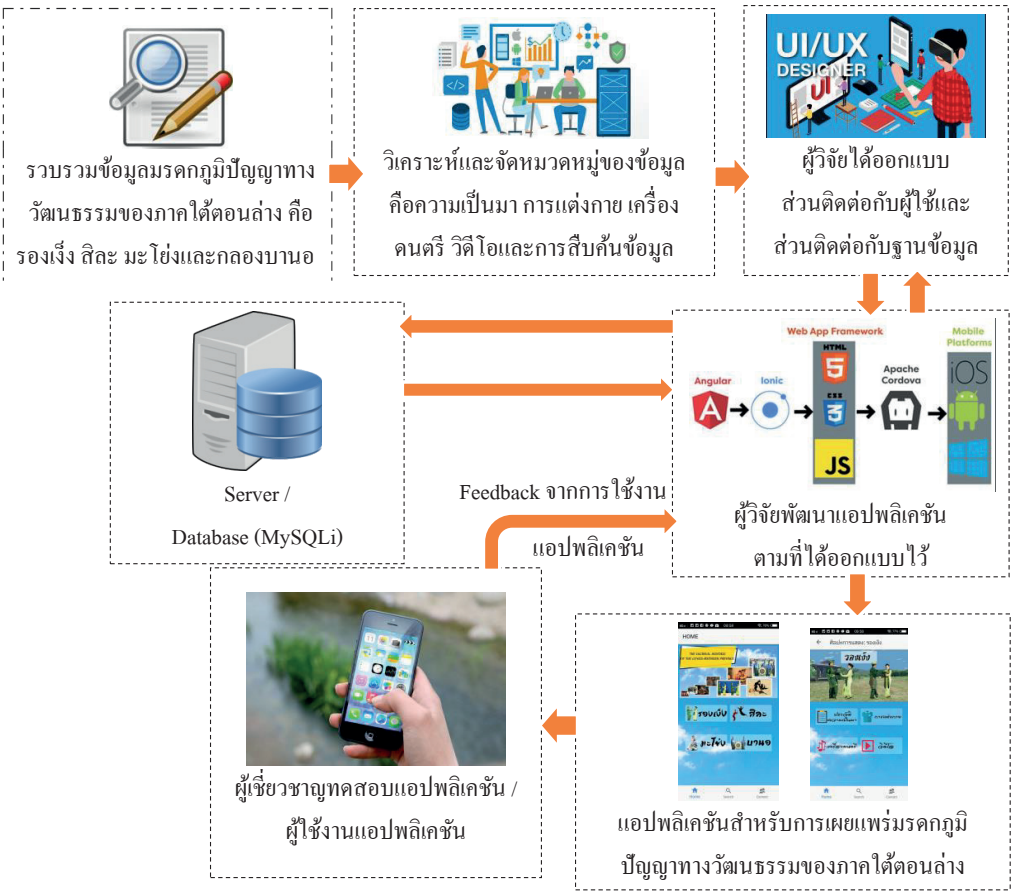


ภาพที่ 1 กระบวนการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการออกแบบและพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง โดยมีกรอบแนวคิดในการพัฒนาแอปพลิเคชันดังภาพที่ 2

การรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลมรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ โดยผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูลจากแหล่งข้อมูลต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ รองเง็ง สิละ มะโย่ง และกลองบานอ [14-17] จากนั้นได้มีการนำมาจัดหมวดหมู่คือ ประวัติความเป็นมา การแต่งกาย เครื่องดนตรี วิดีโอ โดยมีการจำแนกหัวเรื่องการเชื่อมโยงเนื้อหาอย่างครบถ้วน และการสร้างรูปภาพที่เป็น Info Graphic เพื่อให้เข้าใจง่ายยิ่งขึ้น

การวิเคราะห์และออกแบบระบบ จากรอบแนวคิดของการพัฒนาระบบ (ภาพที่ 2) ผู้วิจัยได้ออกแบบระบบของแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง โดยมี 4 ฟังก์ชันหลักคือ การเข้าสู่ระบบ การจัดการข้อมูล การค้นหาข้อมูลและการแสดงผลข้อมูล ดังภาพที่ 4

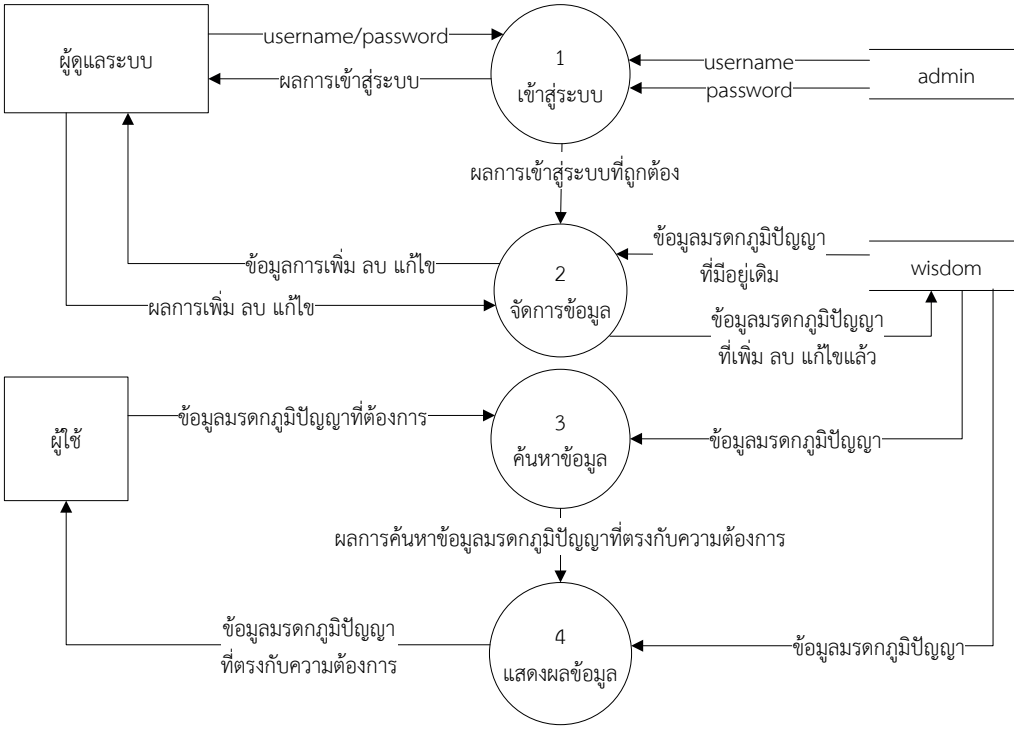


ภาพที่ 2 กรอบแนวคิดการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือสำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

ผลที่ได้จากการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง โดยมีตัวอย่างหน้าจอการใช้งานของผู้ดูแลระบบ ประกอบด้วยหน้าจอการจัดการข้อมูล โดยมีปุ่มเพิ่มรายละเอียดและปุ่มแก้ไข/ลบข้อมูล ดังภาพที่ 3 และการเพิ่มข้อมูลมรดกภูมิปัญญาเข้าไปในฐานข้อมูล ผู้ดูแลระบบสามารถลบและแก้ไขข้อมูลในฐานข้อมูลได้ตามภาพที่ 4

ภาพที่ 3 แสดงหน้าจอการจัดการข้อมูลมรดกภูมิปัญญา



ภาพที่ 4 แผนภาพกระแสข้อมูลระดับที่ 0

ตัวอย่างหน้าจอการใช้งานของผู้ใช้ ซึ่งผู้ใช้สามารถเข้าไปดาวน์โหลดแอปพลิเคชันได้จาก https://play.google.com/store/apps?hl=th โดยป้อนคำค้นว่า “Thai Cuture” ซึ่งก็จะปรากฏไอคอนและรายละเอียดเพื่อให้ทำการติดตั้งลงในโทรศัพท์มือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ ดังภาพที่ 5 จากนั้นเมื่อทำการติดตั้งแอปพลิเคชั่น ก็จะปรากฏดังภาพที่ 6 และภาพที่ 7

ภาพที่ 5 หน้าจอการดาวน์โหลด และติดตั้งแอปพลิเคชั่น

ภาพที่ 6 หน้าแรก

ภาพที่ 7 หน้ารองเง็ง

แอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่างได้นำมาทดลองใช้กับนักวิชาการ สถาบันทักษิณคดีศึกษา มหาวิทยาลัยทักษิณและนิสิตระดับปริญญาตรี สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ จำนวน 35 คน ผลการประเมินพบว่า ประสิทธิภาพและระดับความพึงพอใจเฉลี่ย 1) ด้านการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.24 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.59 2) ด้านความน่าเชื่อถือและประโยชน์ อยู่ในระดับมาก ค่าเฉลี่ย 4.11 ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 0.67 ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการประเมินประสิทธิภาพและความพึงพอใจต่อแอปพลิเคชันบนมือถือ

หัวข้อประเมิน	ผลการประเมิน		
	$\bar{x}$	S.D.	ความหมาย
1. ด้านการออกแบบส่วนติดต่อกับผู้ใช้ (สีตัวอักษรมีความเหมาะสม ขนาดของปุ่มมีความเหมาะสม รูปแบบในการจัดวางองค์ประกอบ มีความสะดวกในการใช้งาน ใช้ง่าย ไม่ซับซ้อน แอปพลิเคชันมีความดึงดูด น่าสนใจ)	4.24	0.59	ดี
2. ด้านความน่าเชื่อถือและประโยชน์ (ความน่าเชื่อถือของข้อมูล ข้อมูลมีประโยชน์ต่อผู้ใช้งาน)	4.11	0.67	ดี
เฉลี่ย	**4.20**	**0.62**	**ดี**

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ สำหรับการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมของภาคใต้ตอนล่าง กรณีศึกษา รองเง็ง สิละ มะโย่งและบานอ ผู้วิจัยได้รวบรวมข้อมูล แล้วนำมาวิเคราะห์และจัดหมวดหมู่ข้อมูล เชื่อมโยงเนื้อหาและการสร้าง Info Graphic เพื่อให้เข้าใจง่าย นอกจากนี้ยังมีการประยุกต์ใช้ Ionic Framework ฐานข้อมูล MySQLi มาตรฐานการส่งข้อมูลแบบ JSON ตัวจัดการฐานข้อมูล XAMPP เพื่อพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือ สำหรับการอนุรักษ์และการเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมไปยังผู้รับโดยไม่มีข้อจำกัดด้านเวลาและสถานที่ สอดคล้องกับการใช้โทรศัพท์มือถือเพิ่มมากขึ้น ซึ่งเป็นช่องทางในการเข้าถึงข้อมูลด้านวัฒนธรรมได้โดยประชาชนทุกกลุ่ม โดยเฉพาะคนรุ่นใหม่ที่มีความสนใจและต้องการใกล้ชิดกับศิลปวัฒธรรมอย่างสะดวกและรวดเร็ว ทำให้แอปพลิเคชันได้เข้ามาช่วยในการเผยแพร่ให้สิ่งที่มีคุณค่าเหล่านี้มีการรักษาให้คงอยู่สืบไป ไม่หายไปจากชุมชน งานวิจัยในอนาคตเน้นการพัฒนาแอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อเผยแพร่มรดกภูมิปัญญาทางวัฒนธรรมด้วยเทคโนโลยีโลกเสมือนจริง (Augmented Reality: AR)

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจาก สาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง

เอกสารอ้างอิง

[1] Naco, A. (2017). Knowledge-based system of art and culture in the context of folk wisdom case study: Phatthalung province. *Thaksin University Journal*, *20*(3), 292–299.

[2] Nattha, P. & Prisana, M. (2017). The development of the augmented reality application for arts, culture and local wisdom learning support on alms bowl making at Ban Batra Community. *Parichat Journal*, *31*(1), 241-262.

[3] Ariffin, S. A., & Dyson, L. E (2015). Culturally appropriate design of mobile learning applications in the Malaysian context. In P. Rau (Ed). *Cross-Cultural Design Applications in Mobile Interaction, Education, Health, Transport and Cultural Heritage. CCD 2015. Lecture Notes in Computer Science, vol. 9181.* 3–14. Switzerland: Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-319-20934-0_1.

[4] Park, H., Kim, E., Kim, H., Shin, J., Kim, J., Kim, K., & Woo, W. (2018). K-culture time machine: a mobile AR experience platform for Korean cultural heritage sites. In S. Yamamoto & H. Mori (Eds). *Human Interface and the Management of Information. Information in Applications and Services. HIMI 2018. Lecture Notes in Computer Science, vol 10905.* 167–180. Switzerland: Springer, Cham. DOI: http://doi-org-443. webvpn.fjmu. edu.cn/10.1007/978-3-319-92046-7_15.

[5] Numnon, T. (2020). *Thais spend time on the internet with the 'top five' in the world* (Online). Retrieved March 1, 2020, from https://www.bangkokbiznews.com/blog/detail/649531.

[6] Puttitaweesri, P., Kranruang, D., & Rimphati, W. (2019). Development of smartphone-based navigation system in Ratchaburi. *Thaksin University Journal*, *22*(1), 97–108.

[7] Salgamcıoglu, B. K. (2019). Future older adults and mobile applications for health. In A Woodcock, L. Moody, D. McDonagh, A. Jain & L. C. Jain (Eds). *Design of Assistive Technology for Ageing Populations. Intelligent Systems Reference Library, 167*. 275–292. Switzerland: Springer, Cham. DOI: https://doi.org/10.1007/978-3-030-26292-1_15.

[8] Nasir, H., Aris, A. N., Lajis, A., Kadir, K., & Safie, S. I. (2018). Development of Android application for pest infestation early warning system. *In The 2018 IEEE 5th International Conference on Smart Instrumentation, Measurement and Application (ICSIMA 2018),* 1–5. November 28–30, 2018, Songkla, Thailand. DOI: 10.1109/ICSIMA.2018.8688774.

[9] Boonnuddar, N., & Wuttidittachotti, P. *(2017). Mobile application: Patients' adherence for medicine in-take schedules* (Online). Retrieved March 1, 2020, from https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3175684.3175714.

[10] Thailand Discovery. (2015). *Thai Culture Mobile Application* (Online). Retrieved March 1, 2020, from https://www.thailanddiscovery.info/thai-culture-mobile-application/.

[11] Thawatchai, S. (2019). The development of augmented reality application "Sadue E-San", Kosum Phisai District, Maha Sarakham Province. *Sripatum Review of Science and Technology,* 11, 139–151.

[12] Hajiheydari, N., & Ashkani, M. (2018). Mobile application user behavior in the developing countries: a survey in Iran. *Information Systems*, 77, 22–33.

[13] Nuanmeesri, S. (2019).Mobile application for the purpose of marketing, product distribution and location-based logistics for elderly farmers. *Applied Computing and Informatics*, Emerald Publishing Limited 2210-8327. 1–20. DOI:10.1016/j.aci. 2019. 11.001.

[14] Ministry of Culture. (2020). *Intangible Cultural heritage* (Online). Retrieved March 1, 2020, from http://ich.culture.go.th.

[15] Pattani Province. (2020). *Thai cultural heritage Ma Yong* (Online). Retrieved March 2, 2020, from https://sites.google.com/site/thaukaenoi/kar-la-len-phun-meuxng/ma-yong.

[16] South Deep Outlook. (2020). *Ma Yong* (Online). Retrieved March 2, 2020, from https://www.southdeepoutlook.com/ShowAllDetails/detail_south_editorial/78.

[17] Songkhla Community Foundation. (2020). *Ma Yong: culture brings to peace*. (Online). Retrieved March 2, 2020, from https://www.songkhlahealth.org/paper/1671.

บทความวิจัย

การประเมินปริมาณน้ำฝนรายเดือนจากดาวเทียม PERSIANN-CCS โดยใช้สถานีวัดน้ำฝนในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Evaluation of Satellite Monthly Rainfall Product PERSIANN-CCS using Rain Gauge Stations over the Upper Ping River Basin

ทิพยกาญจน์ บุญชุ่ม[1, 2] วิษุวัฒก์ แต้สมบัติ[3] และชูพันธุ์ ชมภูจันทร์[4*]

Tippayakan Boonchum[1, 2], Wisuwat Taesombat[3] and Chuphan Chompuchan[4*]

บทคัดย่อ

ในขั้นตอนการวางโครงการชลประทานจำเป็นต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่ต่อเนื่องยาวนานสำหรับประเมินปริมาณน้ำท่าเพื่อออกแบบอาคารชลประทานเบื้องต้น อย่างไรก็ตามในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีจำนวนสถานีวัดน้ำฝนไม่เพียงพอและมีการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ส่งผลให้สถานีที่มีอยู่ไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลฝนในบริเวณที่อยู่ห่างไกลที่มีภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อนได้ ดังนั้นการใช้ผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาประเมินปริมาณน้ำฝนในพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัด การศึกษานี้ได้คัดเลือกข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานจำนวน 30 สถานีที่ได้ตรวจสอบความกลมกลืนของข้อมูลโดยวิธี Double Mass Curve มาประเมินเปรียบเทียบกับข้อมูลฝนรายเดือนจากผลิตภัณฑ์ PERSIANN-CCS ช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 - 2558 ทำการทดสอบโดยใช้สถิติค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และค่าความเอนเอียง (BIAS) ผลการศึกษาพบว่าข้อมูลฝนจาก PERSIANN-CCS มีความสัมพันธ์กันโดยตรงอย่างมากกับข้อมูลฝนจากสถานีตรวจวัดโดยมีค่า R ระหว่าง 0.80 - 0.98 อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาจากค่า ME และ BIAS รายเดือนพบว่ามีค่าติดลบทุกเดือนโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แสดงว่า PERSIANN-CCS มีการประเมินปริมาณน้ำฝนที่ต่ำกว่าความเป็นจริง โดยปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูล PERSIANN-CCS มีค่า 1,158.2 และ 831.8 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ นอกจากนี้เมื่อวิเคราะห์ค่า ME ร่วมกับค่าระดับความสูงจาก

[1] วิศวกรชลประทานปฏิบัติการ สำนักงานชลประทานที่ 1 ต.วัดเกต อ.เมือง จ.เชียงใหม่ 50000

[2] นิสิตปริญญาโท ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[3] ผศ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[4] อ.ดร., ภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน ม.เกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

[1] Irrigation Engineer, Regional Irrigation Office 1, Tambon Wat Ket, Amphoe Mueang Chiang Mai, Chiang Mai, 50000, Thailand

[2] Graduate Student, Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

[3] Asst. Prof. Dr., Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

[4] Lecturer, Dr., Department of Irrigation Engineering, Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus, Nakhon Pathom, 73140, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 08-1765-2503 E-mail address: chuphan.c@ku.ac.th

(Received: April 21, 2020; Revised: June 9, 2020; Accepted: June 16, 2020)

แบบจำลองความสูงดิจิทัล (SRTM DEM) ของ NASA พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบโดยมีค่า R เท่ากับ -0.65 แสดงให้เห็นว่า PERSIANN-CCS มีแนวโน้มประเมินปริมาณน้ำฝนคลาดเคลื่อนเพิ่มขึ้นตามค่าระดับความสูง

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ลุ่มน้ำปิงตอนบน

Abstract

Long-term recording of rainfall is an essential data to calculate runoff and preliminary irrigation structure design during the feasibility study on the irrigation projects. However, the lack of rain gauge stations and their heterogeneous spatial distribution throughout the Upper Ping River Basin caused limitation of appropriate representative rainfall data, especially in a complex mountainous area. Therefore, the satellite-based rainfall products are the alternative sources that could be used as rainfall data in ungauged areas. In this study, 30 rain gauge stations of the Royal Irrigation Department were selected and examined the consistency of rainfall data using Double Mass Curve method. The statistical measures of correlation coefficient (R), mean error (ME) and bias (BIAS) were tested the relationship between monthly rainfall data from PERSIANN-CCS satellite products and rain gauges during the year 2005 – 2015. The result showed a strong correlation between monthly rainfall data from PERSIANN-CCS and rain gauges with R between 0.80 - 0.98. However, ME and BIAS with negative values on every month, especially the dry season, indicate that PERSIANN-CCS underestimates rainfall data. It was found that the average annual rainfall of the rain gauge stations and PERSIANN-CCS data are 1,158.2 and 831.8 millimeters per year, respectively. In addition, the relationship between ME and NASA SRTM-DEM revealed a negative correlation with an R of -0.65 indicating that PERSIANN-CCS tends to give low accurate rainfall data at high elevation.

Keywords: Satellite-based Rainfall Products, PERSIANN-CCS, Upper Ping River Basin

บทนำ

การออกแบบอาคารชลประทานเป็นขั้นตอนหนึ่งในการวางโครงการชลประทานซึ่งต้องใช้ข้อมูลปริมาณน้ำฝนที่รวบรวมจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนในบริเวณใกล้เคียงกับพื้นที่ที่พิจารณาวางโครงการและมีการตรวจวัดเป็นระยะเวลาต่อเนื่องยาวนานเพื่อนำมาประเมินปริมาณน้ำท่าที่ไหลผ่านหัวงานก่อสร้างจึงจะสามารถออกแบบอาคารชลประทานเบื้องต้นได้ สำหรับพื้นที่ที่ไม่มีสถานีตรวจวัดสามารถใช้เทคนิคการประมาณค่าเชิงพื้นที่ (Spatial Interpolation Techniques) อย่างไรก็ตามเทคนิคดังกล่าวอาจใช้ประมาณค่าไม่แม่นยำหากจำนวนสถานีวัดน้ำฝนมีน้อย [1] ดังนั้นข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมจึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่นำมาใช้งานได้ ปัจจุบันมีผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมที่เผยแพร่ต่อสาธารณะผ่านเว็บไซต์ซึ่งมีความแม่นยำในการตรวจวัดและเป็นที่นิยมใช้งาน อาทิ TRMM (Tropical Rainfall Measuring Mission) [2], APHRODITE (Asian Precipitation Highly Resolved Observational Data Integration Towards Evaluation) [3], CMORPH (Climate Prediction Center (CPC) Morphing Technique) [4] กระนั้น ผลิตภัณฑ์ดังกล่าวโดยทั่วไปมีความละเอียดเชิงพื้นที่ (Spatial Resolution) 0.25° (ขนาดจุดภาพประมาณ 25 กม. x 25 กม.) ซึ่งอาจไม่เหมาะสม

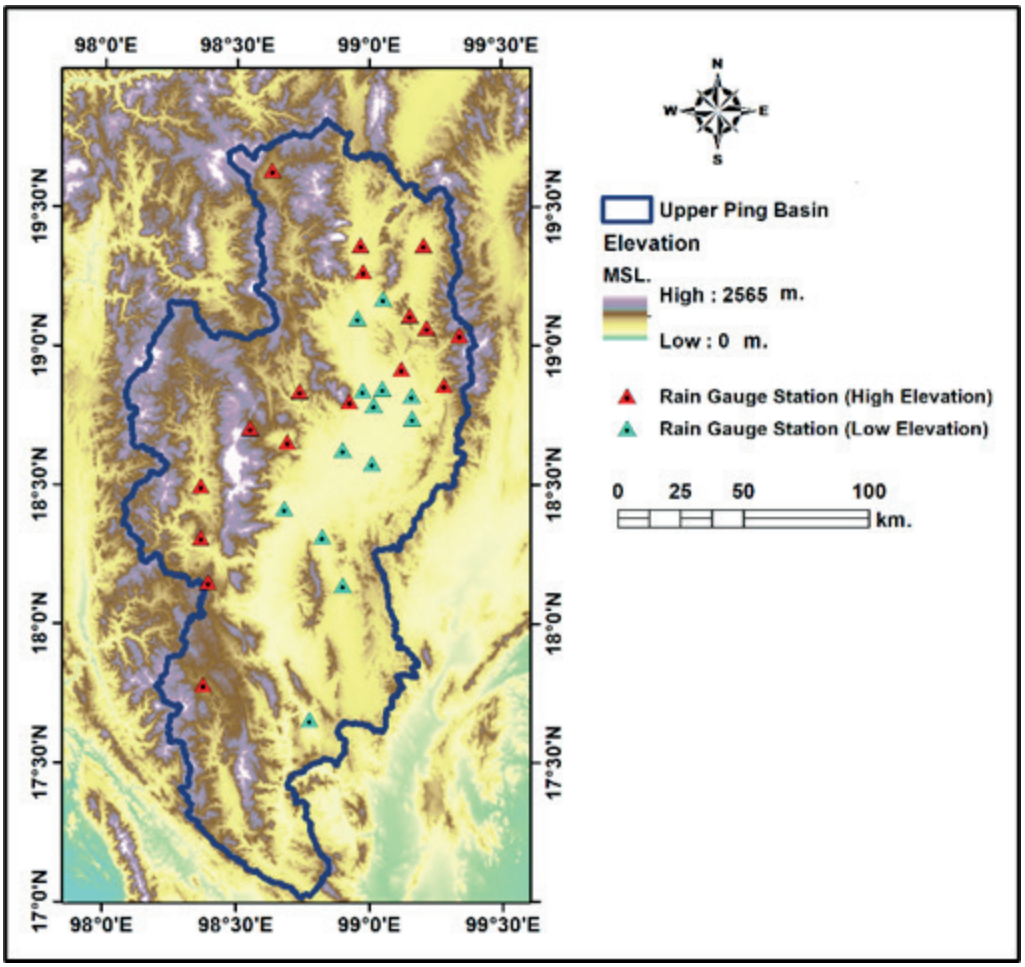
หากนำมาใช้งานในโครงการชลประทานขนาดเล็กซึ่งมีพื้นที่รับน้ำน้อยกว่า 25 ตารางกิโลเมตร ในขณะที่ผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนรายเดือน PERSIANN-CCS (Precipitation Estimation from Remotely Sensed Information Using Artificial Neural Networks - Cloud Classification System) [5] ซึ่งมีความละเอียดเชิงพื้นที่ 0.04° (ขนาดจุดภาพประมาณ 4 กม. x 4 กม.) จะมีความเหมาะสมสำหรับโครงการชลประทานที่มีพื้นที่ขนาดเล็ก

พื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีลักษณะภูมิประเทศเป็นภูเขาสลับซับซ้อน มีจำนวนสถานีตรวจวัดน้ำฝนค่อนข้างน้อยและการกระจายตัวที่ไม่สม่ำเสมอ ดังนั้นในการวางโครงการชลประทานที่มีตำแหน่งที่ตั้งอยู่ห่างจากสถานีตรวจวัดน้ำฝนค่อนข้างมาก อาจไม่สามารถใช้เป็นตัวแทนของข้อมูลปริมาณน้ำฝนในพื้นที่โครงการได้ งานวิจัยนี้จึงได้พิจารณาผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนรายเดือน PERSIANN-CCS เป็นข้อมูลทางเลือก อย่างไรก็ตามข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมมักจะมีความคลาดเคลื่อนแบบสุ่ม (Random Error) และความเอนเอียง (Bias) [6] แม้ว่าจะมีงานวิจัยในอดีตที่ผ่านมาจำนวนมากที่ได้ประเมินสมรรถนะของผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมทั้งในระดับภูมิภาคและระดับโลก [7] แต่ในการใช้งานในระดับท้องถิ่นควรมีการศึกษาลักษณะของความคลาดเคลื่อนระหว่างข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมกับข้อมูลจากสถานีตรวจวัดภาคพื้นดินเพื่อหาแนวทางในการปรับแก้ข้อมูลให้เหมาะสมก่อนนำไปใช้งาน [8] งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาเปรียบเทียบข้อมูลฝนจากดาวเทียม PERSIANN-CCS กับข้อมูลปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อมูลฝนสำหรับนำไปใช้งานในการวางโครงการชลประทานในพื้นที่ห่างไกลที่ไม่มีสถานีตรวจวัดข้อมูลฝนต่อไป

วิธีการวิจัย

พื้นที่ศึกษา

ลุ่มน้ำปิงตอนบนมีพื้นที่ประมาณ 25,370 ตารางกิโลเมตร ดังแสดงในภาพที่ 1 อยู่ในเขตจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน สภาพภูมิประเทศเป็นเทือกเขาสลับซับซ้อนมีความลาดชันสูงเป็นแนวจากเหนือจรดใต้ พื้นที่ส่วนใหญ่กว่าร้อยละ 70 เป็นพื้นที่ป่าไม้มีพื้นที่ราบตามแนวแม่น้ำปิงซึ่งเป็นแม่น้ำสายหลักไหลจากเหนือลงใต้ผ่านจังหวัดเชียงใหม่และลำพูน โดยมีเขื่อนภูมิพลตั้งอยู่ในจังหวัดตากบริเวณด้านท้ายของพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน มีปริมาณฝนตกชุกในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงตุลาคมจากอิทธิพลของลมมรสุมตะวันตกเฉียงใต้



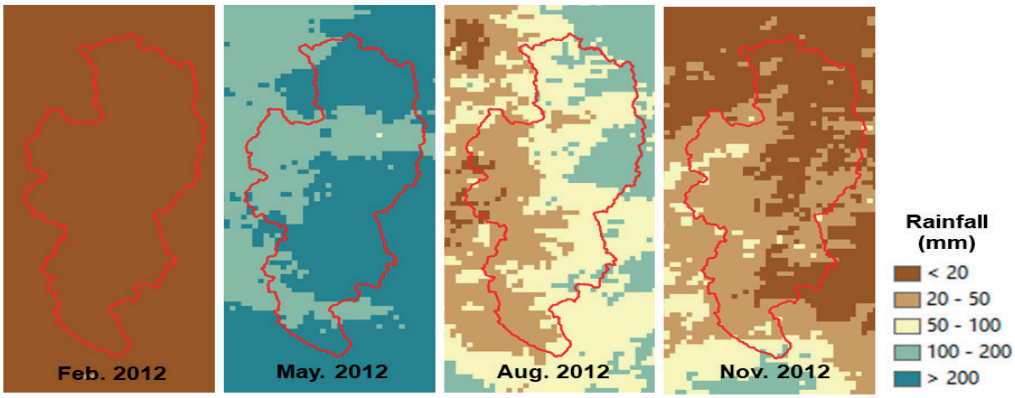
ภาพที่ 1 พื้นที่ศึกษาลุ่มน้ำปิงตอนบนและตำแหน่งที่ตั้งของสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทาน

ข้อมูลและวิธีการวิจัย

1. รวบรวมข้อมูลปริมาณน้ำฝนรายเดือนช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2558 จากสถานีวัดน้ำฝนของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนจำนวน 30 สถานี (ดังแสดงในภาพที่ 1) จากนั้นทำการตรวจสอบความน่าเชื่อถือของข้อมูลฝนด้วยวิธี Double Mass Curve โดยเปรียบเทียบปริมาณฝนสะสมรายเดือนของสถานีที่ต้องการตรวจสอบกับค่าเฉลี่ยของปริมาณน้ำฝนสะสมรายเดือนจากสถานีใกล้เคียงทั้งหมดในรัศมี 6 กม.

2. รวบรวมข้อมูลฝนรายเดือนจากดาวเทียมระบบ PERSIANN-CCS ซึ่งเป็นข้อมูลที่ใช้แบบจำลองโครงข่ายประสาทเทียม (Artificial Neural Networks, ANN) ในการประมวลผลภาพถ่ายอุณหภูมิเมฆในช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อน (ความยาวคลื่น 10.2–11.2 μm) จากกลุ่มดาวเทียมวงโคจรค้างฟ้า (Geosynchronous Satellites, GEO) และสอบเทียบข้อมูลร่วมกับข้อมูลฝนดาวเทียมไมโครเวฟแบบพาสซีฟ (Passive Microwave) จากกลุ่มดาวเทียมวงโคจรต่ำของโลก (Low Earth Orbit Satellites, LEO) [9] ดาวน์โหลดข้อมูล

ได้จาก URL https://chrsdata.eng.uci.edu/ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้เลือกข้อมูลครอบคลุมบริเวณพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบนช่วงระหว่างปี พ.ศ. 2548 – 2558 ดังแสดงตัวอย่างในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนดาวเทียมรายเดือน PERSIANN-CCS

3. นำข้อมูลฝนรายเดือน PERSIANN-CCS มาประเมินเปรียบเทียบกับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน โดยกำหนดให้ตำแหน่งที่ตั้งของสถานีตรวจวัดแต่ละสถานีเป็นตัวแทนของข้อมูลฝนครอบคลุมพื้นที่ขนาดเทียบเท่ากับพื้นที่จุดภาพของข้อมูล PERSIANN-CCS (4 กม. X 4 กม.) โดยจัดแบ่งกลุ่มของสถานีตรวจวัดน้ำฝนตามค่าระดับความสูงของสถานี ในงานวิจัยนี้เลือกใช้ค่าระดับความสูงจากแบบจำลองความสูงดิจิทัล (SRTM DEM) ของ NASA โดยแบ่งเป็นกลุ่ม High Elevation คือกลุ่มสถานีที่ตั้งอยู่ในระดับความสูงมากกว่า 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง และกลุ่ม Low Elevation คือกลุ่มสถานีที่ตั้งอยู่ในระดับความสูงต่ำกว่า 400 เมตรจากระดับน้ำทะเลปานกลาง จากนั้นวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) และค่าความเอนเอียง (BIAS) ดังสมการที่ 1-3

$$R = \frac{\sum_{i=1}^{n}(G_i-\bar{G})(S_i-\bar{S})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(G_i-\bar{G})^2}\cdot\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(S_i-\bar{S})^2}} \quad 1)$$

$$ME = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(S_i - G_i) \quad 2)$$

$$BIAS = \frac{\sum_{i=1}^{n}(S_i-G_i)}{\sum_{i=1}^{n}G_i} \times 100\% \quad 3)$$

โดยที่ n คือ จำนวนสถานีตรวจวัด

G_i คือ ปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด

S_i คือ ปริมาณน้ำฝนจากผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนดาวเทียม PERSIANN-CCS

$\bar{G}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากสถานีตรวจวัด

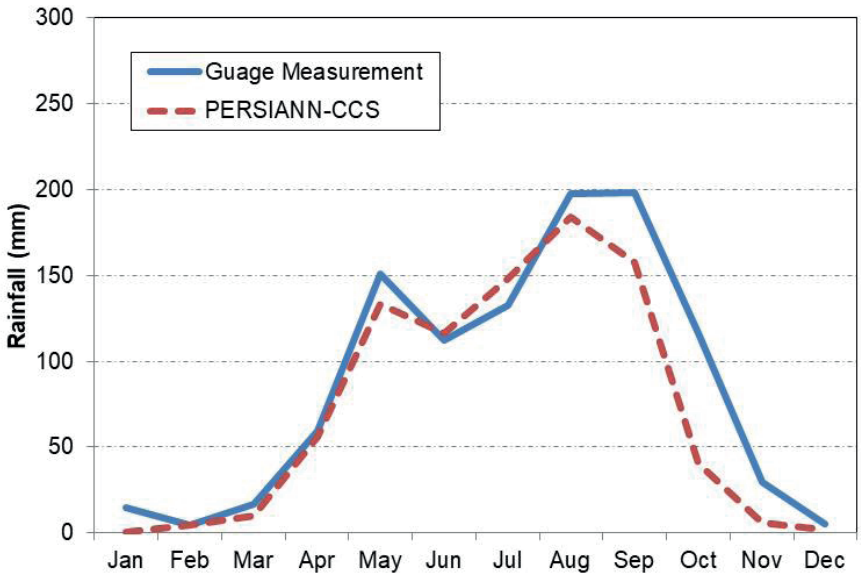
$\bar{S}$ คือ ค่าเฉลี่ยปริมาณน้ำฝนจากผลิตภัณฑ์ข้อมูลฝนดาวเทียม PERSIANN-CCS

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

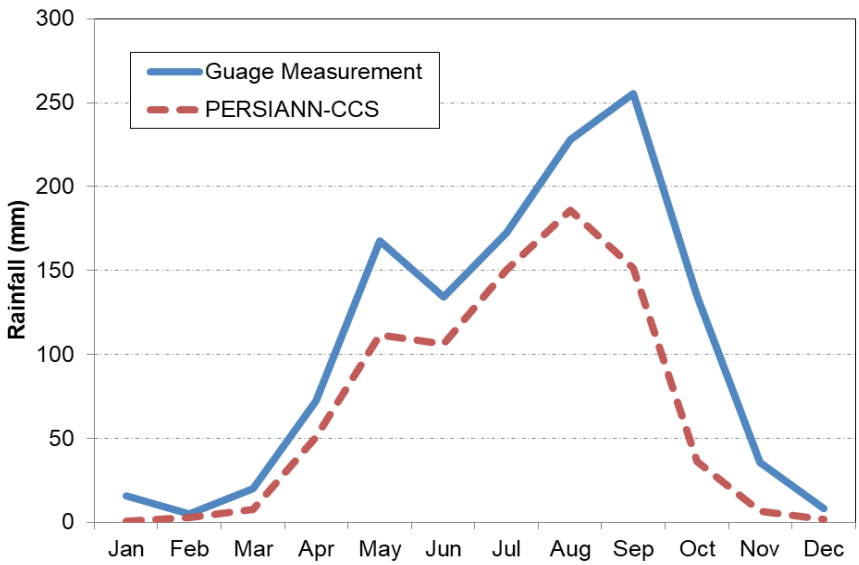
จากการประเมินปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS เปรียบเทียบกับปริมาณฝนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทาน จำนวน 30 สถานี ระหว่างปี พ.ศ. 2548-2558 โดยภาพรวมพบว่าปริมาณฝนเฉลี่ยรายปีของสถานีตรวจวัดและข้อมูล PERSIANN-CCS มีค่า 1,158.2 และ 831.8 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ โดยมีค่า R อยู่ระหว่าง 0.80 ถึง 0.98 แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS มีความสัมพันธ์โดยตรงอย่างมากกับข้อมูลจากการตรวจวัดภาคพื้นดิน อย่างไรก็ตามพบว่ามีค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) อยู่ระหว่าง -82.84 ถึง 12.48 มิลลิเมตรต่อเดือน และค่าความเอนเอียง (BIAS) อยู่ระหว่าง -56.23 % ถึง 21.92 %

เมื่อจำแนกกลุ่มสถานีตามค่าระดับความสูงพบว่า กลุ่ม Low Elevation จำนวน 13 สถานี มีค่าฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดและจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS เท่ากับ 1,039 และ 858.15 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ ส่วนกลุ่ม High Elevation มีค่าฝนเฉลี่ยรายปีจากสถานีตรวจวัดและจากดาวเทียม PERSIANN-CCS เท่ากับ 1,249.5 และ 811.64 มิลลิเมตรต่อปีตามลำดับ เมื่อพิจารณาข้อมูลการกระจายฝนรายเดือนดังแสดงในภาพที่ 3 พบว่า กลุ่ม Low Elevation ประเมินปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ได้น้อยกว่าสถานีตรวจวัดโดยเฉพาะในช่วงเดือนสิงหาคม-มกราคม ในขณะที่กลุ่ม High Elevation ประเมินปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ได้น้อยกว่าสถานีตรวจวัดทุกเดือน เมื่อพิจารณาจากค่า ME กับ BIAS ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า กลุ่ม Low Elevation มีค่า ME กับ BIAS เฉลี่ย -16.23 มิลลิเมตรต่อเดือน และ -34.23 % ตามลำดับ ส่วนกลุ่ม High Elevation มีค่า ME กับ BIAS เฉลี่ย -36.49 มิลลิเมตรต่อเดือน และ -48.69 % ตามลำดับ ทั้งนี้ค่า ME และ BIAS รายเดือนมีค่าติดลบโดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง แสดงให้เห็นว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS มีแนวโน้มประเมินข้อมูลปริมาณน้ำฝนเทียบกับการตรวจวัดภาคพื้นดินในสภาพภูมิประเทศแบบเทือกเขาสลับซับซ้อนได้ต่ำกว่าความเป็นจริง (Underestimate) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Krakauer, Pradhanang, Lakhankar, & Jha, 2013 [10] ที่ได้เปรียบเทียบปริมาณฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS กับสถานีตรวจวัดในพื้นที่ภูเขาสูงในประเทศเนปาล

เมื่อวิเคราะห์ค่า ME ร่วมกับค่าระดับความสูงของสถานีตรวจวัดทั้งหมด 30 สถานี พบว่ามีความสัมพันธ์เชิงลบโดยมีค่า R เท่ากับ -0.65 ดังแสดงในภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่าความคลาดเคลื่อนของข้อมูลฝน PERSIANN-CCS มีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่าระดับความสูง ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ Gao & Liu, 2013 [11] และ Li, Zhang, & Xu, 2014 [12] ทั้งนี้ ความคลาดเคลื่อนดังกล่าวอาจเกิดจากลักษณะกลุ่มฝนประเภทเมฆอุ่น (Warm Cloud) ที่ตกในพื้นที่ภูเขาสูง [13] ซึ่งจะมีอุณหภูมิยอดเมฆสูงกว่าค่าขีดแบ่ง (Threshold Value) ที่ช่วงคลื่นอินฟราเรดความร้อนกำหนดไว้ว่าเป็นค่าที่ทำให้ฝนตก [14] ส่งผลให้การแปลผลข้อมูลฝนจากดาวเทียมคลาดเคลื่อนจากความเป็นจริง นอกจากนี้ในพื้นที่ภูเขาสูงมีแนวโน้มว่าจะเกิดฝนตกจากกลุ่มเมฆในสถานะอื่นที่ไม่ใช่เมฆน้ำแข็ง (Ice Cloud) ซึ่งมีค่าการสะท้อนและการแปลผลจากข้อมูลภาพไมโครเวฟแบบพาสซีพเป็นปริมาณฝนได้น้อยกว่าเมฆน้ำแข็ง [12]

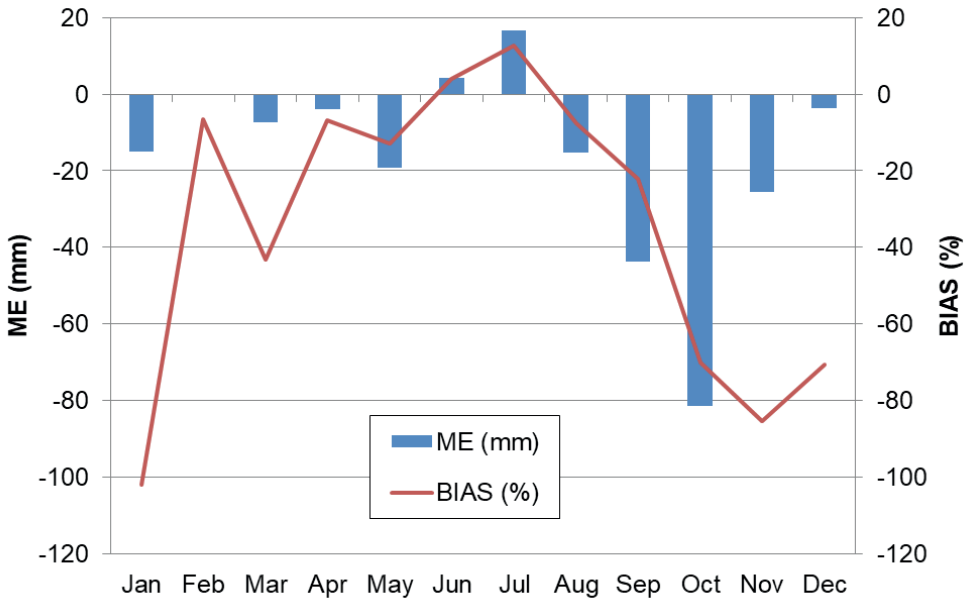


(a)

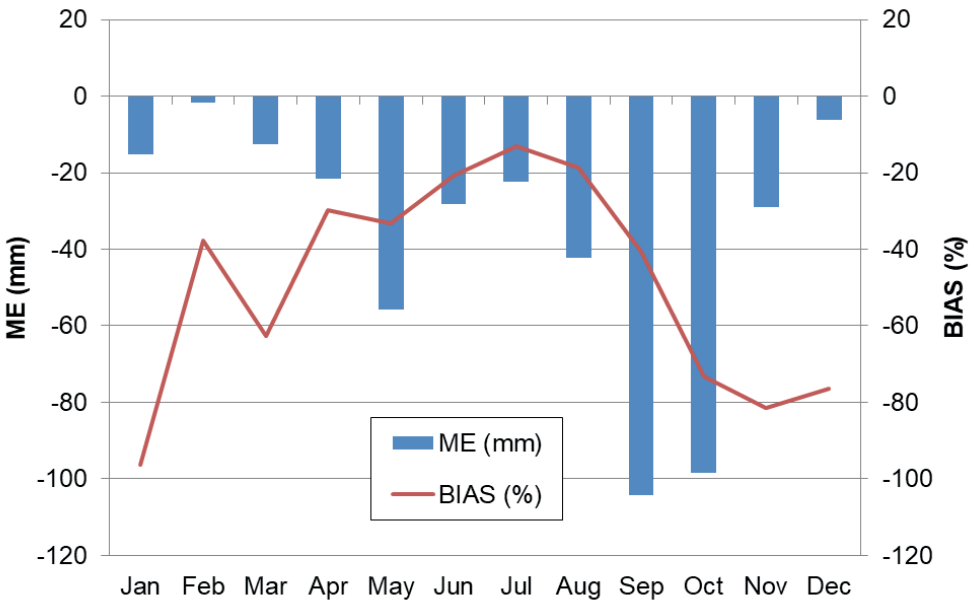


(b)

ภาพที่ 3 ปริมาณฝนเฉลี่ยรายเดือนจากข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูล PERSIANN-CCS (a) พื้นที่ระดับความสูง ต่ำกว่า 400 ม.รทก. (b) พื้นที่ระดับความสูง สูงกว่า 400 ม.รทก.

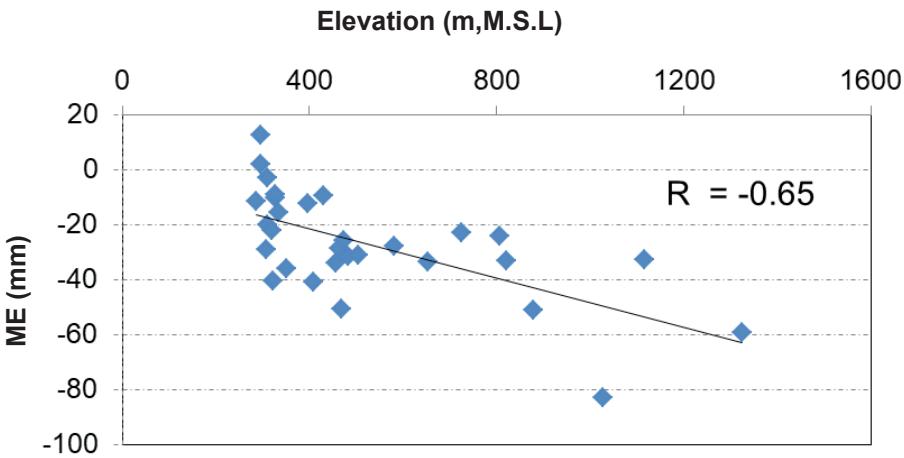


(a)



(b)

ภาพที่ 4 ค่า ME และค่า BIAS รายเดือนของข้อมูลสถานีวัดน้ำฝนและข้อมูล PERSIANN-CCS (a) พื้นที่ระดับความสูง ต่ำกว่า 400 ม.รทก. (b) พื้นที่ระดับความสูง สูงกว่า 400 ม.รทก.



ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) กับค่าระดับความสูง

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ได้ประเมินเปรียบเทียบข้อมูลฝนรายเดือนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS กับข้อมูลฝนรายเดือนจากสถานีตรวจวัดของกรมชลประทานในพื้นที่ลุ่มน้ำปิงตอนบน สรุปได้ว่าข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมประเมินปริมาณน้ำฝนต่ำกว่าความเป็นจริงประมาณ 28% โดยเฉพาะในช่วงฤดูแล้ง และเมื่อวิเคราะห์ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (ME) พบว่าค่าความคลาดเคลื่อนมีแนวโน้มเพิ่มมากขึ้นตามค่าระดับความสูง ดังนั้นหากต้องการนำข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียม PERSIANN-CCS ไปใช้ในงานวางโครงการชลประทานจึงควรมีการปรับแก้ข้อมูลฝนเพื่อให้มีค่าความคลาดเคลื่อนน้อยลง โดยเฉพาะในพื้นที่ภูเขาสูง รวมทั้งควรมีการศึกษาแนวทางการประเมินสมรรถนะของข้อมูลฝนจากภาพถ่ายดาวเทียมโดยการจำลองปริมาณน้ำท่าจากแบบจำลองอุทกวิทยาและเปรียบเทียบผลกับการตรวจวัดจริงจากสถานีวัดน้ำท่า

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณศูนย์อุทกวิทยาชลประทานภาคเหนือตอนบนที่ให้ความอนุเคราะห์ข้อมูลปริมาณน้ำฝน ในงานวิจัยนี้งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากภาควิชาวิศวกรรมชลประทาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เอกสารอ้างอิง

[1] Taesombat, W., & Sriwongsitanon, N. (2009). Areal rainfall estimation using spatial interpolation techniques. *ScienceAsia, 35*(3), 268–275. DOI: 10.2306/scienceasia1513-1874.2009.35.268.

[2] Huffman, G. J., Adler, R. F., Bolvin, D. T., Gu, G., Nelkin, E. J., Bowman, K. P., …Wolff, D. B. (2007). The TRMM multisatellite precipitation analysis (TMPA): Quasi-global, multiyear, combined-sensor precipitation estimates at fine scales. *Journal of Hydrometeorology, 8*(1), 38–55.

[3] Yasutomi, N., Hamada, A., & Yatagai, A. (2011). Development of a long-term daily gridded temperature dataset and its application to rain/snow discrimination of daily precipitation. *Global Environmental Research, 15*, 165–172.

[4] Joyce, R. J., Janowiak, J. E., Arkin, P. A., & Xie, P. (2004). CMORPH: a method that produces global precipitation estimates from passive microwave and infrared data at high spatial and temporal resolution. *Journal of Hydrometeorology, 5*, 487–503.

[5] Hong, Y., Hsu, K.L., Sorooshian, S., & Gao, X.G. (2004). Precipitation estimation from remotely sensed imagery using an artificial neural network cloud classification system. *Journal of Applied Meteorology, 43*, 1834–1852.

[6] Sun, Q., Miao, C., Duan, Q., Ashouri, H., Sorooshian, S., & Hsu, K. L. (2018). A review of global precipitation data sets: data sources, estimation, and intercomparisons. *Reviews of Geophysics, 56*(1), 79–107.

[7] Zhang, D., Liu, X. M., Bai, P., & Li, X. H. (2019). Suitability of satellite-based precipitation products for water balance simulations using multiple observations in a humid catchment. *Remote Sensing, 11*(2), 151. DOI: https://doi.org/10.3390/rs11020151.

[8] Anagnostou, E. N., Maggioni, V., Nikolopoulos, E. I., Meskele, T., Hossain, F., & Papadopoulos, A. (2010). Benchmarking high-resolution global satellite rainfall products to radar and rain-gauge rainfall estimates. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing, 48*(4), 1667–1683.

[9] Nguyen, P., Ombadi, M., Sorooshian, S., Hsu, K., AghaKouchak, A., Braithwaite, D., Ashouri, H.,... Thorstensen, A. R. (2018). The PERSIANN family of global satellite precipitation data: A review and evaluation of products. *Hydrology and Earth System Sciences, 22*(11), 5801–5816.

[10] Krakauer, N. Y., Pradhanang, S. M., Lakhankar, T., & Jha, A. K. (2013). Evaluating satellite products for precipitation estimation in mountain regions: a case study for Nepal. *Remote Sensing, 5*(8), 4107–4123.

[11] Gao, Y. C., & Liu, M. F. (2013). Evaluation of high-resolution satellite precipitation products using rain gauge observations over the Tibetan plateau. *Hydrology and Earth System Sciences, 17*(2), 837–849.

[12] Li, X., Zhang, Q., & Xu, C. (2014). Assessing the performance of satellite-based precipitation products and its dependence on topography over Poyang Lake basin. *Theoretical and Applied Climatology, 115,* 713–729.

[13] Romilly, T. G., & Gebremichael, M. (2011). Evaluation of satellite rainfall estimates over Ethiopian river basins. *Hydrology and Earth System Sciences, 15*(5), 1505–1514.

[14] Qin, F., Xian, T., & Fu, Y. (2018). Cloud-precipitation parameters and radiative forcing of warm precipitating cloud over the tropical Pacific Ocean based on TRMM datasets and radiative transfer model. *Atmosphere, 9*(6),206. DOI:10.3390/atmos9060206.

บทความวิจัย

การประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวของไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1

The Estimate of Genetic Parameters for Body Weight of Naked-neck Chicken in Generation 1

วิศาล อดทน[1*] วิฑูร ศุภศิริพงศ์[2] และสุภาพร สมรูป[3]

Wisan Odton[1*], Vitoon Supasiripong[2] and Supaporn Somrup[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าพารามิเตอร์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 โดยข้อมูลน้ำหนักตัวแรกเกิด 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ ของไก่คอล่อนจำนวน 554 ตัว ใช้ชุดฟักและเพศเป็นปัจจัยคงที่ในการประมาณค่า นำข้อมูลมาวิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวนด้วยวิธี Average Information Restricted Maximum Likelihood (AI-REML) ด้วยการวิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะและทำนายค่าการผสมพันธุ์ด้วยวิธี Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) จากการวิจัย พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไก่ที่อายุแรกเกิด 4 8 12 และ 16 เท่ากับ 0.986 0.281 0.370 0.340 และ 0.343 ตามลำดับ ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าบวกอยู่ในช่วง 0.249 ถึง 0.992 และค่าสหสัมพันธ์ปรากฏของลักษณะน้ำหนักตัวมีค่าบวกอยู่ในช่วง 0.219 ถึง 0.920 และค่าการผสมพันธุ์ของลักษณะน้ำหนักตัวแรกเกิด 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ มีค่าอยู่ระหว่าง -10.63 ถึง 13.87 -60.40 ถึง 90.98 -143.36 ถึง 218.06 -204.95 ถึง 314.61 และ -292.66 ถึง 411.23 ตามลำดับ ดังนั้นลักษณะน้ำหนักตัวของไก่คอล่อนสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยวิธีการคัดเลือกพันธุ์ เนื่องจากค่าอัตราพันธุกรรมอยู่ในระดับปานกลาง

คำสำคัญ: ไก่คอล่อน อัตราพันธุกรรม สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม ค่าการผสมพันธุ์

Abstract

The purpose of this study was to estimate genetic parameters for body weight in Naked-neck chicken in generation 1 using of the data birth weight, 4, 8, 12, and 16 weeks from 554 chickens. Model of analysis took in to account fixed effects of hatch and sex. Variance components from multivariate trait

[1] อ.ดร., สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[2] นักวิชาการ สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[3] อ., สาขาวิชาสัตวศาสตร์ คณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

[1] Lecturer, Dr., Department of Animal Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

[2] Researcher, Department of Animal Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

[3] Lecturer, Department of Animal Science, Faculty of Technology and Community Development, Thaksin University, Phatthalung, 93210, Thailand

* Corresponding author: Tel.: 074-609600 ext. 3301. E-mail address: wisan@tsu.ac.th

(Received: April 19, 2020; Revised: August 18, 2020; Accepted: September 10, 2020)

analysis were estimated by average information restricted maximum likelihood (AI-REML) and breeding value was also estimated under best linear unbiased prediction (BLUP). It is found that heritability estimates of body weight at birth, 4, 8, 12, and 16 weeks were 0.986, 0.281, 0.370, 0.340, and 0.343, respectively. Genetic correlations of body weights were ranged from 0.249 to 0.992 and phenotypic correlations were ranged from 0.210 to 0.920. The estimates of estimated breeding value (EBV) for body weight at birth, 4, 8, 12 and 16 weeks of age were ranged from -10.63 to 13.87, -60.40 to 90.98, -143.36 to 218.06, -204.95 to 314.61, and -292.66 to 411.23, respectively. Therefore, all body weight traits can be improved by selection because the magnitude of heritability were moderate.

Keywords: Naked-neck Chicken, Heritability, Genetic Correlation, Estimated Breeding Value

บทนำ

ไก่คอล่อน (Naked-neck Chicken) เป็นไก่พื้นเมืองไทยสายพันธุ์หนึ่งของภาคใต้ จัดเป็นไก่ประเภทให้เนื้อ มีลักษณะคล้ายไก่พื้นเมือง (ไก่ชน) โดยไม่มีขนบริเวณคอไปจนถึงกระเพาะพัก จึงเรียกว่า “คอล่อน” [1] การเลี้ยงดูไก่คอล่อนของเกษตรกรเป็นแบบพื้นบ้าน อีกทั้งมักปล่อยให้ไก่ผสมพันธุ์กันตามธรรมชาติ ไม่มีการจดบันทึกข้อมูล ขาดการวางแผนการผสมพันธุ์เป็นอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง ดังนั้นไก่คอล่อนจึงมีความแปรปรวนภายในสายพันธุ์สูงทั้งในด้านรูปร่าง สีขน น้ำหนักตัว คุณภาพซากและคุณภาพเนื้อ การปรับปรุงพันธุ์ไก่คอล่อนครั้งนี้มีเป้าหมายเพื่อสร้าง “ไก่คอล่อนสายพันธุ์พัทลุง” ซึ่งมีคุณลักษณะที่สำคัญ 4 อย่าง คือ คอล่อน หงอนถั่ว ขนสีเขียว และแข้งสีเหลือง และปรับปรุงให้มีสมรรถภาพการผลิตดีขึ้นในด้านการเติบโตและการให้ไข่ แต่ยังคงลักษณะดีเด่นของไก่พื้นเมืองอยู่คือ คุณภาพเนื้อ

ในการปรับปรุงพันธุ์การเติบโตของไก่มีความจำเป็นต้องทราบข้อมูลน้ำหนักตัว อีกทั้งต้องทราบพารามิเตอร์ทางพันธุกรรม ได้แก่ ค่าอัตราพันธุกรรม (Heritability; h2) ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (Genetic Correlation; rg) และค่าการผสมพันธุ์ (Estimated Breeding Value; EBV) โดยค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปรากฏใดๆ เป็นค่าเฉพาะสำหรับประชากรหนึ่งๆ ทั้งนี้เพราะประชากรสัตว์ที่ต่างกันย่อมมีองค์ประกอบทางพันธุกรรมต่างกัน ทั้งยังตกอยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่แตกต่างกัน ถ้าค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปรากฏมีค่าสูง (> 0.4) การคัดเลือกและปรับปรุงพันธุ์สามารถทำได้ง่ายและความก้าวหน้าในการปรับปรุงพันธุ์เกิดขึ้นได้อย่างรวดเร็ว ถ้าหากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปรากฏมีค่าปานกลาง (0.2-0.4) การปรับปรุงลักษณะนั้นควรใช้การปรับปรุงพันธุ์และมีปรับปรุงสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน แต่ถ้าหากค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะปรากฏมีค่าต่ำ (< 0.2) การปรับปรุงลักษณะนั้นจะมีความก้าวหน้าช้า ควรปรับปรุงลักษณะนั้นด้วยการปรับปรุงการจัดการ [2] การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประมาณค่าอัตราพันธุกรรม ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวไก่คอล่อน เพื่อใช้เป็นข้อมูลในการวางแผนการพัฒนาและปรับปรุงพันธุ์ไก่คอล่อนในชั่วอายุถัดไป

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

ฝูงไก่พ่อแม่พันธุ์ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ได้จากฟาร์มเกษตรกรจำนวน 5 ราย อายุประมาณ 4-5 เดือน เพศผู้จำนวน 30 ตัว และเพศเมียจำนวน 110 ตัว ไก่ทุกตัวถูกติดเบอร์ปีก พร้อมทั้งบันทึกแหล่งที่มา โดยเกณฑ์

ในการคัดเลือกไก่ พิจารณาจากลักษณะภายนอก ไก่เพศผู้ต้องมีลักษณะคือ คอล่อน หงอนถั่ว ขนลำตัวสีเขียว แต่อาจมีขนสร้อยสีอื่นแซมได้บ้าง และแข้งสีเหลือง และไก่เพศเมียต้องมีลักษณะคือ คอล่อน หงอนถั่ว ขนลำตัวสีดำ และแข้งสีดำจนถึงเหลือง เมื่อไก่อายุประมาณ 8-9 เดือน ทำการจับคู่ผสมพันธุ์แบบสุ่ม และผสมพันธุ์ด้วยวิธีผสมเทียมโดยใช้พ่อพันธุ์ 1 ตัว ผสมกับแม่พันธุ์ 3-5 ตัว เพื่อผลิตไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 ไก่รุ่นลูกที่เกิดขึ้นมีการบันทึกพันธุ์ประวัติ และข้อมูลน้ำหนักตัว

ข้อมูลน้ำหนักตัวแรกเกิด 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ ของไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 จำนวน 554 ตัว ที่เลี้ยงในฟาร์มคณะเทคโนโลยีและการพัฒนาชุมชน มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง การจัดการโดยทั่วไปเลี้ยงแบบขังคอกในโรงเรือน ทำวัคซีนนิวคาสเซิล หลอดลมอักเสบเมื่ออายุ 1 สัปดาห์ และวัคซีนกัมโบโรเมื่ออายุ 2 สัปดาห์ ไก่ได้รับอาหารสำเร็จรูปทางการค้าอย่างเต็มที่ตามช่วงอายุคือ อายุ 0 - 4 สัปดาห์ เลี้ยงด้วยอาหารไก่เนื้อทางการค้ามีโปรตีน 21% และอายุ 4 - 16 สัปดาห์ เลี้ยงด้วยอาหารไก่พื้นเมืองทางการค้ามีโปรตีน 14 %

นำข้อมูลน้ำหนักตัวมาตรวจสอบการกระจายของข้อมูล และตรวจสอบข้อมูลที่มีค่าสูงหรือต่ำกว่าปกติ (Outlier) โดยใช้ชุดคำสั่ง Proc Univariate และทดสอบปัจจัยคงที่ (ชุดฟัก และเพศ) ที่มีอิทธิพลต่อน้ำหนักตัว โดยใช้ชุดคำสั่ง General Linear Model Procedure เพื่อพิจารณานำค่าคงที่ที่มีผลต่อค่าสังเกตไปปรับใช้ในโมเดลในขั้นการวิเคราะห์ความแปรปรวน การวิเคราะห์ใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SAS, 1998 [3] โดยใช้โมเดลทางสถิติดังนี้

$$y_{ijk} = \mu + Hatch_i + Sex_j + e_{ijk}$$

โดย y_{ijk} = ค่าสังเกตของลักษณะน้ำหนักตัวไก่แจกแจงตามชุดฟักที่ i เพศที่ j ตัวที่ k μ = ค่าเฉลี่ยของลักษณะน้ำหนักตัวเป็นอิทธิพลร่วมที่ทุกค่าสังเกตได้รับ $Hatch_i$ = อิทธิพลคงที่ของชุดฟักที่ i (i = 1 2 3 และ 4) Sex_j = อิทธิพลคงที่ของเพศที่ j (j = 1 และ 2) และ e_{ijk} = อิทธิพลสุ่มอื่นๆ ที่ค่าสังเกตแต่ละค่าได้รับ โดย ~ NID (0,)

วิเคราะห์องค์ประกอบความแปรปรวน (Variance Component) โดยใช้วิธี Average Information Restricted Maximum Likelihood (AI-REML) ด้วยการวิเคราะห์ร่วมหลายลักษณะ (Multivariate Analysis) และทำนายค่าการผสมพันธุ์ด้วยวิธี Best Linear Unbiased Prediction (BLUP) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป Wombat, 2007 [4] สามารถเขียนให้อยู่ในรูปโมเดลดังนี้

$$y_i = X_i b_i + Z_i a_i + e_i$$

โดยกำหนดค่าเฉลี่ยและค่าความแปรปรวนคือ

$$E[y_i] = X_i b_i \quad Var\begin{bmatrix} a_i \\ e_i \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G\otimes A & 0 \\ 0 & R\otimes I \end{bmatrix}$$

โครงสร้างของเมตริกซ์ G และ R คือ

$$G = \begin{bmatrix} \sigma^2_{a1} & \sigma_{a1,a2} & \sigma_{a1,a3} & \sigma_{a1,a4} & \sigma_{a1,a5} \\ \sigma_{a2,a1} & \sigma^2_{a2} & \sigma_{a2,a3} & \sigma_{a2,a4} & \sigma_{a2,a5} \\ \sigma_{a3,a1} & \sigma_{a3,a2} & \sigma^2_{a3} & \sigma_{a3,a4} & \sigma_{a3,a5} \\ \sigma_{a4,a1} & \sigma_{a4,a2} & \sigma_{a4a3} & \sigma^2_{a4} & \sigma_{a4,a5} \\ \sigma_{a5,a1} & \sigma_{a5,a2} & \sigma_{a5,a3} & \sigma_{a5,a4} & \sigma^2_{a5} \end{bmatrix} R = \begin{bmatrix} \sigma^2_{e1} & \sigma_{e1,e2} & \sigma_{e1,e3} & \sigma_{e1,e4} & \sigma_{e1,e5} \\ \sigma_{e2,e1} & \sigma^2_{e2} & \sigma_{e2,e3} & \sigma_{e2,e4} & \sigma_{e2,e5} \\ \sigma_{e3,e1} & \sigma_{e3,e2} & \sigma^2_{e3} & \sigma_{e3,e4} & \sigma_{e3,e5} \\ \sigma_{e4,e1} & \sigma_{e4,e2} & \sigma_{e4e3} & \sigma^2_{e4} & \sigma_{e4,e5} \\ \sigma_{e5,e1} & \sigma_{e5,e2} & \sigma_{e5,e3} & \sigma_{e5,e4} & \sigma^2_{e5} \end{bmatrix}$$

เมื่อ y_i = เวคเตอร์ของค่าสังเกตของลักษณะที่ i (น้ำหนักตัวแรกเกิด (i=1) 4 สัปดาห์ (i=2) 8 สัปดาห์ (i=3) 12 สัปดาห์ (i=4) และ 16 สัปดาห์ (i=5)) X_i = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยคงที่กับค่าสังเกตของลักษณะที่ i Z_i = เมตริกซ์ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างอิทธิพลสุ่มของพันธุกรรมแบบบวกสะสมกับค่าสังเกตของลักษณะที่ i b_i = เวคเตอร์ของปัจจัยคงที่ของชุดฟัก และเพศของลักษณะที่ i a_i = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มทางพันธุกรรมแบบบวกสะสมของลักษณะที่ i e_i = เวคเตอร์ของอิทธิพลสุ่มเนื่องจากความคลาดเคลื่อนของตัวสัตว์ของลักษณะที่ i G = เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมทางพันธุกรรมแบบบวกสะสม R = เมตริกซ์ความแปรปรวนและความแปรปรวนร่วมของความคลาดเคลื่อน A = เมตริกซ์ความสัมพันธ์ทางเครือญาติระหว่างสัตว์ในประชากร (Numerator Relationship Matrix) I = Identity Matrix และ $\otimes$ = Direct Product

ผลการวิจัย

อิทธิพลของปัจจัยคงที่

ไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 มีน้ำหนักตัวแรกเกิด 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ เท่ากับ 34.18 310.86 758.94 1,189.10 และ 1,634.43 กรัม ตามลำดับ การทดสอบอิทธิพลของปัจจัยคงที่คือ เพศและชุดฟัก (ตารางที่ 1) พบว่า ไก่เพศผู้มีน้ำหนักตัวสูงกว่าเพศเมียอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) ทุกช่วงอายุ สอดคล้องกับ Wangtaweesukkamol, Loongyai, Chomtee, & Sopannarath, 2013 [5] รายงานว่าไก่เบตงเพศผู้มีน้ำหนักตัวที่อายุ 0 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ เท่ากับ 34 329 814 1,366 และ 1,783 กรัม ตามลำดับ สูงกว่าไก่เพศเมียที่มีค่าเท่ากับ 33 288 668 1,063 และ 1,358 กรัม ตามลำดับ ส่วนกลุ่มการจัดการหรือไก่ที่เกิดในชุดฟักเดียวกันจะได้รับการจัดการด้านต่างๆ เช่น การกก อาหาร และสภาพแวดล้อมด้านอื่นๆ เหมือนกัน ตั้งแต่แรกเกิดจนถึงอายุ 16 สัปดาห์ จากการทดสอบพบว่าไก่ที่เกิดในชุดฟักที่ 1-4 มีน้ำหนักตัวแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$) แสดงว่า การจัดการไก่คอล่อนในแต่ละชุดฟักมีผลต่อน้ำหนักตัวไก่อย่างมาก สอดคล้องกับ Wangtaweesukkamol *et al.,* 2013 [5] ที่รายงานว่า เพศไก่ และรุ่นที่ฟักมีอิทธิพลต่อลักษณะน้ำหนักตัวของไก่เบตงอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

ตารางที่ 1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยจำแนกตามเพศและชุดฟักของไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 (Mean ± SD)

ปัจจัย	อายุไก่				
	แรกเกิด	4 สัปดาห์	8 สัปดาห์	12 สัปดาห์	16 สัปดาห์
จำนวนไก่ (ตัว)					
เพศผู้	273	273	249	225	203
เพศเมีย	281	281	257	241	231
น้ำหนักตัว (กรัม)					
ชุดฟัก 1	32.74 ± 4.11^{b}	327.03 ± 58.22^{a}	724.44 ± 137.14^{c}	$1,141.87 \pm 229.55^{c}$	$1,567.56 \pm 329.50^{b}$
ชุดฟัก 2	35.43 ± 4.44^{a}	316.19 ± 81.57^{ab}	825.31 ± 154.42^{a}	$1,258.24 \pm 240.77^{a}$	$1,737.68 \pm 366.51^{a}$
ชุดฟัก 3	34.65 ± 4.06^{a}	286.86 ± 47.44^{c}	761.16 ± 150.74^{b}	$1,213.12 \pm 231.79^{ab}$	$1,631.03 \pm 314.62^{b}$
ชุดฟัก 4	35.18 ± 4.42^{a}	311.17 ± 49.87^{b}	742.10 ± 142.88^{bc}	$1,150.15 \pm 250.67^{bc}$	$1,617.84 \pm 277.63^{b}$
p - value	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

ตารางที่ 1 น้ำหนักตัวเฉลี่ยจำแนกตามเพศและชุดฟักของไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 (Mean ± SD) (ต่อ)

ปัจจัย	อายุไก่				
	แรกเกิด	4 สัปดาห์	8 สัปดาห์	12 สัปดาห์	16 สัปดาห์
น้ำหนักตัว (กรัม)					
เพศผู้	34.65 ± 4.44[a]	334.21 ± 65.57[a]	842.70 ± 141.41[a]	1,331.66 ± 215.03[a]	1,840.23 ± 302.62[a]
เพศเมีย	33.71 ± 4.27[b]	292.26 ± 52.84[b]	678.44 ± 108.36[b]	1,049.91 ± 167.87[b]	1,394.52 ± 191.27[b]
p - value	0.0102	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001	< 0.0001

หมายเหตุ: อักษร [a b c] ที่แตกต่างกันในแนวตั้งในแต่ละปัจจัย แสดงว่าค่าเฉลี่ยแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($p < 0.01$)

อัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว

การประมาณค่าความแปรปรวนโดยวิธี AI-REML ของลักษณะน้ำหนักตัวแสดงในตารางที่ 2 โดยค่าอัตราพันธุกรรมเป็นค่าที่แสดงความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูกของสัตว์ในประชากรนั้นๆ [2] ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวแรกเกิด 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ ของไก่คอล่อนเท่ากับ 0.986 ± 0.085 0.281 ± 0.084 0.370 ± 0.095 0.340 ± 0.091 และ 0.343 ± 0.097 ตามลำดับ ผลการศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 0 4 8 12 และ16 สัปดาห์ ของไก่ประดู่หางดำมีค่าเท่ากับ 0.88 ± 0.03 0.55 ± 0.04 0.43 ± 0.03 0.46 ± 0.04 0.39 ± 0.03 ตามลำดับ [6] และค่าอัตราพันธุกรรมของไก่เบตง มีค่าเท่ากับ 0.63 ± 0.04 0.52 ± 0.06 0.34 ± 0.06 0.34 ± 0.06 และ 0.38 ± 0.06 ตามลำดับ [7] โดยความแตกต่างของค่าอัตราพันธุกรรมและความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของไก่ในประชากรที่ต่างกันมีสาเหตุจากปัจจัยหลายอย่าง เช่น พันธุ์ไก่ โครงสร้างข้อมูล และโมเดลที่ใช้ในการประมาณค่า เป็นต้น ในการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัวแรกเกิดมีค่าสูงมาก (0.986) เนื่องจากความแปรปรวนทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวแรกเกิดที่ประเมินได้ มีอิทธิพลทางพันธุกรรมจากแม่ (Maternal Genetic Effect) รวมอยู่ด้วย ไม่ใช่ค่าพันธุกรรมที่แท้จริงที่แสดงออกมา [6] ส่วนค่าอัตราพันธุกรรมช่วงอายุ 8 12 และ 16 สัปดาห์ มีค่าปานกลาง (0.340 - 0.370) แสดงให้เห็นว่าการแสดงออกของลักษณะน้ำหนักตัวได้รับอิทธิพลจากสิ่งแวดล้อมและพันธุกรรมในระดับใกล้เคียงกัน ดังนั้นการปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัวไก่คอล่อนควรใช้การปรับปรุงพันธุ์และมีปรับปรุงสิ่งแวดล้อมไปพร้อมๆ กัน จึงจะทำให้มีความก้าวหน้าอย่างรวดเร็ว

ตารางที่ 2 องค์ประกอบความแปรปรวน และค่าอัตราพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวไก่คอล่อน

อายุไก่	ความแปรปรวนทางพันธุกรรม	ความแปรปรวนของความคลาดเคลื่อน	อัตราพันธุกรรม
แรกเกิด	12.84 ± 1.77	0.18 ± 1.10	0.986 ± 0.085
4 สัปดาห์	895.46 ± 294.12	2,294.67 ± 251.28	0.281 ± 0.084
8 สัปดาห์	5,165.07 ± 1,527.57	8,804.38 ± 1,183.83	0.370 ± 0.095
12 สัปดาห์	10,979.50 ± 3,346.09	21,355.70 ± 2,698.67	0.340 ± 0.091
16 สัปดาห์	21,285.50 ± 6,774.98	40,829.00 ± 5,575.08	0.343 ± 0.097

หมายเหตุ: ± Standard Error

สหสัมพันธ์ของลักษณะน้ำหนักตัว

ลักษณะที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจในสัตว์โดยทั่วไปมักมีหลายลักษณะ ในแผนการปรับปรุงพันธุ์มักต้องการสัตว์ที่มีลักษณะเด่นหลายๆ ลักษณะ ดังนั้นการทราบว่าค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏแต่ละลักษณะมีความสัมพันธ์กันแบบใดเป็นสิ่งสำคัญ เพราะการคัดเลือกลักษณะหนึ่งย่อมส่งกับลักษณะอื่นๆ ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะที่ศึกษาแสดงในตารางที่ 3 พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏของทุกความสัมพันธ์มีค่าบวกอยู่ในช่วง 0.219 ถึง 0.920 สอดคล้องกับค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏสำหรับน้ำหนักตัวตั้งแต่แรกเกิด - 16 สัปดาห์ ของไก่เบตงมีค่าระหว่าง 0.17 ถึง 0.74 [5] และไก่ประดู่หางดำมีค่าระหว่าง 0.14 ถึง 0.86 [7] จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏระหว่างน้ำหนักตัวแรกเกิดและน้ำหนักตัวที่อายุ 4 - 16 สัปดาห์ มีค่าต่ำ (0.219 ถึง 0.242) และระหว่างน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์และน้ำหนักตัวที่อายุ 8 - 16 สัปดาห์ มีค่าต่ำถึงปานกลาง (0.230 ถึง 0.693) ดังนั้นการคัดเลือกจากลักษณะปรากฏโดยใช้น้ำหนักแรกเกิดหรือน้ำหนักตัว 4 สัปดาห์ เพื่อปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัว 16 สัปดาห์ นั้นไม่เหมาะสม เนื่องจากมีสหสัมพันธ์กันต่ำ แต่ควรคัดเลือกที่อายุ 8 สัปดาห์ น่าจะมีความเหมาะสมกว่า

ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของทุกความสัมพันธ์มีค่าบวกอยู่ในช่วง 0.249 ถึง 0.992 สอดคล้องกับค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวตั้งแต่แรกเกิด - 16 สัปดาห์ ของไก่เบตงมีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.79 [5] และไก่ประดู่หางดำมีค่าระหว่าง 0.20 ถึง 0.96 [7] จากการศึกษาครั้งนี้พบว่า ค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวแรกเกิดและน้ำหนักตัวที่อายุต่างๆ มีอยู่ระหว่าง 0.249 ถึง 0.402 เป็นค่าความสัมพันธ์ในระดับต่ำใกล้เคียงกับค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของลักษณะปรากฏ ดังนั้นไม่ควรใช้ค่า EBV ของน้ำหนักตัวแรกเกิดในการคัดเลือกไก่ แต่เมื่อพิจารณาค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างน้ำหนักตัวที่อายุที่ 4 สัปดาห์ และลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 8 12 และ 16 สัปดาห์ มีค่าระหว่าง 0.851 ถึง 0.992 ดังนั้นการคัดเลือกไก่จากค่า EBV ของลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 4 สัปดาห์ มีความเหมาะสมกว่า เนื่องจากมีค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมสูง

จากค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมและสหสัมพันธ์ปรากฏ ในกรณีที่ต้องการคัดเลือกไก่ในฝูงเพื่อเป็นพ่อแม่พันธุ์ตั้งแต่อายุน้อย เพื่อให้ได้ไก่ที่มีพันธุกรรมที่เติบโตเร็ว สามารถคัดเลือกไก่จากค่า EBV ที่อายุ 8 สัปดาห์ ซึ่งจะทำให้สามารถคัดเลือกไก่ได้อย่างแม่นยำและได้ไก่ที่มีพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักที่อายุ 16 สัปดาห์ สูงตามไปด้วย อีกทั้งยังสามารถลดระยะเวลาการเลี้ยง ค่าอาหารและแรงงานลงได้ เมื่อเทียบกับการคัดเลือกที่อายุ 12 หรือ 16 สัปดาห์

ตารางที่ 3 สหสัมพันธ์ทางพันธุกรรม (บนเส้นทะแยงมุม) และสหสัมพันธ์ปรากฏ (ใต้เส้นทะแยงมุม) ของน้ำหนักตัวไก่คอล่อน

	แรกเกิด	**อายุ 4 สัปดาห์**	**อายุ 8 สัปดาห์**	**อายุ 12 สัปดาห์**	**อายุ 16 สัปดาห์**
แรกเกิด	1	0.249 ± 0.144	0.284 ± 0.134	0.326 ± 0.136	0.402 ± 0.135
อายุ 4 สัปดาห์	0.219 ± 0.044	1	0.992 ± 0.044	0.954 ± 0.066	0.851 ± 0.104
อายุ 8 สัปดาห์	0.225 ± 0.046	0.693 ± 0.025	1	0.984 ± 0.017	0.910 ± 0.063
อายุ 12 สัปดาห์	0.230 ± 0.046	0.230 ± 0.046	0.920 ± 0.008	1	0.969 ± 0.029
อายุ 16 สัปดาห์	0.242 ± 0.046	0.242 ± 0.046	0.726 ± 0.024	0.873 ± 0.012	1

หมายเหตุ: ± Standard Error

ค่าการผสมพันธุ์

ไก่ทั้งหมดที่ประเมินค่า EBV มีจำนวน 653 ตัว แยกเป็นไก่พ่อพันธุ์ 27 ตัว ไก่แม่พันธุ์ 72 ตัว และไก่รุ่นลูก 554 ตัว ค่า EBV ของลักษณะน้ำหนักตัวแรกเกิดถึงอายุ 16 สัปดาห์ แสดงในตารางที่ 4 พบว่า ค่า EBV ของลักษณะน้ำหนักตัวแรกเกิด 4 8 12 และ 16 สัปดาห์ จากมีค่าอยู่ระหว่าง -10.63 ถึง 13.87; -60.40 ถึง 90.98; -143.36 ถึง 218.06; -204.95 ถึง 314.61 และ -292.66 ถึง 411.23 ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าเฉลี่ยของค่า EBV มีค่าบวก แสดงว่าไก่ส่วนใหญ่ในฝูงมีพันธุกรรมแบบบวกสะสมในระดับดีและสามารถถ่ายทอดได้มาก ส่วนค่าสัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (Coefficient of Variance) อยู่ในช่วง 972 - 2,211 % แสดงให้เห็นว่าค่าการผสมพันธุ์มีการกระจายตัวมาก หรือสัตว์แต่ละตัวมีพันธุกรรมแบบบวกสะสมแตกต่างกันมาก และเมื่อพิจารณาค่าความแม่นยำของค่า EBV ของทุกลักษณะ พบว่ามีค่าเฉลี่ยมากกว่า 50 % ดังนั้นการคัดเลือกสัตว์ในประชากรมาเป็นพ่อแม่พันธุ์ทำได้ง่ายและมีความแม่นยำสูง และสามารถให้ผลตอบสนองต่อการคัดเลือกได้ดี โดย Chantsavang, 2006 [2] กล่าวว่าค่า EBV ของลักษณะใดๆ เป็นเครื่องมือที่มีความสำคัญที่ใช้ในการคัดเลือกสัตว์ที่มีความดีเด่นทางพันธุกรรมเพื่อใช้เป็นพ่อแม่พันธุ์ผลิตสัตว์รุ่นต่อไป ค่า EBV เป็นค่าเฉลี่ยเนื่องมาจากค่า EBV ของพ่อและแม่ ดังนั้นหากคัดเลือกสัตว์พ่อแม่พันธุ์ที่มีความดีเด่นทางพันธุกรรมเป็นคู่ผสมพันธุ์ ส่งผลให้ลูกสัตว์ที่ได้มีความดีเด่นทางพันธุกรรมตามไปด้วย ทำให้การปรับปรุงพันธุ์เกิดความก้าวหน้าได้เร็วขึ้น

ตารางที่ 4 สถิติพรรณาของค่าการผสมพันธุ์และความแม่นยำของลักษณะน้ำหนักตัวไก่คอล่อน

อายุไก่	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	สัมประสิทธิ์ความแปรปรวน (%)
ค่าการผสมพันธุ์ (กรัม)					
แรกเกิด	0.19	4.20	-10.63	13.87	2,211
อายุ 4 สัปดาห์	2.37	23.10	-60.40	90.98	975
อายุ 8 สัปดาห์	5.77	56.09	-143.36	218.06	972
อายุ 12 สัปดาห์	8.36	81.91	-204.95	314.61	980
อายุ 16 สัปดาห์	11.12	113.56	-292.66	411.23	1,021
ค่าความแม่นยำ (%)					
แรกเกิด	96.25	6.48	63.60	98.90	6.73
อายุ 4 สัปดาห์	68.54	5.51	40.50	86.50	8.04
อายุ 8 สัปดาห์	69.54	5.47	41.50	86.30	7.87
อายุ 12 สัปดาห์	70.43	5.52	42.10	87.00	7.84
อายุ 16 สัปดาห์	71.85	5.51	43.30	87.50	7.67

ข้อมูลค่า EBV ของลักษณะน้ำหนักตัวที่อายุ 16 สัปดาห์ ของไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 เพศผู้และเพศเมียสูงสุด 10 ตัวแรก และมีค่าความแม่นยำสูงกว่า 50 % แสดงในตารางที่ 5 พบว่า ไก่เพศผู้ที่มีค่า EBV

ของลักษณะน้ำหนักตัวสูงสุด คือ หมายเลข 61010156 และเพศเมีย คือ หมายเลข 61010164 ในการปรับปรุงลักษณะน้ำหนักตัวไก่ที่อายุ 16 สัปดาห์ จะคัดเลือกไก่ที่มีค่า EBV สูงไว้เป็นพ่อแม่พันธุ์ เนื่องจากถ้าสัตว์ตัวใดมีค่า EBV สูง จะสามารถถ่ายทอดพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูกได้มาก

ตารางที่ 5 ไก่คอล่อนชั่วอายุที่ 1 เพศผู้และเพศเมียที่มีค่าการผสมพันธุ์ (EBV) ของน้ำหนักตัวอายุ 16 สัปดาห์ สูงสุด 10 ลำดับแรก (ค่า Accuracy สูงกว่า 50 %)

ลำดับที่	เพศผู้			เพศเมีย		
	หมายเลขสัตว์	EBV	Accuracy (%)	หมายเลขสัตว์	EBV	Accuracy (%)
1	61010156	407.94	73.60	61010164	288.40	73.00
2	61020306	397.26	76.70	61010168	280.24	74.70
3	61020305	342.24	76.70	61020352	265.49	73.10
4	61020312	339.83	75.50	61020309	250.29	75.20
5	61030505	335.64	72.90	61010092	249.23	75.10
6	61010167	296.54	74.60	61010171	241.40	74.70
7	61020346	293.08	72.30	61030454	228.17	76.60
8	61030453	281.01	76.70	61020348	219.39	72.30
9	61010166	278.97	74.70	61010162	219.35	74.70
10	61030504	278.43	73.20	61040591	219.08	76.50

สรุปผลการวิจัย

ค่าอัตราพันธุกรรมของน้ำหนักตัว 8 - 16 สัปดาห์ มีค่าปานกลาง (0.340 ถึง 0.370) ดังนั้นน้ำหนักตัวของไก่คอล่อนสามารถปรับปรุงให้ดีขึ้นได้ด้วยวิธีการคัดเลือกพันธุ์และปรับปรุงการจัดการ ส่วนค่าสหสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของน้ำหนักตัวที่อายุ 8 และ 16 สัปดาห์ มีค่าสูง ดังนั้นหากคัดเลือกไก่ที่มีพันธุกรรมของลักษณะน้ำหนักตัวดีที่อายุ 8 สัปดาห์ จะส่งผลให้ได้ไก่ที่พันธุกรรมดีที่อายุ 16 สัปดาห์ ดีตามไปด้วย

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจากโครงการวิจัยเงินรายได้มหาวิทยาลัยทักษิณ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประเภททุนยุทธศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2561

References

[1] Wanichapichart, W., Watthansit, S., Sopannarath, P., Chethanond, U., Wasiksiri, S., Tanapanyarachawong, J., Khunchamnan, S., & Odton, W. (2005). *A study and improvement of indigenous chickens production in Southern Thailand*. Department of Animal Science, Prince of Songkla University.

[2] Chantsavang, S. (2006). *Genetic statistics in animal breeding*. Bangkok: Kasetsart University Press.

[3] Statistical Analysis System Institute Inc. (1998). *SAS User's Guide*. Cary, North Carolina:SAS. Institute. Inc.

[4] Meyer, K. (2007). *WOMBAT Software* (Online). Retrieved January 14, 2020, from http://didgeridoo.une.edu.au/km/homepage.php.

[5] Wangtaweesukkamol, N., Loongyai, W., Chomtee, B., & Sopannarath, P. (2013). Genetic parameters for body weights in Betong chicken (KU Line). *Agricultural Science Journal, 44*(1)(Suppl.), 167–170.

[6] Oboun, T., Namkhun, S., & Leotaragul, A. (2006). Foundation stock in Thai indigenous chicken Pradu Hangdum: 5. Genetic parameters of body weight of chicken in various ages. In *The 44th Kasetsart University Annual conference*. 373 – 381. January 30, 2007, Bangkok: Kasetsart University.

[7] Saatci, M., Omed, H., & Ap Dewi, I. (2006). Genetic parameter from univariate and bivariate analysis of egg and weight traits in Japanese quail. *Poultry Science, 85*(2), 185–190.

บทความวิจัย

ผลของสารอาหารแอมโมเนียมซัลเฟตต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ความเข้มข้นสูงในก๊าซชีวภาพจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเอทานอล

Effect of Ammonium Sulfate Nutrition on Removal Efficiency of High Concentrated H_2S in Biogas from Wastewater of Ethanol Industry

พุฒิสรรค์ ทับเปลี่ยน[1*] รสสุคนธ์ จะวะนะ[2] และพฤกษ์ อักกะรังสี[3]

Putthisan Tubplian[1*], Rotsukon Jawana[2] and Pruk Aggarangsi[3]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของสารอาหารแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO4$) ในกลุ่มจุลินทรีย์ CM2(SOB) ต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์โดยใช้สารตัวกลางโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่สภาพความเป็นด่างทั้งหมดเท่ากับ 12,000 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ทำการป้อนก๊าซชีวภาพเข้าสู่ถังปฏิกรณ์ปริมาณ 650-700 กรัมไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เมตร-ชั่วโมง การทำงานของถังปฏิกรณ์ประกอบไปด้วย 2 กระบวนการคือ กระบวนการทางเคมี และกระบวนการทางชีวภาพ กำหนดให้อัตราการไหลของสารตัวกลางในระบบ 0.8 ลิตรต่อนาที พบว่าเมื่อเติมแอมโมเนียมซัลเฟตที่ 0 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร้อยละ 97.0 ± 1.6 97.2 ± 2.3 และ 95.6 ± 2.9 แสดงให้เห็นว่าสารอาหารแอมโมเนียมซัลเฟตไม่ส่งผลต่อการเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เนื่องจากค่าพีเอชของสารตัวกลางในระบบที่ลดลง ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญต่อประสิทธิภาพการดูดซับก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ในถังปฏิกรณ์เคมี

คำสำคัญ: การกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ก๊าซชีวภาพ สารอาหารแอมโมเนียมซัลเฟต

Abstract

The objective of the study is to investigate ammonium sulfate nutrient ($(NH_4)_2SO4$) in bacteria CM2 (SOB) for the removal efficiency of hydrogen sulfide (H_2S) in sodium hydroxide (NaOH) solution

[1] นักศึกษาหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมพลังงาน คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[2] นักวิจัย สถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50100

[3] ผศ., ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ 50200

[1] Graduate Student, Master of Engineering Program, Department of Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 50200, Thailand

[2] Researcher, Energy Research and Development Institute – Nakornping, Chiang Mai University, 50100, Thailand

[3] Asst. Prof., Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Chiang Mai University, 50200, Thailand

* Correspondent author: peetubplian@gmail.com Tel.: 087-7280690

(Received: March 23, 2020; Revised: May 7, 2020; Accepted: May 21, 2020)

as working media.An alkalinity level of 12,000 mg l^{-1} as calcium carbonate is controlled to compare the removal efficiency of H_2S at loading rate between 650–700 g-H_2S $dm^{-3}h^{-1}$. The reactor is setup to have a two-stage chemical and biological process with liquid mass flow rate at 0.8 dm^3min^{-1}. The result indicates that addition of ammonium sulfate 0, 500 and 2,000 mg l^{-1} the removal efficiency H_2S is 97.0 ± 1.6, 97.2 ± 2.3 and 95.6 ± 2.9 %. It shows that ammonium sulfate does not improve removal efficiency of H_2S due to the decrease in pH value of NaOH, which is an important factor for absorbing H_2S in the chemical reactor.

Keywords: Hydrogen Sulfide Removal, Biogas, Ammonium Sulfate Nutrition

บทนำ

การขยายตัวของอุตสาหกรรมเอทานอลในอนาคตอาจส่งผลให้เกิดน้ำเสียหรือของเสียเหลือทิ้งเป็นจำนวนมาก [1] ซึ่งน้ำเสียหรือกากส่าเหลือทิ้งจากกระบวนการผลิตเอทานอลสามารถนำมาผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนได้ด้วยก๊าซชีวภาพ (Biogas) ที่เกิดจากกระบวนการหมักย่อยน้ำเสียแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Process) โดยกลุ่มจุลินทรีย์ผลิตมีเทน (Methanogens) จึงได้ก๊าซชีวภาพเป็นเชื้อเพลิงสะอาดที่มีคาร์บอนสมดุล (Carbon Neutral) ซึ่งไม่ทำให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม [2] ทำให้เป็นแรงผลักดันที่สำคัญในการผลิตก๊าซชีวภาพเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทน [3] อย่างแพร่หลาย โดยก๊าซชีวภาพสามารถนำไปเผาให้ความร้อนโดยตรงหรือนำไปใช้เป็นเชื้อเพลิงในการผลิตกระแสไฟฟ้า ซึ่งก๊าซชีวภาพประกอบไปด้วยก๊าซมีเทน (CH_4) ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) โดยก๊าซสองชนิดหลังนั้นเป็นก๊าซไม่พึงประสงค์จึงต้องมีการบำบัดก่อนที่จะนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ซึ่งก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ เป็นก๊าซพิษ ไม่มีสี มีกลิ่นคล้ายไข่เน่าเมื่อละลายน้ำจะได้สารละลายที่มีฤทธิ์เป็นกรดซึ่งสามารถกัดกร่อนผิวโลหะของเครื่องยนต์และระบบท่อส่งก๊าซ รวมทั้งส่งผลต่อสุขภาพของผู้ปฏิบัติงานที่เกี่ยวข้องดังนั้นจึงต้องมีการกำจัดออกก่อนที่จะนำไปใช้งาน

กระบวนการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีอยู่หลายกระบวนการ เช่น กระบวนการทางกายภาพ (Physical Process) กระบวนการทางเคมี (Chemical Process) กระบวนการทางชีวภาพ (Biological Process) และกระบวนการทางเคมีและชีวภาพร่วม [4] ซึ่งแต่ละวิธีมีข้อดีข้อเสียที่แตกต่างกันไป [5] วิธีการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่น่าสนใจอีกวิธีหนึ่งคือ กระบวนการทางเคมีและชีวภาพร่วม (Combined Chemical and Biological Process) เป็นวิธีที่มีประสิทธิภาพสูงและสามารถเวียนสารละลายตัวกลางนำกลับมาใช้ใหม่ (Regenerated) ซึ่งสามารถลดต้นทุนในการใช้สารเคมีได้อีกทางหนึ่งด้วย

การปรับปรุงก๊าซชีวภาพโดยกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีกระบวนการทำงานคือ เมื่อก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สัมผัสกับสารละลายด่างภายในถังปฏิกรณ์เคมีจะเกิดปฏิกิริยาดังสมการที่ 1 และสมการที่ 2 เมื่อหมุนเวียนน้ำเข้าไปยังถังปฏิกรณ์ชีวภาพ กลุ่มเชื้อแบคทีเรียซัลเฟอร์ออกซิไดซ์ซึ่งแบคทีเรีย (Sulfur Oxidizing Bacteria, SOB) จะสามารถออกซิไดซ์ซัลไฟด์ที่ละลายน้ำเปลี่ยนเป็นซัลเฟอร์ได้ด้วยการเติมอากาศในปริมาณที่ควบคุมและสารอาหารที่เหมาะสม [6] เพื่อแปรสภาพสารประกอบเป็นการฟื้นสภาพของสารละลายด่างดังสมการที่ 3 ส่วนตะกอนของซัลเฟอร์สามารถแยกออกจากถังปฏิกรณ์ด้วยการตกตะกอนได้ หากเติมอากาศในปริมาณที่มากเกินไปจะได้ดังสมการที่ 4

$$2H_2S + 2NaOH \longrightarrow Na_2S + 2H_2O \quad (1)$$

$$H_2S + NaOH \longrightarrow NaHS + H_2O \quad (2)$$

$$2NaHS + O_2 \longrightarrow 2NaOH + 2S \quad (3)$$

$$2NaHS + 4O_2 \longrightarrow 2NaHSO_4 \quad (4)$$

วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

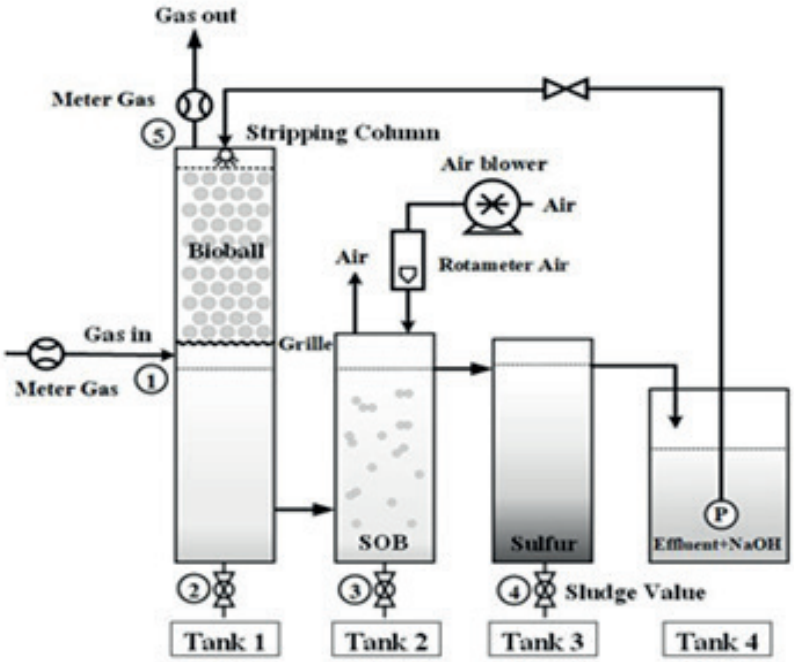
เครื่องวิเคราะห์องค์ประกอบก๊าซชีวภาพ ยี่ห้อ Gas Data รุ่น GFM Series เครื่องวัดค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH Meter) ยี่ห้อ HORIBA รุ่น pH 11 ปั๊มน้ำเสียแบบจุ่มสำหรับหมุนเวียนสารตัวกลางในระบบ เครื่อง ORP Electrode Mettler ยี่ห้อToledo รุ่น In Lab Redox Flow เครื่องวัดอุณหภูมิ ยี่ห้อ SK Sato รุ่น SK-0110-00 เครื่องเติมอากาศ ยี่ห้อHIBLOW รุ่น HP100 ขนาด 95 วัตต์ 220 โวลต์ และปั๊มรีดก๊าซชีวภาพ (Peristaltic Pump) ยี่ห้อ Watson-Marlow รุ่น 323S

การผลิตก๊าซชีวภาพ

ก๊าซชีวภาพที่ใช้ทดลองครั้งนี้ เป็นก๊าซชีวภาพที่ผลิตขึ้นจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเอทานอลของบริษัท ธนภัคดี จำกัด อำเภอสันทราย จังหวัดเชียงใหม่ โดยนำน้ำเสียมาเจือจางด้วยน้ำประปาในอัตราส่วนน้ำเสียต่อน้ำประปา 1 : 4 (โดยปริมาตรต่อปริมาตร) และปรับค่าสภาพด่างทั้งหมดให้เท่ากับ 1,250 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จากนั้นป้อนน้ำเสียเข้าสู่ถังปฏิกรณ์แบบราง CMU-CD ขนาด 1,100 ลิตร ซึ่งเป็นบ่อหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน ภายในบรรจุเชื้อตั้งต้นปริมาตร 300 ลิตร โครงสร้างของถังทำมาจากวัสดุสแตนเลส เกรด 202 มีขนาดความยาว 3 เมตร กว้าง 1.16 เมตร สูง 1 เมตร และติดตั้งพลาสติกพีวีซีความหนา 1.2 มิลลิเมตร ไว้ด้านบนของถังปฏิกรณ์ เพื่อใช้สำหรับกักเก็บก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้ โดยก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้จะไหลผ่านมิเตอร์วัดปริมาณก๊าซชีวภาพก่อนนำไปทดลองขั้นต่อไป

ชุดถังปฏิกรณ์ที่ใช้ศึกษา

ชุดถังปฏิกรณ์ประกอบด้วย ถังปฏิกรณ์เคมี (Tank 1) ทำจากท่อพีวีซีสำเร็จรูปแบบทึบแสงความหนา 8.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 150 เซนติเมตร ภายในบรรจุตัวกลางไบโอบอลขนาด 1 นิ้ว สูง 50 เซนติเมตร เพื่อเพิ่มพื้นที่ผิวสัมผัสระหว่างก๊าซชีวภาพและสารตัวกลาง ส่วนถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (Tank 2) ทำจากท่อพีวีซีสำเร็จรูปแบบทึบแสงความหนา 8.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร มีปริมาตรใช้งาน 7 ลิตร สำหรับถังตกตะกอน (Tank 3) ทำจากท่อพีวีซีสำเร็จรูปแบบทึบแสงความหนา 8.5 มิลลิเมตร ขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 100 เซนติเมตร มีปริมาตรใช้งาน 7 ลิตร และถังพักน้ำ (Tank 4) ขนาด 200 ลิตร โดยมีรายละเอียดดังแสดงภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนภาพชุดการทดลองระดับห้องปฏิบัติการ (Lab Scale)

การดำเนินทดลอง

ในการทดลองได้ใช้ปั๊มป้อนก๊าซชีวภาพเข้าสู่ถังปฏิกรณ์เคมี (Tank 1) ผ่านมิเตอร์วัดปริมาณก๊าซชีวภาพ เพื่อควบคุมอัตราการไหลของก๊าซชีวภาพให้คงที่ตามปริมาณอัตราภาระบรรทุกของก๊าซชีวภาพที่ศึกษาให้อยู่ในช่วง 650 - 700 กรัมไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่อลูกบาศก์เมตร-ชั่วโมง และควบคุมอัตราการไหลของสารตัวกลางในระบบให้คงที่เท่ากับ 0.8 ลิตรต่อนาที ตลอดการทดลอง ซึ่งภายในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (Tank 2) ได้เติมหัวเชื้อกลุ่มจุลินทรีย์ CM2 ที่มีความเข้มข้น 1 x 10^6 CFU/mL จำนวน 7 ลิตร โดยเติมเข้าไปเพียงครั้งเดียวในแต่ละการทดลอง และมีการเติมอากาศที่อัตราการไหล 1.6 ลิตรต่อนาทีตลอดเวลา ซึ่งกลุ่มจุลินทรีย์ CM2 ที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ เป็นจุลินทรีย์กลุ่ม SOB ที่คัดแยกมาจากระบบกรองชีวภาพแบบด่างของงานวิจัยก่อนหน้านี้

สำหรับการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซ H_2S โดยใช้สารตัวกลางน้ำ เปรียบเทียบกับสารตัวกลางน้ำที่มีการเติมกลุ่มจุลินทรีย์ CM2 และการศึกษาผลของสารอาหารจุลินทรีย์ในสารตัวกลางสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ที่มีค่าความเป็นด่างทั้งหมดเท่ากับ 12,000 มิลลิกรัมต่อลิตรของแคลเซียมคาร์บอเนต และเติมสารอาหารแอมโมเนียมซัลเฟต ($(NH_4)_2SO_4$) ที่ความเข้มข้น 0 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ซึ่งมีการเติมกลุ่มจุลินทรีย์ CM2 เข้าไปในถังปฏิกรณ์ชีวภาพ (Tank 2) การเดินระบบเป็นแบบกึ่งต่อเนื่องโดยทำการเก็บข้อมูลวันละ 6 ชั่วโมงทุก ๆ 30 นาที ในช่วง 3 ชั่วโมงแรก และทุกๆ 60 นาที จนครบ 6 ชั่วโมง ที่เวลา 0 30 60 90 120 150 180 240 300 360 ตลอดระยะเวลา 5 วันของการทดลองสารตัวกลางน้ำ และระยะเวลา 15 วันของการทดลองสารตัวกลางสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ดังแสดงรายละเอียดในตารางที่ 1 โดยทำการเก็บข้อมูลองค์ประกอบก๊าซชีวภาพด้วยเครื่องวัดองค์ประกอบก๊าซชีวภาพก่อนและหลังการทดลอง เช่น ร้อยละของก๊าซมีเทน (CH_4) ร้อยละของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) ร้อยละของก๊าซออกซิเจน (O_2) และปริมาณก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ (H_2S) พร้อมทั้งตรวจวัดค่าพีเอช (pH) และค่าโออาร์พี (ORP)

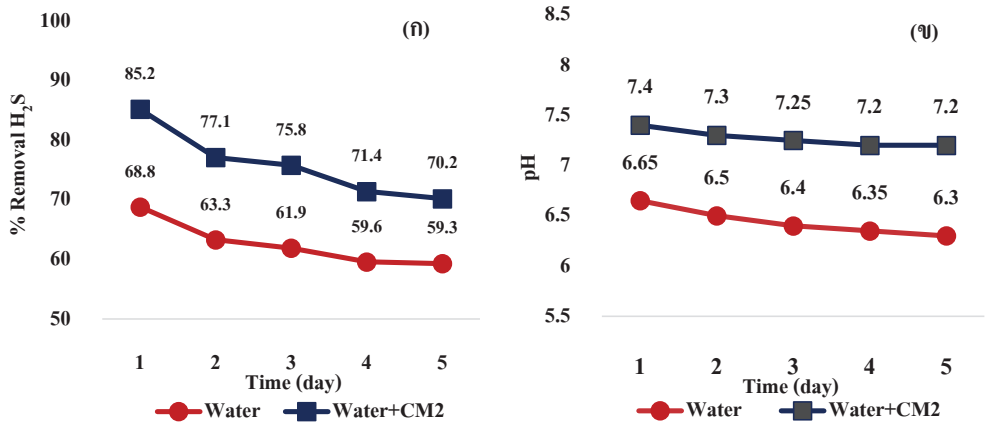
ตารางที่ 1 รายละเอียดแต่ละการทดลอง

การทดลองที่	สารตัวกลาง	กลุ่มจุลินทรีย์ CM2	ระยะเวลาเก็บข้อมูล (วัน)	ปริมาณ $NH_4(SO_4)_2$ (mg/l)
1	H_2O	ไม่เติม	5	-
2		เติม		-
3	NaOH	เติม	15	0
4		เติม		500
5		เติม		2,000

ผลและอภิปลายผลการวิจัย

1. ผลของจุลินทรีย์ CM2 ในสารตัวกลางน้ำ

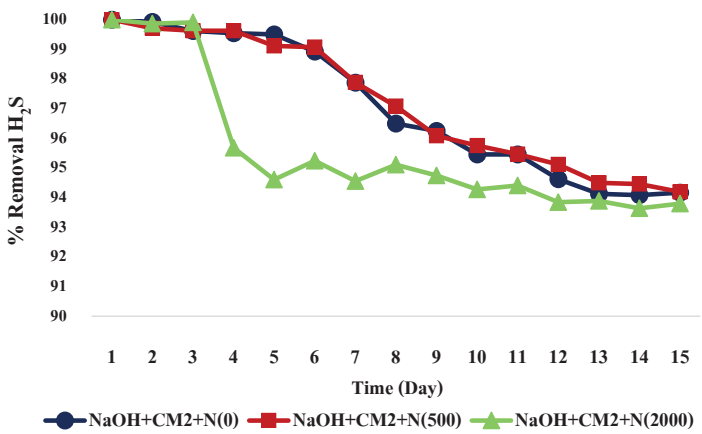
เมื่อศึกษาผลของจุลินทรีย์ CM2 ในสารตัวกลางน้ำ [7] ต่อประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์แบบกึ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 5 วัน วันละ 6 ชั่วโมง พบว่าในวันแรกของการทดลองโดยใช้สารตัวกลาง [8] H_2O+CM2 มีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร้อยละ 85.2 จากนั้นค่อยๆ ลดลงเหลือร้อยละ 70.2 ส่วนในวันแรกของการทดลองโดยใช้สารตัวกลาง H_2O มีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร้อยละ 66.8 และลดลงเหลือร้อยละ 59.3 ดังแสดงในภาพที่ 2ก. เมื่อพิจารณาค่า pH ของสารตัวกลาง พบว่าในสารตัวกลาง H_2O+CM2 มีค่า pH ลดลงจาก 7.4 เหลือเพียง 7.2 ส่วนสารตัวกลาง H_2O มีค่า pH ลดลงจาก 6.65 เหลือเพียง 6.3 ดังแสดงในภาพที่ 2ข. แสดงให้เห็นได้ว่าค่า pH เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ดังแสดงในงานวิจัยของ Azizi, Biard, Couvert, & Amor, 2014 [9] ที่ได้ศึกษาค่า pH ของสารละลายตัวกลางในหอกลั่น (Packing Column) โดยพบว่าค่า pH ของของเหลวในคอลัมน์ที่มีค่าสูงจะมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ที่สูงเช่นกัน ดังนั้นในสารตัวกลาง H_2O+CM2 ซึ่งมีค่า pH สูงกว่าจึงสามารถเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Namgung, Ahn, & Song, 2012 [4] ที่พบว่าจุลินทรีย์กลุ่ม SOB ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้อีกด้วย



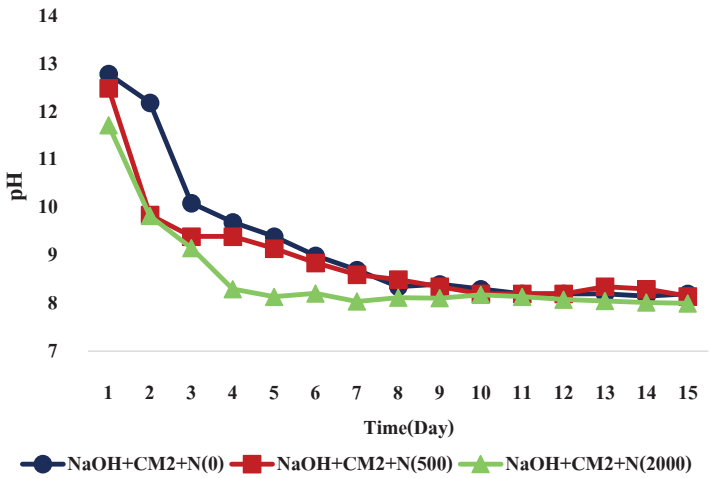
ภาพที่ 2 ก. เปรียบเทียบประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ในตัวกลาง H_2O+CM2 และ H_2O
ข. เปรียบเทียบค่า pH ของตัวกลาง H_2O+CM2 และ H_2O

2. ผลของปริมาณสารอาหาร $(NH_4)_2SO4$ ในสารละลายตัวกลาง NaOH

เมื่อใช้สารตัวกลาง NaOH ในการเดินระบบปรับปรุงคุณภาพก๊าซชีวภาพ [10] ควบคู่กับการเติมกลุ่มจุลินทรีย์ CM2 และศึกษาการเติมสารอาหาร $(NH_4)_2SO_4$ ที่มีส่วนประกอบของธาตุไนโตรเจน [6] ให้กับกลุ่มจุลินทรีย์ CM2 ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ได้แก่ NaOH+CM2+N(0) NaOH+CM2+N(500) และ NaOH+CM2+N(2,000) จากการเดินระบบแบบกึ่งต่อเนื่องเป็นระยะเวลา 15 วัน วันละ 6 ชั่วโมง พบว่าในวันที่ 1-3 ของทุกการทดลอง ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูงถึงร้อยละ 100 หลังจากวันที่ 4 เป็นต้นไป พบกว่าการทดลองที่ความเข้มข้นสารอาหาร NaOH+CM2+N(2,000) มีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงอย่างรวดเร็ว แล้วค่อยๆ คงที่ ส่วนความเข้มข้นสารอาหาร NaOH+CM2+N(0) และ NaOH+CM2+N(500) พบว่ามีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ลดลงใกล้เคียงกัน ซึ่งเห็นได้ชัดเจนในช่วงระหว่างวันที่ 6-9 จากนั้นค่อยๆ คงที่ ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ของสารตัวลาง NaOH+CM2+N(0), NaOH+CM2+N(500) และ NaOH+CM2+N(2,000)



ภาพที่ 4 ค่า pH ของสารละลายตัวกลาง NaOH+CM2+N(0), NaOH+CM2+N(500) และ NaOH+CM2+N(2,000)

จากภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าค่า pH ของสารตัวกลางที่มีการเติมสารอาหาร $(NH_4)_2SO_4$ ในปริมาณมากเกินไป ส่งผลให้ค่า pH ของสารตัวกลางลดลงอย่างเห็นได้ชัด โดยพบว่าการทดลองสารตัวกลาง NaOH+CM2+N(2,000) ในช่วงวันที่ 1-4 ของการทดลอง มีค่า pH ลดลงอย่างรวดเร็ว หลังจากนั้นค่า pH ของทุกการทดลองเริ่มมีค่าคงที่ใกล้เคียงกันอยู่ในช่วง 7.9-8.3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่าค่า pH ของสารตัวกลางส่งผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ [9]

จากภาพที่ 3 และภาพที่ 4 จะเห็นได้ว่าในช่วงวันที่ 1-3 ของการทดลอง ทั้ง 3 การทดลองอาจมีค่า pH แตกต่างกัน แต่เนื่องจากค่า pH ของสารตัวกลางยังคงมากกว่า 8.9-9.0 ส่งผลให้ประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ร้อยละ 100 จึงทำให้การเติมแอมโมเนียมซัลเฟตไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Bontozoglou & Kalabelas, 1993 [12] ที่ได้ศึกษาค่า pH ของสารตัวกลางโซเดียมไฮดรอกไซด์ต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ พบว่าระบบมีประสิทธิภาพลดลงจากร้อยละ 100 เมื่อค่า pH ของสารตัวกลางลดลงต่ำกว่าประมาณ 8.9-9.0 ในงานวิจัยนี้สามารถอธิบายถึงประสิทธิภาพที่ลดลงอย่างรวดเร็วของสารตัวกลาง NaOH+CM2+N(2,000) ในวันที่ 4 ของทดลอง ซึ่งเกิดจากสารตัวกลางมีค่า pH ต่ำกว่าช่วงดังกล่าว ส่วนการทดลองสารตัวกลาง NaOH+CM2+N(500) และ NaOH+CM2+N(0) พบว่ามีค่า pH ใกล้เคียงกัน จึงส่งผลให้ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากันเนื่องจากในช่วงค่า pH ดังกล่าวเป็นช่วงที่สารตัวกลางมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ได้ดี

3. ผลการศึกษาองค์ประกอบก๊าซชีวภาพและคุณสมบัติทางเคมีของสารตัวกลาง

จากการศึกษาส่วนประกอบก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเอทานอลด้วยกระบวนการหมักแบบไม่ใช้ออกซิเจน (Anaerobic Fermentation) ก๊าซชีวภาพที่ผลิตได้มีสัดส่วนดังแสดงใน ตารางที่ 2 เมื่อทำการบำบัดก๊าซชีวภาพด้วยกระบวนการร่วมทางเคมีและชีวภาพโดยใช้สารละลายตัวกลางต่าง ๆ พบว่าอัตราส่วนของก๊าซมีเทนเพิ่มขึ้น ก๊าซออกซิเจนอัตราส่วนคงที่ ส่วนก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ และก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์มีอัตราส่วนลดลง ทั้งนี้อัตราส่วนของก๊าซสองชนิดหลังลดลงเนื่องจากสามารถละลายในของสารตัวกลาง [11] โดยประสิทธิภาพการละลายขึ้นอยู่กับชนิดและคุณสมบัติทางเคมีของสารตัวกลางที่ใช้ในการบำบัดก๊าซชีวภาพ

ตารางที่ 2 องค์ประกอบก๊าซชีวภาพก่อนและหลังบำบัด

สารตัวกลาง	Influent biogas				Effluent biogas			
	CH_4	CO_2	O_2	H_2S (ppm)	CH_4	CO_2	O_2	H_2S (ppm)
H_2O	67.6 ± 0.5	26.8 ± 0.3	0	14,000 ± 0	69.2 ± 2.1	26.6 ± 2.1	0	5,234 ± 667
H_2O+CM2	67.4 ± 0.7	27.3 ± 0.3	0	14,000 ± 0	70.6 ± 0.8	24.6 ± 0.6	0	3,812 ± 895
NaOH+ CM2+N(0)	69.7 ± 0.7	27.2 ± 0.9	0	12,400 ± 490	77.1 ± 8.1	20.6 ± 8.1	0	360 ± 191
NaOH+CM2+N(500)	69.5 ± 1.3	26.9 ± 0.7	0	12,000 ± 490	78.9 ± 6.3	19.6 ± 6.0	0	329 ± 295
NaOH+CM2+N(2000)	70.2 ± 1.5	25.8 ± 1.3	0	13,214 ± 560	79.2 ± 4.7	19.2 ± 4.9	0	580 ± 394

ตารางที่ 3 ค่า pH ค่า ORP และประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์

สารตัวกลาง	pH	ORP (mV)	H_2S Removal (%)
H_2O	6.4 ± 0.2	-247 ± 22	62.6 ± 4.8
H_2O+CM2	7.4 ± 0.1	-269 ± 31	75.4 ± 5.6
NaOH+CM2+N(0)	9.2 ± 1.4	-411 ± 32	97.0 ± 1.6
NaOH+CM2+N(500)	8.8 ± 1.0	-389 ± 30	97.2 ± 2.3
NaOH+CM2+N(2000)	8.6 ± 1.0	-340 ± 64	95.6 ± 2.9

หมายเหตุ : สารตัวกลาง H_2O และ NaOH แสดงข้อมูลเมื่อเดินระบบแบบกึ่งต่อเนื่องในระยะเวลา 5 วันและ15 วันตามลำดับ

ในตารางที่ 3 แสดงค่า pH และค่า ORP ต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ จากผลการทดลองพบว่าในสารตัวกลางที่มีค่า pH สูง และค่า ORP ต่ำ จะมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์สูง [8] เมื่อพิจารณาสารตัวกลาง H_2O, H_2O+CM2 และ NaOH+CM2+N(0) พบว่ามีค่า pH เท่ากับ 6.4 ± 0.2 7.4 ± 0.1 และ 9.2 ± 1.4 ตามลำดับ โดยมีประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับร้อยละ 62.6 ± 4.8 75.4 ± 5.6 และ 97.0 ± 1.6 ตามลำดับ สำหรับสารตัวกลาง NaOH ที่มีการเติมสารอาหารแอมโมเนียมซัลเฟตที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีค่า pH เท่ากับ 9.2 ± 1.4 8.8 ± 1.0 และ 8.6 ± 1.0 โดยมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์เท่ากับร้อยละ 97.0 ± 1.6 97.2 ± 2.3 และ 95.6 ± 2 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ความเข้มข้นสูงจากก๊าซชีวภาพที่ผลิตจากน้ำเสียอุตสาหกรรมเอทานอลด้วยกระบวนการร่วมทางเคมีและชีวภาพ พบว่าการเติมกลุ่มจุลินทรีย์ CM2(SOB) สามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ โดยส่งผลให้ค่า pH ของสารตัวกลางในระบบมีค่าเพิ่มขึ้น ส่วนการศึกษาผลของสารอาหาร $(NH_4)_2SO_4$ ในสารตัวกลาง NaOH ที่ความเข้มข้น 0 500 และ 2,000 มิลลิกรัมต่อลิตร ไม่มีผลต่อประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ หากเติมแอมโมเนียมซัลเฟตมากเกินไป อาจส่งผลให้ค่า pH ของสารตัวกลางในระบบลดลง จึงทำให้ระบบมีประสิทธิภาพการกำจัดก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ต่ำ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันวิจัยและพัฒนาพลังงานนครพิงค์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะผู้วิจัยขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

References

[1] Leme, R. M., & Seabra, J. E. A. (2017). Technical-economic assessment of different biogas upgrading routes form vinasse anaerobic digestion in the Brazilian bioethanol industry, *Energy*, *119*(C), 754–766.

[2] Walsh, J. L., Ross, C. C., Smith, M. S., Harper, S. R., & Wilkins, W.A. (1988). *Handbook on biogas utilization*. Atlanta, Georgia: Georgia Tech Research Institute.

[3] Nishio, N., & Nakashimada, Y. (2007). Recent development of anaerobic digestion process for energy recovery form wastes. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, *103*(2), 105–12.

[4] Namgung, H. K., Ahn, H., & Song, J. (2012). Development of a two-phase bioreactor for the biological removal of hydrogen sulfide from biogas. *Energy Procedia*, *14*, 1143–1148.

[5] Abatzoglou, N., & Boivin, S. (2009). A review of biogas purification processes. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining, 3*(1), 42–71.

[6] Awat, N. M., Abd El-Kader, A. A., Attia, M., & Alva, A. K. (2011). Effects of nitrogen fertilization and soil inoculation of sulfur-oxidizing or nitrogen-fixing bacteria on onion plant growth and yield. *International Journal of Agronomy*, 2011, 316856, 1–6. DOI:10. 1155/2011/316856.

[7] Lien, C. C., Lin, J. L., & Ting, C. H. (2014). Water scrubbing for removal of Hydrogen sulfide (H_2S) In biogas form Hog Farms. *Journal of Agricultural Chemistry and Environment, 3*, 1–6. DOI: 10.4236/jacen.2014.32B001.

[8] Pokorna, D., & Zabranska, J. (2015). Sulfur-oxidizing bacteria in environment technology. *Biotechnology Advances*, *33*(6), 1246–1259.

[9] Azizi, M., Biard, P. F., Couvert, A., & Amor, M. B. (2014). Simulation of hydrogen sulphide absorption in alkaline solution using a packing column, *Environment Technology, 35*(24), 3105-3115.

[10] Chaiprapat, S , Mardtihing, R., Kantachote, D., & Karnchanawong, S. (2011). Removal of hydrogen sulfide by complete aerobic oxidation in acidic biofiltration. *Process Biochemistry, 46*(1), 344–352.

[11] Islamiyah, M., Soehartanto, T., Hantoro, R., & Abdurrahman, A. (2015). Water scrubbing for removal of CO_2 (Carbon Dioxide) and H_2S (Hydrogen Sulfide) in biogas form manure. In *The 3rd Indonesia EBTKE-ConEx 2014*. 126–131. June 4–6, 2014, Jakarta: Indonesia.

[12] Bontozoglou, V., & Karabelas, A. J. (1993). Simultaneous absorption of H_2S and CO_2 in NaOH solution: experimental and numerical study of the performance of a short-time contactor. *Industrial and Engineering Chemistry Research*, *32*(1), 165–172.

บทความวิจัย

การพัฒนาอุปกรณ์เพื่อศึกษาค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยตัวตรวจวัดอุณหภูมิแบบดิจิตอลพร้อมโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติด้วย IoT บน Smartphone สำหรับห้องปฏิบัติการเคมี

Development of an Apparatus for Educational Heat of Reaction in Chemical Laboratory with Digital Thermal Sensor and IoT on Smartphone

จิราพร ช่อมณี[1*] ปัทมา วุฒิสมัย[2] ภัทราวดี พันธุ์ทอง[2] ภัทราภรณ์ เสือแก้ว[2] และศุภกร กตาธิการกุล[3]

Jiraporn Chomanee[1*], Pattama Wuttisamai[2], Patharawadee Puntong[2], Pattaraporn Suakaew[2] and Supagone Katathikarnkul[3]

บทคัดย่อ

การศึกษาค่าความร้อนของปฏิกิริยา มีความสำคัญเป็นอย่างมากในสาขาวิชาเคมี ส่งผลต่อการสร้างความเข้าใจพื้นฐานเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อนของปฏิกิริยา(เอนทัลปี)พลังพันธะและสมดุลเคมี ในงานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาชุดแคลอริมิเตอร์โดยใช้ตัวตรวจวัดการเปลี่ยนของอุณหภูมิอัตโนมัติ เพื่อวัดค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิในปฏิกิริยาด้วย Thermo Sensor และบอร์ด ESP8266 NodeMCU ที่มีอุปกรณ์ควบคุม IoT โดยแสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk บน Smartphone ข้อมูลการทดลองแสดงผลในรูปแบบของเส้นกราฟการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนที่สามารถระบุประเภทของปฏิกิริยาแบบคายความร้อนหรือปฏิกิริยาดูดความร้อนและปริมาณความร้อนของปฏิกิริยา ทั้งนี้เครื่องมือสามารถแสดงข้อมูลการเปลี่ยนแปลงทางความร้อนและเวลาแบบต่อเนื่องอัตโนมัติตามเวลาจริงบนคอมพิวเตอร์เพิ่มความสะดวกในกระบวนการทดลอง มีค่าความแม่นยำที่ร้อยละ 96.44

คำสำคัญ: ความร้อนของปฏิกิริยา การเปลี่ยนแปลงพลังงานความร้อน เครื่องตรวจวัดอุณหภูมิ อินเทอร์เน็ตในทุกสิ่ง

Abstract

The study of the heat created during chemical reaction is important in order to get to the basic understanding of the heat of reaction (reaction enthalpy), bound enthalpy and chemical equilibrium. In this research, a calorimeter was developed by using a digital thermal sensor to measure the thermal

[1] อ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[2] นิสิตปริญญาตรี หลักสูตรการศึกษาบัณฑิต วิชาเอกเคมี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[3] นักวิทยาศาสตร์ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์พื้นฐาน คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สงขลา 90000

[1] Lecturer, Dr., Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

[2] Undergraduate Student, Bachelor of Edcuation Program, Major in Chemistry, Faculty of Education, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

[3] Scientist, Department of Basic Science and Mathematics, Faculty of Science, Thaksin University, Songkhla, 90000, Thailand

[*] Corresponding author : Tel.: 0814798992. E-mail address: chomanee_j@yahoo.co.th

(Received: April 20, 2020; Revised: October 19, 2020; Accepted: October 27, 2020)

change during the chemical reaction and using a NodeMCU ESP8266 board with IoT controller to send the data to Blynk application on smartphone to be displayed, tracked, and recorded. The thermal changing data will be displayed in graph which will specify reaction type; endothermal or exothermal reaction, and show the amount of the heat during the reaction. In addition, this is a real-time thermal changing data collection instrument that can also send the data directly to a personal computer. It will simplify the experiment process and reduce data collection error from observer with percent accuracy of 96.44.

Keywords: Heat of Reaction, Enthalpy, Thermal Sensor, Internet of Thing (IoT)

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวัน เทคโนโลยีเครื่องมือ เครื่องใช้ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิดทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ วิจารณ์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบสามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ วิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (Knowledge Based Society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม [1]

IoT (Internet of Things) คือแนวความคิดที่ว่าสิ่งของทุกสิ่งทุกอย่าง (Things) ที่อยู่รอบตัวเราในชีวิตประจำวัน สามารถเชื่อมต่อกัน สื่อสารแลกเปลี่ยนข้อมูลกันได้ ผ่านเครือข่ายไร้สาย (Internet) [2] ปัจจุบันได้มีการนำ IoT มาใช้ในหลากหลายรูปแบบ แต่โดยส่วนใหญ่จะไม่ได้ใช้โดยตรงกับการเรียนการสอน แต่จะเป็นการนำมาประยุกต์ใช้เพื่อช่วยสร้างประสบการณ์หรือนำเสนอข้อมูลในสถานการณ์นอกห้องเรียน ในปัจจุบันการเรียนการสอนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่มีทฤษฎีและเนื้อหามากมาย ซึ่งการจัดการเรียนการสอนด้วยการบรรยายเพียงอย่างเดียว ทำให้ผู้เรียนไม่เข้าใจ เกิดความสับสนในเนื้อหา จนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน ซึ่งการเรียนการสอนแนวใหม่ เป็นการนำแนวคิด วิธีการ กระบวนการ หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ช่วยพัฒนาการเรียนรู้ให้มีประสิทธิภาพตรงตามเป้าหมายของหลักสูตร ผู้เรียนสามารถเกิดการเรียนรู้ได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิผล สร้างแรงจูงใจในการเรียนรู้ผ่านการใช้นวัตกรรม [3] หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ สารและสมบัติของสาร มาตรฐาน ว 3.2 ให้ผู้เรียนเข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลาย การเกิดปฏิกิริยา กระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ [1] ทั้งนี้ความร้อนและการเปลี่ยนสถานะของสสาร ได้ถูกออกแบบให้เรียนรู้ผ่านปฏิบัติการ “การศึกษาความร้อนของปฏิกิริยา” ซึ่งเป็นพื้นฐานความรู้ที่สำคัญในการเรียนวิทยาศาสตร์ในขั้นสูงเกี่ยวกับอุณหพลศาสตร์และจลนศาสตร์ การศึกษาค่าความร้อนทำได้โดยการตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของระบบที่เปลี่ยนแปลงของปฏิกิริยาเคมีหรือมีการเปลี่ยนแปลงทางกายภาพ ซึ่งอาศัยชุดเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่เรียกว่า “แคลอริมิเตอร์ (Calorimeter)” [4] โดยเครื่องมือดังกล่าว

มีราคาค่อนข้างสูง ดังนั้นผู้สอนปฏิบัติการจึงมีการดัดแปลงเป็นแคลอริมิเตอร์อย่างง่าย โดยมีภาชนะสำหรับบรรจุของเหลวและใช้เทอร์โมมิเตอร์เพื่อตรวจวัดการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ทั้งนี้ภาชนะที่ใช้เพื่อบรรจุสารต้องมีคุณสมบัติในการเก็บรักษาอุณหภูมิให้คงที่ ไม่มีการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างระบบกับสิ่งแวดล้อม เป็นระบบโดดเดี่ยว (Isolate System) [4] โดยมีการพัฒนากระติกน้ำร้อนสุญญากาศร่วมกับเทอร์โมมิเตอร์เพื่อใช้ศึกษาการเปลี่ยนแปลงทางความร้อน [5] อย่างไรก็ตามในทางปฏิบัติยังคงมีข้อจำกัดของชุดเครื่องมือ เนื่องจากในการทดลองยังคงต้องใช้เทอร์โมมิเตอร์ในการตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งจะต้องสังเกตการณ์เปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิเมื่อเวลาผ่านไป ซึ่งในทางปฏิบัติการอ่านค่าอุณหภูมิที่มีการเปลี่ยนแปลงเพียงเล็กน้อยจากการการสังเกตที่สเกลของเทอร์โมมิเตอร์ไม่สามารถทำได้ ส่งผลให้เกิดความคลาดเคลื่อน โดยงานวิจัยก่อนหน้านี้ คณะวิจัยได้ประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์เพื่อตรวจวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ (Digital Thermo Sensor, DTS) เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ทางความร้อน ซึ่งสามารถตรวจวัดและติดตามการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิของของเหลวที่เวลาใดๆ ผ่านกราฟการเปลี่ยนแปลงด้วยโปรแกรม PLX-DAQ บนหน้าจอคอมพิวเตอร์ ผลการวิจัยพบว่า การแสดงข้อมูลผลการทดลองในรูปแบบอัตโนมัติผ่านกราฟช่วยเสริมความเข้าใจและเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนรู้ของผู้เรียนในระดับที่ดีมาก [6] นอกจากนี้แคลอริมิเตอร์ในห้องปฏิบัติการทั่วไปยังคงมีการสูญเสียความร้อนให้กับสิ่งแวดล้อม ส่งผลต่อระดับความแม่นยำของเครื่องมือ โดยงานวิจัยก่อนหน้า คณะวิจัยประดิษฐ์ตัวเครื่องแคลอริมิเตอร์ โมเดล 1 โดยการใช้สาร Polyurethane (PU) ระหว่างโลหะทองเหลืองและภาชนะชั้นนอกเพื่อทำหน้าที่เป็นฉนวนป้องกันการแลกเปลี่ยนความร้อน พร้อมโปรแกรมสำเร็จรูปอัตโนมัติในการแสดงปริมาณความร้อนของปฏิกิริยาจากการทดลองบนหน้า LCD เพิ่มความสะดวกให้กับผู้เรียนในการทำการทดลองและเพื่อใช้ข้อมูลในการตรวจสอบค่าที่ได้จากการทดลองและจากทฤษฎี [7] แต่อย่างไรก็ตามชุดทดลองดังกล่าวยังมีข้อจำกัดในกรณีของกลุ่มผู้เรียนขนาดใหญ่ ที่ต้องมีการสังเกตผลการทดลองผ่านหน้าจอคอมพิวเตอร์เพียงเครื่องเดียว และการทดลองที่ต้องมีการใช้สารในสถานะของเหลว เมื่อผู้เรียนต้องทำปฏิบัติการด้วยการต่อชุดอุปกรณ์กับคอมพิวเตอร์จึงเกิดความยุ่งยาก มีโอกาสเกิดความเสียหายของเครื่องมือ ทั้งนี้จากสภาพปัญหาข้างต้น งานวิจัยจึงมีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาชุดเครื่องมือตรวจวัดความร้อนของปฏิกิริยาที่มีการตรวจวัดอุณหภูมิพร้อมโปรแกรมอัตโนมัติทั้งบนคอมพิวเตอร์และสมาร์ทโฟน เพื่อความสะดวก แม่นยำ ของชุดอุปกรณ์ สำหรับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเคมี และสามารถรองรับการเรียนการสอนปฏิบัติการในรูปแบบออนไลน์ ช่วยลดความเสี่ยงการแพร่ระบาดของโรคติดเชื้อไวรัสโคโรนา 2019 (COVID-19)

วิธีการดำเนินการ

1. เครื่องมือและวัสดุอุปกรณ์

1.1 เครื่องมือ

1.1.1 กล่องบรรจุพลาสติก
1.1.2 โฟม Polyurethane
1.1.3 แผ่นโลหะทองแดง
1.1.4 แท่งคนสาร (Stirrer)
1.1.5 โพรบวัดอุณหภูมิ DS18B20
1.1.6 บอร์ด ESP8266 (NodeMCU)

1.2 โปรแกรมสำหรับคำนวณความร้อนของปฏิกิริยา

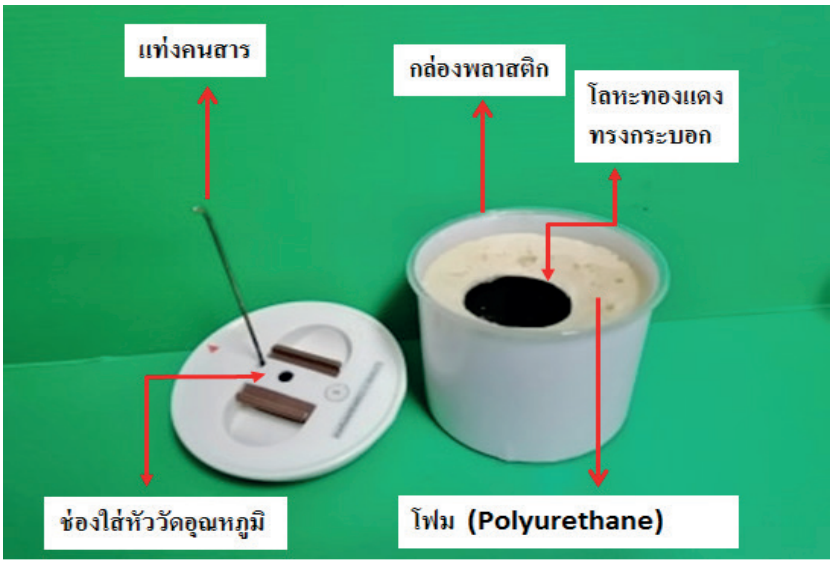
1.2.1 คอมพิวเตอร์
1.2.2 โปรแกรม Arduino IDE
1.2.3 แอพลิเคชั่น Blynk

2.วิธีการสร้างชุดอุปกรณ์และการออกแบบวงจร

ศึกษาเนื้อหาเรื่องความร้อนของปฏิกิริยา เอนทัลปีของการละลายจากหนังสือแบบเรียนและบทความเกี่ยวกับเอนทัลปีของปฏิกิริยา [4 5 7] ซึ่งวัตถุประสงค์ในการสร้างชุดอุปกรณ์การตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาเพื่อให้เกิดความสะดวกและความแม่นยำในการตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา โดยลดปัญหาการอ่านค่าสังเกต หรือค่าการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิก่อนและหลังการเกิดปฏิกิริยา ดังนั้นจึงออกแบบระบบการวัดอุณหภูมิอัตโนมัติ พร้อมการประมวลผล ที่มีการแสดงผ่านบนหน้าจอ LCD และบนเครื่องคอมพิวเตอร์ และเพื่อความสะดวกยิ่งขึ้นยังสามารถแสดงผลโดยการเชื่อมต่อผ่าน IoT เพื่อแสดงผลผ่านแอพพลิเคชั่น Blynk บนสมาร์ทโฟน ซึ่งมีขั้นตอนการประดิษฐ์ดังนี้

2.1 การประดิษฐ์พัฒนาแคลอริมิเตอร์

กล่องพลาสติกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 เซนติเมตร สูง 8.5 เซนติเมตร พร้อมฝาปิด ใช้โลหะทองแดงรูปทรงกระบอกขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5 เซนติเมตร ลึก 4 เซนติเมตร สำหรับรองรับสารละลาย ใช้โฟม (Polyurethane) ฉีดอัดช่องว่างระหว่างแผ่นโลหะและกล่องพลาสติก เพื่อลดการแลกเปลี่ยนความร้อนระหว่างระบบและสิ่งแวดล้อม เจาะรูที่ฝากล่องสำหรับใส่หัววัดอุณหภูมิและแท่งคนสาร ดังแสดงในภาพที่ 1

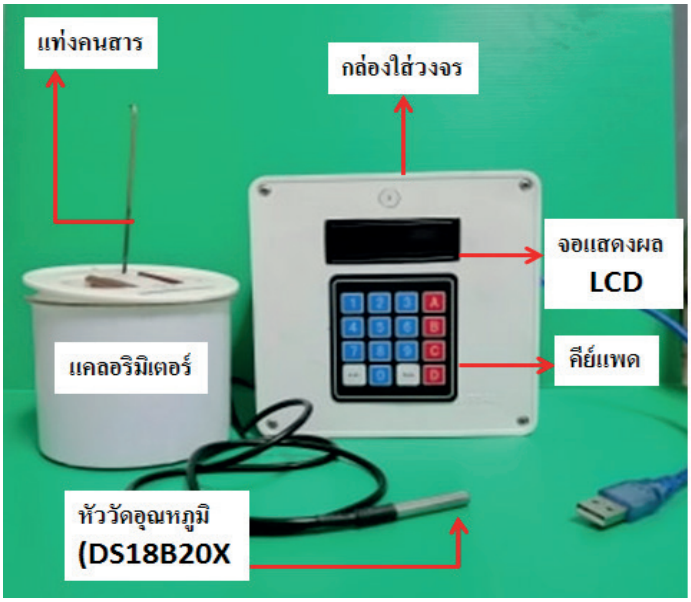


ภาพที่ 1 ส่วนประกอบของแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนา

2.2 การประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์ควบคุม

นำกล่องพลาสติกขนาด 15.5 x 15.5 เซนติเมตร สูง 8 เซนติเมตร เจาะรูให้พอดีกับจอ 1602LCD (Blue Screen) และสายของ DS18B20 และติดบอร์ดบอร์ด ESP8266 NodeMCU และเจาะช่องสำหรับเสียบสาย USB ใส่จอ 1602LCD (Blue Screen) และคีย์แพด ในช่องบนฝากล่องพลาสติกที่เจาะไว้ จากนั้นนำสายไฟมาต่อจากขาของจอเข้าสู่บอร์ดบอร์ด ESP8266 NodeMCU นำเซนเซอร์อุณหภูมิ DS18B20 มาต่อกับตัวต้านทานขนาด 4.7 k Ohm นำเซนเซอร์อุณหภูมิ DS18B20 ที่ต่อกับตัวต้านทานแล้วมาต่อกับบอร์ด บอร์ด ESP8266 NodeMCU จากนั้นนำหลอดแอลอีดีสีแดงต่อกับตัวต้าน 30 โอห์ม หลอดแอลอีดีสีเขียวต่อกับตัว

ต้านทาน 10 โอห์มและหลอดแอลอีดีสีน้ำเงินต่อกับตัวต้านทาน 10 โอห์ม จัดชุดอุปกรณ์ลงกล่องให้เป็นระเบียบแล้วปิดฝากล่องดังแสดงในภาพที่ 2



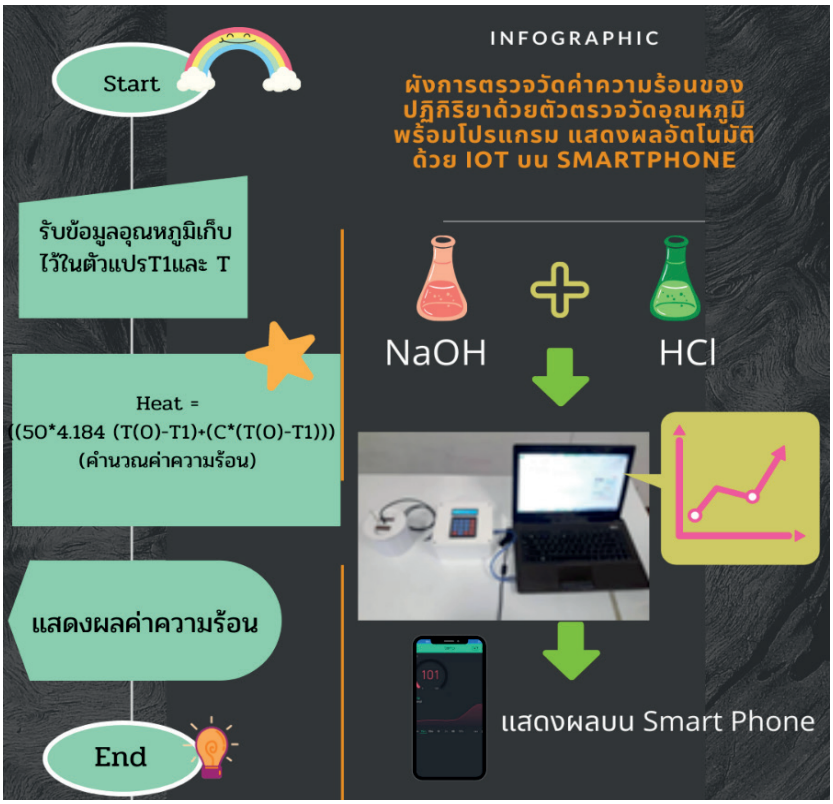
ภาพที่ 2 ชิ้นส่วนประกอบของชุดอุปกรณ์การทดลองการศึกษาความร้อนของปฏิกิริยา ด้วยเครื่องตรวจวัดอุณหภูมิและโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติบนหน้าจอ LCD

2.3 การสร้างชุดโปรมแกรมประมวลอัตโนมัติสำหรับการวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา

ใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนคำสั่งลงไปในบอร์ด ESP8266 (NodeMCU) สำหรับวัดอุณหภูมิและคำนวณค่าความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา และใช้โปรแกรม Arduino ในการเขียนคำสั่งลงไปในบอร์ด ESP8266 (NodeMCU) เพื่อให้แสดงผลในแอพลิเคชั่น Blynk ดังแสดงในภาพที่ 4

3. การทดสอบความแม่นยำ (Accuracy) โดยทำการทดลองเพื่อวัดความร้อนของปฏิกิริยา

เตรียมสารละลายที่ต้องการวัดโดยก่อนการทดลองทำการชั่งหาน้ำหนักของสารประกอบพร้อมป้อนข้อมูลปริมาณสารประกอบผ่านจอคีย์แพดเพื่อเป็นข้อมูลในการประมวลผล จากนั้นจัดชุดอุปกรณ์ใส่หัววัดอุณหภูมิต่อสาย USB เข้ากับแหล่งจ่ายไฟฟ้าคือคอมพิวเตอร์ เปิดโปรแกรม PLX-DAQ บนคอมพิวเตอร์หรือเปิดแอพพลิเคชั่น Blynk กรณีต้องการแสดงผลการทดลองผ่านสมาร์ทโฟน หากต้องการตรวจวัดค่าความร้อนจากการละลายเติมน้ำซึ่งเป็นตัวทำละลายลงในแคลลอริมิเตอร์ วางไว้ประมาณ 10 นาทีจนอุณหภูมิคงที่ จากนั้นเติมสารประกอบที่ต้องการศึกษาค่าความร้อนของการละลาย เครื่องมือจะเริ่มบันทึกการทดลอง ภาพแสดงแผนผังการเขียนคำสั่งการและการทำงานของเครื่องตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยเครื่องแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีการแสดงผลอัตโนมัติบนคอมพิวเตอร์ และแสดงผลผ่าน IoT ด้วยแอพลิเคชั่น Blynk บนสมาร์ทโฟน และแผนผังการเขียนคำสั่งการการทำงานของมือ ดังแสดงในภาพที่ 3 และภาพที่ 4 ตามลำดับ



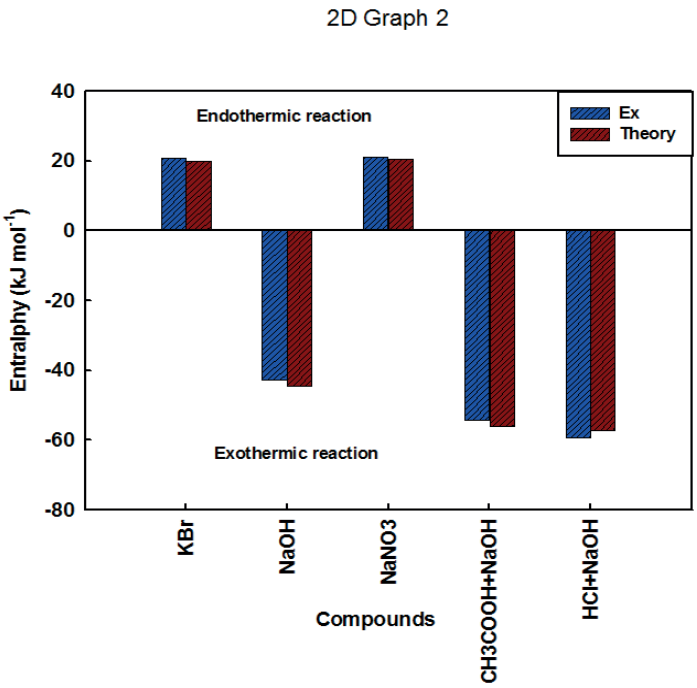
ภาพที่ 3 แผนผังการเขียนคำสั่งการทำงานของเครื่องตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา ด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีการแสดงผลอัตโนมัติผ่าน IoT ด้วยแอพลิเคชั่น Blynk บนสมาร์ทโฟน

ภาพที่ 4 ตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยาด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีการแสดงผลอัตโนมัติบนคอมพิวเตอร์ และแสดงผลผ่าน IoT ด้วยแอพลิเคชั่น Blynk บนสมาร์ทโฟน

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

จากการพัฒนาชุดอุปกรณ์พร้อมโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับวัดความร้อนจากปฏิกิริยา จากการทดสอบค่าความแม่นยำในการตรวจวัดค่าความร้อนของปฏิกิริยา โดยการศึกษาค่าความร้อนของการละลายและค่าความร้อนของการสะเทินระหว่างสารละลายกรดและเบส ซึ่งผลการวิจัยการหาความร้อนของสารละลายโดยใช้เครื่องแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีโปรแกรมแสดงผลอัตโนมัติ พบว่าค่าความร้อนของการละลายของสารประกอบตัวอย่าง 3 ชนิด ได้แก่ KBr NaOH และ $NaNO_3$ ด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่ตรวจวัดพร้อมประมวลผลค่าความร้อนอัตโนมัติ พบว่าค่าเอนทัลปีที่ได้จากการตรวจวัดด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนามีค่า 20.71 ± 1.46 -42.85 ± 0.02 และ 21.12 ± 0.08 kJ/mol ตามลำดับ นอกจากนี้จากการศึกษาค่าความร้อนจากปฏิกิริยาการสะเทินของปฏิกิริยาระหว่าง CH_3COOH กับ NaOH และ HCl กับ NaOH มีค่าเอนทัลปี เท่ากับ -54.16 ± 0.59 และ -59.27 ± 0.05 ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 5 ทั้งนี้ปริมาณค่าเอนทัลปีที่แตกต่างกันจากการศึกษาค่าความร้อนของการละลายของสารประกอบ KBr NaOH และ $NaNO_3$ เป็นผลจากค่าพลังงานรวมของพลังงานที่ใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบและพลังงานที่ใช้ในการเกิดไฮเดรชันกับโมเลกุลของน้ำมีค่าต่างกันสำหรับสารประกอบแต่ละชนิด ซึ่งปฏิกิริยาการละลายของสารประกอบ KBr และ $NaNO_3$ ค่าพลังงานที่ดูดเพื่อใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบมีค่ามากกว่าพลังงานที่คายออกมาสร้างพันธะของการเกิดไฮเดรชันกับโมเลกุลของน้ำ จึงให้ค่าพลังงานรวมเป็นปฏิกิริยาการดูดความร้อน (Endothermic Reaction) ส่วนในกรณีการละลาย NaOH ค่าพลังงานที่ดูดเพื่อใช้ในการสลายพันธะระหว่างอะตอมของธาตุในสารประกอบมีค่าน้อยกว่าพลังงานที่คายออกมาสร้างพันธะของการเกิดไฮเดรชันกับโมเลกุลของน้ำ จึงให้ค่าพลังงานรวมเป็นปฏิกิริยาการคายความร้อน (Exothermic Reaction)

ทั้งนี้เมื่อเปรียบเทียบเอนทัลปีจากการตรวจวัดในงานวิจัยด้วยแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีโปรแกรมการประมวลผลอัตโนมัติ กับค่าทางทฤษฎี [4] พบว่ามีระดับความแม่นยำถึง 96.44 % และเมื่อทำการทดสอบความแตกต่างทางสถิติระหว่างค่าทดลองกับค่าทางทฤษฎีพบว่า ค่าที่ได้ไม่มีความแตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % ที่ช่วงการวัดความร้อนตั้งแต่ -5460.45 J ถึง 1248.67 J แสดงให้เห็นว่าชุดอุปกรณ์ชุดพัฒนาพร้อมโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับการศึกษาค่าความร้อนของปฏิกิริยามีประสิทธิภาพสูง ทั้งยังใช้งานได้อย่างสะดวก ช่วยลดความยุ่งยากและความซับซ้อนของการศึกษาในปฏิบัติการทางเคมี



ภาพที่ 5 กราฟเปรียบเทียบค่าการเปลี่ยนแปลงของเอนทัลปีของการละลายและปฏิกิริยาการสะเทิน จากการตรวจวัดด้วยเครื่องแคลอริมิเตอร์ชุดพัฒนาที่มีโปรแกรมประมวลผลอัตโนมัติผ่าน IoT ด้วยแอพลิเคชั่น Blynk บนสมาร์ทโฟนกับค่าทฤษฎี

สรุปผลการวิจัย

1. การพัฒนาเครื่องมือและสร้างโปรแกรมอัตโนมัติสำหรับวัดความร้อนของปฏิกิริยา พบว่าเครื่องมือมีความสามารถในการวัดอุณหภูมิและความร้อนที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยา ส่วนโปรแกรมอัตโนมัติสามารถแสดงข้อมูลของอุณหภูมิและความร้อนได้ในเวลาทุก ๆ 1 วินาที อีกทั้งสามารถสังเกตการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิและความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยาได้ง่ายขึ้น [6] เนื่องจากโปรแกรมอัตโนมัติสามารถแสดงกราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส) กับเวลา (วินาที) และกราฟความสัมพันธ์ระหว่างความร้อน (จูล) กับเวลา (วินาที) บน Smartphone โดย แอพลิเคชั่น Blynk

2. เครื่องมือและโปรแกรมอัตโนมัติมีความแม่นยำในการวัดความร้อนที่เกิดจากปฏิกิริยา เนื่องจากเมื่อนำเอนทัลปีของสารละลายจากทฤษฎีและเอนทัลปีของสารละลายที่ได้จากการทดลองวิเคราะห์ค่าทางสถิติโดยใช้การทดสอบที (t-test) พบว่า ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % รวมทั้งเครื่องวัดความร้อนของปฏิกิริยาที่พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำในการวัดปริมาณความร้อนร้อยละ 96.44 %

References

[1] Ministry of Education. (2008). *Basic Education Core Curriculum B.E. 2551 (A.D.2008)* (Online). Retrieved April 25, 2020, from http://www.ipst.ac.th/images/2017/CoreCurriculum2551/ EN.pdf.

[2] Wellfinetech. (2019). *IoT (Internet of Things)* (Online). Retrieved April 25, 2020, from http:// wellfinetech.co.th/th/smartcity/internet-of-thing-th.html.

[3] Atikiad, Ch., & Santhuankeaw, T. (2017). *Modern teaching methods and new teaching techniques* (Online). Retrieved April 25, 2020, from http://regis.skru.ac.th/RegisWeb/webpage/addnews/ data/2017-07-24_078.pdf.

[4] Atkins, P. W. (1978). *Physical chemistry*. 5th Ed. Oxford: Oxford University Press.

[5] Polhan, K., Amatatongchai, M., Thamueng, S., Jarujumrut, P., & Chairum, S. (2017). Using vacuum flask as a simple calorimeter for determination of molecular weight of compounds from colligative properties, *Journal of Science and Technology, Ubon Ratchathani University*, *19*(2), 197–205.

[6] Rattana, W., Khiaddat, W., & Chomanee, J. (2019). Learning packages of colligative properties. In *The 29th Thaksin University Conference on Research and Innovation for Sustainability Development*. 1790–1797. May 9–10, 2019, Siam Oriental Hotel. Hat Yai, Songkhla: Thaksin University.

[7] Suakaew, P., Puntong, P., & Chomanee, J. (2019). Computer assisted instruction: measuring thermal of reaction. In *The 29th Thaksin University Conference on Research and Innovation for Sustainability Development*. 1902–1909. May 9–10, 2019, Siam Oriental Hotel. Hat Yai, Songkhla: Thaksin University.

บทความวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืน

The Development of Online Information Systems to Create Sustainable Self-management Potential of the Community

กรวรรณ สืบสม[1*] และนพรัตน์ หมีพลัด[2]

Korawan Suebsom[1*] and Nopparat Meeplat[2]

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์ เพื่อ 1) พัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน 2) ประเมินประสิทธิภาพการทำงานของระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ และ 3) ประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ โดยขอบเขตในการวิจัยครั้งนี้ คือ ชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช สำหรับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ ระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์ และแบบประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์ที่ผ่านการวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นอยู่ในระดับ 0.938 ซึ่งสามารถยอมรับได้ กลุ่มตัวอย่างในการวิจัย คือ ผู้นำชุมชน ผู้ประกอบการ และบุคคลทั่วไป จำนวน 40 คน และสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล คือ ค่าร้อยละ (Percentage) ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ผลการวิจัยพบว่าผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์ อยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.36, S.D. = 0.64) และผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช อยู่ในระดับมากในทุกด้าน ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.57) แบ่งเป็นด้านเนื้อหาและความสวยงาม ($\bar{X}$ = 4.84, S.D. = 0.74) ด้านการใช้งาน ($\bar{X}$ = 4.54, S.D. = 0.45) และด้านการใช้ประโยชน์ ($\bar{X}$ = 4.64, S.D. = 0.52) จากที่สรุปมาจะเห็นว่า ระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช มีความสำคัญต่อการพัฒนาศักยภาพการจัดการตนเองของคนในชุมชน และเป็นแบบอย่างให้เกิดการเรียนรู้ในชุมชนเกิดขึ้นอย่างยั่งยืน

คำสำคัญ: ระบบสารสนเทศ ศักยภาพ การท่องเที่ยว

---

[1] ผศ.ดร., สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

[2] อ.ดร., สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช นครศรีธรรมราช 80280

[1] Asst. Prof. Dr., Department of Computer, Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, 80280, Thailand

[2] Lecturer, Dr., Department of Computer, Faculty of Education, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, Nakhon Si Thammarat, 80280, Thailand

[*] Corresponding author:E-mail address: korawan_seu@nstru.ac.th, Tel. 06 2539 9749

(Received: April 22, 2020; Revised: September 1, 2020; Accepted: September 28, 2020)

Abstract

The objectives of this research were to: 1) develop online information systems to create sustainable self-management potential of community 2) evaluate the efficiency of the online information systems, and 3) evaluate the users'satisfaction towards usability of the online information systems. Krungching Community, located in Nobphitam District, Nakhon Si Thammarat was chosen as research delimitation of the research. Research instruments were online information systems to create sustainable self-management potential, evaluation form to assess the efficiency of online information systems and evaluation form to assess the users' satisfaction toward usability of online information systems that was already analyzed to find an acceptable level of reliability and it was at 0.938. The research samples were comprised of 40 leaders of community, business entrepreneurs and general people. Percentage, Mean and Standard Deviation were used for data analysis. The research findings showed that evaluation results of the online information systems efficiency was at very good level ($\overline{X}$ = 4.36, S.D. = 0.64), and the users' satisfaction towards online information systems to strengthen the tourism in Krungching Community, Nobphitam District, Nakhon Si Thammarat was at the very good level in all aspects ($\overline{X}$ = 4.67, S.D. = 0.57). In terms of individual aspects, they were: content and beauty ($\overline{X}$ = 4.84, S.D. = 0.74), usability ($\overline{X}$ = 4.54, S.D. = 0.45) and utilization ($\overline{X}$ = 4.64, S.D. = 0.52). In conclusion, it indicated that the online information systems to create sustainable self-management potential in Krungching Community, Nobphitam District, Nakhon Si Thammarat was very important to self-management potential development of the people in the community. Also, it could be used as the model to build up sustainable community learning.

Keywords: Information System, Potential, Tourism

บทนำ

นครศรีธรรมราชเป็นจังหวัดหนึ่งที่มีสถานที่ท่องเที่ยวหลากหลายทั้งภูเขา ทะเล น้ำตก รวมถึงสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ต่าง ๆ ตามคำกล่าวที่บอกว่า นครศรีธรรมราช นครสองธรรม ซึ่งประกอบไปด้วยสถานที่สำคัญทางประวัติศาสตร์ เช่น วัดพระมหาธาตุวรมหาวิหาร นครศรีธรรมราช ศาลหลักเมืองนครศรีธรรมราช น้ำตกกรุงชิงที่มีความสวยงามมาก หมู่บ้านคีรีวง อุทยานแห่งชาติเขาหลวง หาดหินงาม หาดในเพลาหาดทรายแก้ว และแหลมตะลุมพุก จังหวัดนครศรีธรรมราช อย่างไรก็ตาม ในงานวิจัยฉบับนี้ได้ให้ความสำคัญกับการจัดการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนของจังหวัดนครศรีธรรมราช และพื้นที่ที่ผู้วิจัยให้ความสนใจในการทำวิจัยครั้งนี้คือ ชุมชนกรุงชิง ตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยกรุงชิงเป็นตำบลที่ตั้งอยู่ในอำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราชโดยแยกมาจากตำบลนบพิตำ ตามประกาศจังหวัดนครศรีธรรมราช เมื่อปี พ.ศ. 2538 มีรูปแบบการบริหารเป็นสภาตำบล และยกฐานะเป็นองค์กรปกครองส่วนท้องถิ่น [1] ตามพระราชบัญญัติสภาตำบลและองค์การบริหารส่วนตำบล พ.ศ. 2537 ตามประกาศในราชกิจจานุเบกษา ฉบับทั่วไป เล่มที่ 113 ตอนที่ 9 ลงวันที่ 30 มกราคม 2539 โดยมีผลบังคับใช้ ตั้งแต่วันที่ 30 มีนาคม พ.ศ. 2539 ตำบลกรุงชิงเป็นพื้นที่ที่มีภูเขาล้อมรอบ เรียกกันว่า "อ่าวกรุงชิง" ลักษณะ

โดยทั่วไปเป็นที่ราบสูง สลับกับภูเขาสูง ในเขตอุทยานแห่งชาติเขาหลวง และ อุทยานแห่งชาติเขานันมีความอุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรธรรมชาติ ได้แก่ ป่าไม้ น้ำตก ถ้ำ ลำคลอง และแก่ง และเป็นพื้นที่ที่มีประวัติศาสตร์แห่งการต่อสู้ด้านความคิดการปกครองซึ่งถูกปกครองโดยพรรคคอมมิวนิสต์แห่งประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2517 ต่อมาในปี 2524 ฝ่ายรัฐบาลสามารถยึดพื้นที่ป่ากรุงชิงคืนได้ แต่ก็ยังคงมีร่องรอยแห่งประวัติศาสตร์การต่อสู้ไว้ให้นักท่องเที่ยวได้ไปศึกษาหาความรู้ เช่น ถ้ำหลบภัย หลุมขวากและสนามบาสเก็ตบอล [2]

จากที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าชุมชนกรุงชิง มีสถานที่ท่องเที่ยวหลากหลาย ซึ่งสามารถดึงดูดนักท่องเที่ยวทั้งในจังหวัดนครศรีธรรมเอง และต่างจังหวัดให้เข้ามาท่องเที่ยวในชุมชนกรุงชิง จากการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชนที่ดูแลด้านการท่องเที่ยวของชุมชนกรุงชิง พบว่าปัญหาของชุมชนคือ ขาดการบริหารจัดการสารสนเทศที่ดีในการท่องเที่ยวทำให้ขาดการประชาสัมพันธ์อย่างเป็นทางการและเป็นรูปธรรม เนื่องจากชุมชนกรุงชิงไม่มีระบบสารสนเทศสำหรับการจัดการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนที่ส่งเสริมและประชาสัมพันธ์ให้นักท่องเที่ยวได้รู้จักสถานที่ท่องเที่ยวอย่างหลากหลายในชุมชนกรุงชิงไม่ได้มีการจัดทำระบบฐานข้อมูลการท่องเที่ยว ไม่มีการจัดการระบบสารสนเทศเรื่องของที่พัก เช่น ราคาของการเข้าพักในรีสอร์ทที่ไม่ได้มีการรวมกลุ่มกันและใช้ระบบสารสนเทศด้วยกัน หรือในเรื่องของการเดินทาง เช่น ระยะเวลาในการเดินทางจุดรับ-ส่งรถโดยสารสำหรับนักท่องเที่ยว ที่เดินทางมาเองโดยไม่ได้เดินทางมากับรถยนต์ส่วนตัว ทำให้ข้อมูลการท่องเที่ยวของชุมชนกรุงชิง มีการกระจัดกระจายอยู่ในที่ต่าง ๆ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเล็งเห็นถึงความสำคัญของการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของผู้นำชุมชนและคนในชุมชน

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ในการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์ของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช
2. เพื่อประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์
3. เพื่อประเมินความพึงพอใจของการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อการท่องเที่ยวชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ระเบียบวิธีวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน ของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยผู้วิจัยได้แบ่งขั้นตอนในการดำเนินงานออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นศึกษาข้อมูลบริบท แหล่งท่องเที่ยวและแหล่งเรียนรู้ในชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยผู้วิจัยและทีมวิจัยได้ลงพื้นที่เพื่อสำรวจ ศึกษาข้อมูล บริบท แหล่งท่องเที่ยว แหล่งเรียนรู้ในชุมชนกรุงชิง กำหนดการศึกษา ปัญหา และความต้องการในการพัฒนาระบบสารสนเทศ โดยการจัดประชุมชาวบ้านในชุมชน พร้อมทั้งสอบถามปัญหา ศึกษาข้อมูล แหล่งท่องเที่ยว แหล่งเรียนรู้ อาชีพ

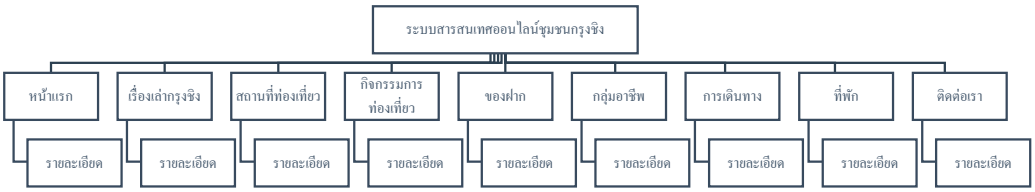
และกลุ่มอาชีพ รวมทั้งความต้องการพัฒนาระบบสารสนเทศของชาวชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

2. ขั้นการวิเคราะห์โดยรวบรวมข้อมูลจากการสัมภาษณ์ พูดคุยกับกลุ่มชาวบ้านในชุมชน เพื่อให้ทราบถึงปัญหาและความต้องการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยว โดยผู้วิจัยและคณะสามารถแบ่งประเด็นปัญหาได้ดังนี้

2.1 ปัญหาเกี่ยวกับข้อมูล ในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยว ซึ่งพบว่า เอกสารและข้อมูลที่มีอยู่ไม่เป็นปัจจุบัน การเข้าถึงข้อมูลเป็นไปได้ยาก เนื่องจากไม่มีระบบฐานข้อมูลกลาง เอกสารเกี่ยวกับการท่องเที่ยว เกิดการสูญหาย และข้อมูลมีการแยกเป็นส่วน ๆ ไม่สามารถใช้ข้อมูลร่วมกันได้

2.2 ปัญหาในการเข้าถึงแหล่งเรียนรู้ต่าง ๆ ในชุมชน คือ นักท่องเที่ยวไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลข่าวสารของชุมชนได้ ข้อมูลแหล่งเรียนรู้ กลุ่มอาชีพมีมาก แต่ไม่ได้ประชาสัมพันธ์ทำให้นักท่องเที่ยวไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลได้ ข้อจำกัดหรือปัญหาในเรื่องของสัญญาณเครือข่าย เช่น ไม่มีอินเทอร์เน็ตใช้ ไม่มีคอมพิวเตอร์ในศูนย์ไอซีทีของชุมชนทำให้ชาวบ้านไม่สามารถเข้าถึงข้อมูลหรืออัปเดตข้อมูลที่เป็นปัจจุบัน ปัญหาในการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับชุมชนไม่มีเว็บไซต์กลางของชุมชน การแก้ไขเปลี่ยนข้อมูลทำได้ยาก เนื่องจากไม่มีข้อมูล ที่สามารถใช้ร่วมกันได้และการจัดทำเว็บไซต์ไม่เป็นปัจจุบัน

3. ขั้นการวิเคราะห์และออกแบบระบบ โดยในขั้นนี้ผู้วิจัยได้นำปัญหาที่ได้ศึกษาปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสาร และสารสนเทศของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยจัดทำเป็นผังงาน (Flowchart) ภาพรวมของระบบ (Context Diagram) ออกแบบฐานข้อมูล (E-R Diagram) และเขียนเป็นแผนผังของระบบสารสนเทศ ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 โครงสร้างระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองอย่างยั่งยืน

4. ขั้นการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์ ซึ่งในขั้นตอนนี้ ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ ด้วยโปรแกรม Joomla เพื่อให้ได้ระบบสารสนเทศออนไลน์ที่เหมาะสมกับชุมชนกรุงชิง และเป็นระบบสารสนเทศ ที่สามารถแสดงผลได้อย่างเหมาะสมบนอุปกรณ์ที่แตกต่างกัน และใช้ได้กับความละเอียดของจอภาพทุกขนาด (Responsive Web Design) ซึ่งภายในระบบสารสนเทศจะมีปฏิสัมพันธ์กับนักท่องเที่ยวโดยใช้งานได้ง่าย สะดวกและรองรับการแสดงผลบนอุปกรณ์ที่แตกต่างกันได้โดยอัตโนมัติ ซึ่งประกอบไปด้วยหน้าจอหลักทั้งหมด 9 หน้าจอ

5. ขั้นทดลองใช้และการเก็บข้อมูลเพื่อประเมินความพึงพอใจต่อการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ กรุงชิง ซึ่งกลุ่มตัวอย่างประกอบด้วย คนในชุมชนกรุงชิง จำนวน 40 คน ที่ประกอบด้วยผู้ประกอบการและบุคคลทั่วไป โดยใช้วิธีการเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง

6. ขั้นสรุปผลการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้คือ ระบบสารสนเทศออนไลน์ชุมชนกรุงชิง แบบประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์กรุงชิง และแบบประเมินความพึงพอใจที่มีต่อการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์กรุงชิง ซึ่งผ่านการตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิและผู้เชี่ยวชาญ สำหรับสถิติที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้คือ สถิติเชิงพรรณนา เช่น ร้อยละ ค่าเฉลี่ย และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการวิจัย

สำหรับผลการวิจัยครั้งนี้ประกอบไปด้วย 3 ส่วน คือ

ส่วนที่ 1 ระบบสารสนเทศออนไลน์ของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช มี ผู้วิจัยได้แบ่งออกเป็น 3 ระบบ คือ กลุ่มที่ 1 คือ ผู้ดูแลระบบ ได้แก่ เจ้าหน้าที่ในองค์การบริหารส่วนตำบลกรุงชิงที่ได้มอบหมายให้ดูแลระบบสารสนเทศ โดยมีสิทธิ์เข้าถึงข้อมูล แก้ไขเปลี่ยนแปลงข้อมูล รวมถึงกู้คืนข้อมูลได้ กลุ่มที่ 2 คือ บุคคลในชุมชน หรือผู้ที่ได้รับมอบหมายจากผู้ดูแลระบบ โดยที่ผู้ดูแลระบบเป็นผู้กำหนดสิทธิ์ให้มีหน้าที่จัดการข้อมูลต่าง ๆ ของระบบเช่น ข้อมูลข่าวสารการประชาสัมพันธ์ หรือข้อมูลผลิตภัณฑ์ได้และกลุ่มสุดท้ายคือ กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป ได้แก่ นักท่องเที่ยวหรือผู้ที่เข้าชมระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืนแต่ไม่สามารถแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงข้อมูลได้ โดยในหน้าจอแรกจะแบ่งออกเป็น 9 ส่วน ดังนี้

1. หน้าแรก
2. เรื่องเล่ากรุงชิง ซึ่งในส่วนนี้จะเป็นรายละเอียดเกี่ยวกับประวัติและความเป็นมาของกรุงชิง
3. สถานที่ท่องเที่ยวในกรุงชิง ซึ่งประกอบไปด้วยน้ำตก ภูเขา ทะเลหมอก บ่อน้ำร้อน และถ้ำต่าง ๆ
4. ระบบส่งเสริมกิจกรรมท่องเที่ยว สำหรับกิจกรรมการท่องเที่ยวที่เป็นที่นิยม คือ การเที่ยวน้ำตกกรุงชิง และล่องแก่ง รวมไปถึงแช่น้ำในบ่อน้ำร้อน
5. ระบบสั่งซื้อของฝากท่องเที่ยวกรุงชิง เช่น ผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ ที่คนในชุมชนได้ร่วมกันผลิตหรือจัดทำ เช่น ผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อม เครื่องแกง และผลิตภัณฑ์จากกล้วย
6. กลุ่มอาชีพ ซึ่งมีหลากหลาย เช่น กลุ่มกล้วยไข่บาน กลุ่มเครื่องแกง กลุ่มล่องแก่ง กลุ่มผ้ามัดย้อม เป็นต้น
7. การเดินทาง
8. ระบบการจองที่พัก
9. ติดต่อเรา

นอกจากนี้ ระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืนสามารถแสดงผลได้บนอุปกรณ์หลากหลาย เช่น หน้าเว็บไซต์ในจอคอมพิวเตอร์ หรือสมาร์ทโฟน และไอแพด

ส่วนที่ 2 ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ โดยผู้เชี่ยวขาญจำนวน 3 ท่าน พบว่าประสิทธิภาพด้านเนื้อหา อยู่ในระดับมาก ($\overline{X} = 4.33$, S.D. = 0.33) และประสิทธิภาพด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\overline{X} = 4.39$, S.D. = 0.63)

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ด้านเนื้อหา	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. เนื้อหามีความชัดเจน ถูกต้อง สมบูรณ์	4.66	0.57	มากที่สุด
2. เนื้อหามีการเรียงลำดับเป็นขั้นตอน	4.33	0.57	มาก
3. ปริมาณเนื้อหาในแต่ละหน้ามีความเหมาะสม	4.00	0.23	มาก
รวม	4.33	0.63	มาก

ตารางที่ 1 แสดงประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืนของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.33, S.D. = 0.63)

ตารางที่ 2 ประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืน ชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

ด้านการออกแบบ	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ตัวอักษรอ่านง่าย ชัดเจน และถูกต้อง	4.33	1.15	มาก
2. ความถูกต้องของข้อความตามหลักภาษา	4.33	0.57	มาก
3. ความเหมาะสมของการจัดวางตัวอักษรในแต่ละกรอบ	4.00	1.00	มาก
4. ภาพ สี และการออกแบบมีความเหมาะสม	4.33	0.57	มาก
5. ความเหมาะสมของสีพื้นหลังกับตัวอักษร	4.66	0.57	มากที่สุด
6. ความชัดเจนของภาพดึงดูดน่าสนใจ	4.32	0.33	มาก
7. ภาพกราฟิกเหมาะสม มีความชัดเจนสอดคล้องกับเนื้อหา	4.35	0.45	มาก
8. ภาพมีความสอดคล้องและมีความเหมาะสม	4.66	0.65	มากที่สุด
9. การสื่อความหมายของภาพช่วยให้เข้าใจเนื้อหาได้ดี	4.55	0.56	มากที่สุด
รวม	4.39	0.65	มาก

ตารางที่ 2 แสดงประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืน ชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{X}$ = 4.39, S.D. = 0.65)

ส่วนที่ 3 ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่นยืน ชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราชพบว่า ภาพรวมอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.67, S.D. = 0.57) ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวของชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

รายการประเมิน	$\bar{X}$	S.D.	ระดับ
1. ด้านเนื้อหาและความสวยงาม			
1.1 ภาษาเข้าใจง่าย กระชับ อธิบายชี้แจงข้อมูลได้ชัดเจน	4.95	0.76	มากที่สุด
1.2 ข้อมูลเป็นปัจจุบันและถูกต้อง	4.80	0.87	มากที่สุด
1.3 ข้อมูลที่นำเสนอครบถ้วนตรงกับความต้องการ	4.77	0.59	มากที่สุด
รวม	4.84	0.74	มากที่สุด

อภิปรายผล

จากผลการวิจัยเรื่อง การพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน สามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช ซึ่งประกอบด้วย หน้าแรก เรื่องเล่ากรุงชิง สถานที่ท่องเที่ยวในกรุงชิง กิจกรรมท่องเที่ยว ของฝากท่องเที่ยวกรุงชิง กลุ่มอาชีพ การเดินทาง ที่พัก และติดต่อเรา ซึ่งใช้วงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศฯ แบบ System Development Life Cycle (SDLC) โดยการวางแผน และศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับสภาพปัญหาการท่องเที่ยวในชุมชนกรุงชิง รวมถึงปัญหาเกี่ยวกับข้อมูลข่าวสารซึ่งได้มาจากการสอบถามและการสัมภาษณ์ผู้นำชุมชน รวมถึงคนในชุมชน นำมาวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน โดยมุ่งหวังในการส่งเสริมให้ชุมชนสร้างศักยภาพและพัฒนาตนเองอย่างยั่งยืน และเพื่อเผยแพร่สถานที่ท่องเที่ยวที่มีอยู่ในชุมชนที่ประชาชนทั่วไปยังไม่สามารถเข้าถึงได้ รวมถึงให้คนในชุมชนได้มีรายได้เพิ่มขึ้นจากการขายสินค้าผ่านระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ และสามารถดูแลชุมชนของตัวเองอย่างยั่งยืน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Tungseng, Mutthayomburut, & Sreesoompong, 2016 [3] ซึ่งได้พัฒนาระบบสารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล จากการที่ผู้วิจัยได้พัฒนาระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนของชุมชนกรุงชิง ทำให้ชุมชนได้มีโอกาสในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยว ของตำบลกรุงชิง เช่น บ่อน้ำร้อน น้ำตกกรุงชิง จุดชมวิวทะเลหมอก เขาจังโหลน และมีที่พักที่เป็นโฮมเสตย์ รองรับทำให้มีนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในชุมชนเพิ่มขึ้น และทำให้เกิดรายได้เพิ่มขึ้นในชุมชน รวมถึงรายได้จากการขายผลิตภัณฑ์ของฝากในตำบลกรุงชิง เช่น ผ้ามัดย้อม หรือผลิตภัณฑ์บำรุงผิวจากผงกล้วย และผลิตภัณฑ์ของกลุ่มกล้วยไข่บานของตำบลกรุงชิง จะเห็นได้ว่าระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน ได้เข้ามาช่วยส่งเสริมด้านการท่องเที่ยวและการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์ให้กับชุมชน สร้างรายได้ให้กับชุมชนมากขึ้น เนื่องจากไม่เคยมีระบบสารสนเทศออนไลน์ฯที่ให้ความสำคัญกับการจัดการท่องเที่ยวแบบยั่งยืนมาก่อน ทำให้เป็นการส่งเสริมการท่องเที่ยวให้กับชุมชนเพิ่มมากขึ้น และ งานวิจัยได้สอดคล้องกับ Kanchanawong, Trirat, Nanthachumphu, & Kanchanawong, 2014 [4] ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขันของโฮมสเตย์

เนื่องจากช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการจัดการข้อมูลเกี่ยวกับโฮมสเตย์ และทำให้ลูกค้ามีความสนใจเข้าพักมากขึ้น และสอดคล้องกับ Kaewkosaba & Horwongsakul, 2019 [5] ที่ได้พัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวในพื้นที่อ่าวบ้านดอน จังหวัดสุราษฎร์ธานี โดยพบว่านักท่องเที่ยวให้ความสนใจเข้าชมระบบสารสนเทศและมีจำนวนนักท่องเที่ยวเข้ามาท่องเที่ยวในชุมชนอ่าวบ้านดอนมากขึ้น นอกจากนี้งานวิจัยได้สอดคล้องกับ Jumpolpong, Puengngam, & Chaeychan, 2017 [6] ที่ได้พัฒนาเว็บไซต์เพื่อส่งเสริมการท่องเที่ยวอย่างยั่งยืนของจังหวัดลพบุรี โดยพบว่านักท่องเที่ยวมีความสนใจในการเข้ามาท่องเที่ยว จังหวัดลพบุรีเพิ่มขึ้น

2. ผลการประเมินประสิทธิภาพของระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน ชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช โดยพบว่ามีประสิทธิภาพอยู่ในระดับมากซึ่งแบ่งออกเป็นด้านเนื้อหา ($\bar{x}$ = 4.33, S.D. = 0.63) และประสิทธิภาพด้านการออกแบบอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.39, S.D. 0.65)

3. ผลการประเมินความพึงพอใจของผู้ใช้ที่มีต่อการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่า อยู่ในระดับมากในทุกด้าน โดยแบ่งเป็น แบ่งเป็นด้านความพึงพอใจในภาพรวม ($\bar{x}$ = 4.34, S.D. = 0.54) ด้านการใช้ประโยชน์ ($\bar{x}$ = 4.23, S.D. = 0.45) และด้านเนื้อหาความสวยงามกับด้านการใช้งาน ($\bar{x}$ = 4.48, S.D. = 0.65) สอดคล้องกับ Srichareon, Siharad, & Sukprasert, 2019 [7] ที่ได้พัฒนาแอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยว 8 แหล่งท่องเที่ยวไปในจังหวัดเพชรบูรณ์ด้วยเทคโนโลยีเสมือนจริง โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินความพึงพอใจและผลการวิจัยพบว่านักท่องเที่ยวมีความพึงพอใจต่อการใช้แอปพลิเคชันส่งเสริมการท่องเที่ยว 8 แหล่งท่องเที่ยวที่จะต้องไปในจังหวัดเพชรบูรณ์ในรูปแบบเสมือนจริงภาพรวมอยู่ในระดับมาก ($\bar{x}$ = 4.43, S.D. = 0.64)

ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน

ระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน ชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช สามารถนำไปใช้ได้จริง และส่งเสริมการสร้างศักยภาพให้กับชุมชนอย่างยั่งยืน โดยชุมชนสามารถเผยแพร่ข้อมูล แหล่งท่องเที่ยว ที่พัก และผลิตภัณฑ์ที่ได้จัดทำจากวัตถุดิบภายในชุมชนกรุงชิง รวมถึงผลิตภัณฑ์ผ้ามัดย้อมที่จัดทำโดยคนในชุมชนกรุงชิง เพื่อเป็นการสร้างรายได้ให้กับชุมชน โดยชุมชนสามารถดูแลตนเองได้ นอกจากนี้ ระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ ทำให้คนในชุมชนมีช่องทางในการเผยแพร่ประชาสัมพันธ์แหล่งท่องเที่ยวหรือกิจกรรมการท่องเที่ยวภายในชุมชนให้คนภายนอกได้รับรู้ และสามารถจัดการตนเองอย่างยั่งยืนโดยมีผู้ดูแลระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ จะทำหน้าที่ปรับแปรุงแก้ไขข้อมูลให้ทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ เป็นศูนย์กลางของข้อมูลข่าวสารที่สามารถเผยแพร่ หรือประชาสัมพันธ์ได้ สำหรับข้อดีของการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์ฯ คือกลุ่มคนในชุมชนเป็นคนรุ่นใหม่มีความคิดสร้างสรรค์ ทำให้สามารถเข้าถึงระบบสารสนเทศออนไลน์ฯได้ไม่ยาก เพราะทุกคนเปิดรับและเป็นช่องทางในการสร้างรายได้จากการท่องเที่ยวให้กับชุมชน คนในชุมชนเห็นด้วยที่จะมีระบบสารสนเทศออนไลน์ฯเพราะจะเป็นที่เก็บรวบรวมข้อมูลที่ทุกคนสามารถเข้าถึงได้ สำหรับข้อเสนอแนะในการนำไปใช้งาน คือหน่วยงานบริหารส่วนตำบลกรุงชิงร่วมกับชุมชนจะต้องเตรียมเครื่องคอมพิวเตอร์ที่สามารถเชื่อมต่ออินเทอร์เน็ตได้ และต้องเตรียมบุคลากรที่มีความรู้ทางด้านอินเทอร์เน็ตเพื่อให้สามารถให้ความรู้ในการใช้ระบบสารสนเทศออนไลน์เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืนได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิจัยสำนักงานวิจัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ 2562 และมหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราชและทีมผู้วิจัยจากแผนงานวิจัยเรื่องการพัฒนาขีดความสามารถของชุมชนด้านการท่องเที่ยว เศรษฐกิจ และสังคม เพื่อสร้างศักยภาพการจัดการตนเองของชุมชนอย่างยั่งยืน: กรณีศึกษาตำบลกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช รวมถึงชุมชนกรุงชิง อำเภอนบพิตำ จังหวัดนครศรีธรรมราช

References

[1] Krung Ching Subdistrict Administration Organization. (2017). *History*, Retrieved February 13, 2020, from https://www.krungching.go.th/index.php.

[2] Thailand Tourism Directory. (2017). *Krung Ching Waterfall*, Retrieved February 14, 2020, from https://www.thailandtourismdirectory.go.th/en/info/attraction/detail/itemid/1869.

[3] Tungseng, T., Matthayomburut, W., & Sreesoompong, P. (2016). System development of communitybased tourism network of Satun Province. *Thaksin University Journal*, *19*(2), 67–80

[4] Kanchanawong, P., Trirat, S. S., Nanthachumphu, S., & Kanchanawong, A. (2014). Development of information system for enhancing the competitiveness of home stay. *KMUTT R & D Journal*, *37*(4), 503–515.

[5] Kaewkosaba, K., & Horwongsakul, T. (2019). The development of information system for tourism promotion by community participation in Bandon Bay, Suratthani*, Suratthani Rajabhat Journal, 6*(1), 213–230.

[6] Jumpolpong, P., Puengngam, P., & Chaeychan, S. (2017). Website Development for Sustainable Tourism Promotion Lopburi, In *The 4th National Academic Conference, Phetchaburi Rajabhat University, Art and Culture Research.* 1–6. December 3, 2017. Faculty of Humanity and Social Science. Phetchaburi: Phetchaburi Rajabhat University.

[7] Sricharoen, J., Siharad, D., & Sukparsert, A. (2019). The tourism promotion application of 8 attractions that need to go in Phetchabun province with the augmented reality technology. *Journal of Project in Computer Science and Information Technology, 5*(1), 84–94.

บทความวิจัย

ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน

Effects of Coating Plastic Thickness and Condition on Properties of Particleboard Using Tapioca Starch as Binder

จักรนรินทร์ ฉัตรทอง[1*] ชาตรี หอมเขียว[1] และสุรสิทธิ์ ระวังวงศ์[2]

Jaknarin Chatthong[1*], Chatree Homkhiew[1] and Surasit Rawangwong[2]

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อสมบัติทางกลและทางความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ในการขึ้นรูปไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพื่อใช้ในการทดลองเคลือบด้วยแผ่นพลาสติกกระทำโดยใช้เครื่องอัดร้อน ซึ่งการทดลองพบว่า ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่าความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรงดึง มอดูลัสการดึง ความแข็ง และการนำความร้อนสูงกว่าที่เคลือบด้วยพลาสติกหนา 0.2 mm และเมื่ออัดเคลือบแผ่นพลาสติกด้วยอุณหภูมิ 180 °C การเพิ่มเวลาการอัดในช่วง 5-10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็งของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกันไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดัด มอดูลัสการดัด ความแข็งแรงดึง มอดูลัสการดึง ความแข็ง และการนำความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 เป็น 200 °C และใช้เวลาการอัด 5 นาที เพราะแผ่นพลาสติกหลอมเหลวมากขึ้น ทำให้แทรกซึมเข้าสู่ผิวไม้ได้มากขึ้น

คำสำคัญ: ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แผ่นพลาสติก แป้งมันสำปะหลัง ขี้เลื่อยไม้ยางพารา การอัดร้อน

Abstract

This research aimed to analyze the effects of coating plastic thickness, pressing temperature and time on mechanical, and thermal properties of particleboard using tapioca starch as binder. The particleboard used in experiment for coating the plastic sheet was formed with a hot compression machine. According to the results,

[1] ผศ.ดร., สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา 90000

[2] รศ., สาขาวิศวกรรมอุตสาหการ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย วิทยาเขตสงขลา 90000

[1] Asst. Prof., Dr., Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla Campus, 90000, Thailand

[2] Assoc. Prof., Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Rajamangala University of Technology Srivijaya, Songkhla Campus, 90000, Thailand

[*] Corresponding author: E-mail address: jaknarin.ch@gmail.com

(Received: May 21, 2020; Revised: July 30, 2020; Accepted: August 19, 2020)

the particleboard coated with plastic sheet 0.4 mm gave higher modulus of rupture (MOR), modulus of elasticity (MOE), tensile strength (TS), tensile modulus (TM), hardness and thermal conductivity than coated with plastic 0.2 mm. Furthermore, when the particleboard was coated with pressing temperature 180 °C, an increment of pressing time in range of 5-10 min increased MOR, MOE, TS, TM, and hardness of the particleboard. Likewise, the particleboard showed an increase of MOR, MOE, TS, TM, hardness and thermal conductivity when increasing the pressing temperature from 180 to 200 °C and using the pressing time for 5 min. This is because the plastic sheet is more molten causing more penetration into the particleboard surface.

Keywords: Particleboard, Plastic Sheet, Tapioca Starch, Rubberwood Sawdust, Hot Compression

บทนำ

จากอดีตถึงปัจจุบัน ทรัพยากรป่าไม้ในประเทศไทยมีปริมาณลดน้อยลงเป็นอย่างมาก ทำให้ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2532 รัฐบาลได้มีการประกาศยกเลิกสัมปทานการทำไม้ และมีการแก้ไขปัญหานี้โดยการนำเข้าไม้จากต่างประเทศ เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมไม้และแผ่นไม้ประกอบ [1] อย่างไรก็ตามเพื่อแก้ไขปัญหาการขาดแคลนไม้อย่างยั่งยืน การพัฒนาวัสดุทดแทนไม้ธรรมชาติจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่นักวิจัยและผู้ประกอบการให้ความสนใจกันอย่างแพร่หลาย [2] และไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด (Particleboard) เป็นผลิตภัณฑ์หนึ่งที่พัฒนาขึ้นมาเพื่อทดแทนไม้ธรรมชาติที่มีปริมาณลดน้อยลง ซึ่งไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถผลิตได้โดยการนำเส้นใยธรรมชาติผสมตัวประสานหรือกาวที่ได้มาจากวัสดุสังเคราะห์ จากนั้นขึ้นรูปด้วยการอัดร้อนเพื่อให้เกิดการประสานตัวระหว่างเส้นใยธรรมชาติเป็นไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด [1] อย่างไรก็ตาม กาวหรือตัวประสานที่ใช้ผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดในเชิงพาณิชย์ส่วนใหญ่จะมีส่วนผสมของสารฟอร์มัลดีไฮด์ ซึ่งเป็นสารที่ส่งผลกระทบต่อสภาพแวดล้อมและสุขภาพของคน [3] ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงได้มีการพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน เพื่อให้ได้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ปราศจากสารเคมีเจือปน

การพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานสามารถดำเนินการได้สำเร็จ ยกตัวอย่าง Homkhiew, Boonchouytan & Cheewawuttipong, 2016 [2] ได้พัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดจากขี้เลื่อยไม้ยางพาราโดยใช้เส้นใยผลตาลโตนดเป็นตัวเสริมแรงและแป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสาน ซึ่งพบว่า การเติมเส้นใยผลตาลโตนดเป็นส่วนผสม 7 เปอร์เซ็นต์ ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดึงตั้งฉากกับผิวหน้า ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดเพิ่มขึ้น ในขณะเดียวกัน Homkhiew, Boonchouytan, Cheewawuttipong, Hoysakul, Kaewkong & Ratanawilai, 2020 [4] พบว่า การเติมแป้งมันสำปะหลังเป็นส่วนผสมในไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมากขึ้น สามารถปรับปรุงสมบัติความแข็งแรงดัด และการดูดซับน้ำ อย่างไรก็ตาม จากการพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดโดยใช้แป้งมันสำปะหลังเป็นตัวประสานที่ผ่านมายังประสบปัญหาการดูดซับน้ำในอัตราที่สูง และการหลุดร่อนของวัสดุบริเวณผิวหน้าของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ดังนั้นทางคณะผู้วิจัยจึงมีแนวคิดปรับปรุงข้อด้อยดังกล่าวโดยการนำแผ่นพลาสติกมาเคลือบผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ซึ่งในการเคลือบผิวไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาผลกระทบของปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดต่อสมบัติทางกลและทางความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด เพื่อให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีสมรรถนะสูงสุด สุดท้ายผลจากงานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์อย่างมากต่อการพัฒนาไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่ใช้วัสดุธรรมชาติเป็นตัวประสาน

วัสดุ อุปกรณ์ และวิธีดำเนินการ

1. วัสดุที่ใช้ในการวิจัย

วัสดุที่นำมาใช้ในการวิจัย ประกอบด้วย 1) ขี้เลื่อยไม้ยางพารา ได้รับมาจากโรงงานแปรรูปเฟอร์นิเจอร์ไม้ยางพาราใน จ.สงขลา 2) แป้งมันสำปะหลังชนิดพิเศษ ตราแมวแดงดาวเทียมลูกโลก จัดซื้อจาก หจก.เกรียงไกรค้าแป้ง และ 3) แผ่นพลาสติกใส เป็นพลาสติกชนิดพอลิไวนิลคลอไรด์ จัดซื้อจากบริษัทไทยรุ่งเรือง อินเตอร์เทรด จำกัด

2. การผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

การผลิตไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเริ่มจากการนำขี้เลื่อยไม้ยางพาราที่ได้จากโรงงานแปรรูปเฟอร์นิเจอร์มาคัดแยกขนาดโดยใช้ตะแกรงร่อน และร่อนให้ขี้เลื่อยไม้ผ่านตะแกรงขนาด 12 เมช จากนั้นผสมขี้เลื่อยไม้ยางพาราปริมาณ 70 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก (wt%) กับแป้งมันสำปะหลังปริมาณ 30 wt% โดยใช้น้ำปริมาณ 0.2 ลิตร เป็นตัวทำละลายแป้ง ต่อส่วนผสมทั้งหมด 265 กรัม [5] หลังจากนั้นคลุกเคล้าวัสดุให้เข้ากันในถังผสมโดยใช้เวลาในการกวนผสมประมาณ 10 นาที แล้วนำส่วนผสมทั้งหมดเทใส่ในกรอบไม้และแม่พิมพ์ที่มีขนาดกว้าง 200 mm × ยาว 250 mm × หนา 6 mm ต่อจากนั้นอัดขึ้นรูปโดยใช้เครื่องอัดร้อนด้วยอุณหภูมิ 210 ^{o}C แรงดันอัด 13.8 MPa (2000 psi) เป็นเวลา 20 นาที [5]

ในขั้นตอนต่อไปนำไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเคลือบด้วยแผ่นพลาสติกใสทั้ง 2 ด้าน โดยใช้แม่พิมพ์ขนาดกว้าง 200 mm × ยาว 250 mm × หนา 6 mm และอัดตามสภาวะการออกแบบการทดลอง ดังแสดงในตารางที่ 1 โดยปัจจัยที่ใช้ออกแบบการทดลองประกอบด้วย ความหนาแผ่นพลาสติก 0.2 0.4 mm อุณหภูมิการอัด 180 200 ^{o}C และระยะเวลาการอัด 5 10 นาที ซึ่งใช้แรงดันอัดคงที่ 13.8 MPa ในแต่ละสภาวะการทดลอง ขึ้นรูปแผ่นชิ้นงานแบบสุ่ม 3 แผ่นตัวอย่าง

ตารางที่ 1 การออกแบบการทดลองสภาวะการเคลือบไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

สภาวะการเคลือบ	ปัจจัยที่ใช้ในการทดลอง		
	ความหนาแน่นแผ่นพลาสติก (mm)	อุณหภูมิการอัด (^{o}C)	ระยะเวลาการอัด (min)
P2T180Ti5	0.2	180	5
P2T180Ti10	0.2	180	10
P2T200Ti5	0.2	200	5
P2T200Ti10	0.2	200	10
P4T180Ti5	0.4	180	5
P4T180Ti10	0.4	180	10
P4T200Ti5	0.4	200	5
P4T200Ti10	0.4	200	10

3. การวิเคราะห์และการทดสอบสมบัติ

3.1 การวิเคราะห์ทางสถิติ

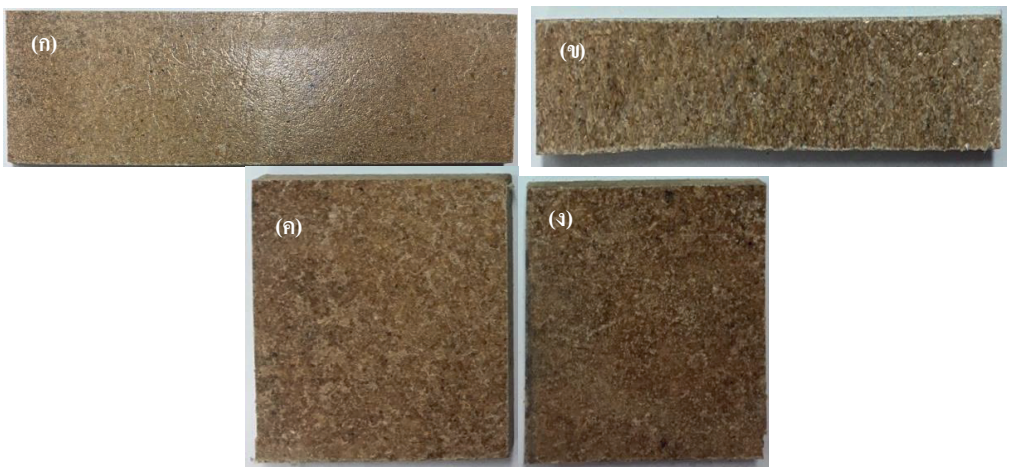
การวิเคราะห์ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดดำเนินการโดยการทดสอบความแตกต่างของค่ากลางของสองประชากรอิสระ (2-Sample t-test) ซึ่งในการวิเคราะห์ทางสถิตินี้ดำเนินการที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % (α = 0.05)

3.2 การทดสอบสมบัติทางกล

การทดสอบสมบัติทางกลประกอบด้วยการทดสอบการดัด การทดสอบการดึง และการทดสอบความแข็ง ในการทดสอบการดัดเป็นการดัดแบบ 3 จุด (Three-point Bending) โดยดำเนินการตามมาตรฐาน JIS A 5905, 2003 [6] ซึ่งชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 50 mm × ยาว 200 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ก) ระยะห่างระหว่างบ่ารองรับชิ้นงานมีระยะ 150 mm และความเร็วในการทดสอบดัดคือ 10 mm/min เช่นเดียวกันในการทดสอบการดึง ชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 19 mm × ยาว 115 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ข) โดยความเร็วที่ใช้ในการทดสอบดึง คือ 5 mm/min ทั้งการทดสอบการดัดและการทดสอบการดึงกระทำโดยใช้เครื่องทดสอบสมบัติทางกลอเนกประสงค์ รุ่น NRI-TS500-50 จาก บริษัท นรินทร์ อินสทรูเม้นท์ จำกัด นอกจากนี้ในการทดสอบความแข็ง ดำเนินการตามมาตรฐาน ASTM D2240,2015 [7] โดยใช้ Durometers แบบ Shore D Scale ซึ่งชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 30 mm × ยาว 30 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ค) และการทดสอบสมบัติทางกลทั้ง 3 ประเภทนี้ ดำเนินการที่อุณหภูมิห้อง 25 ^{o}C และทดลองแบบสุ่ม 5 ตัวอย่าง ของแต่ละสภาวะการทดลอง

3.3 การทดสอบสมบัติทางความร้อน

การทดสอบการนำความร้อน (Thermal Conductivity Analysis; TCA) ของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด กระทำด้วยเครื่อง Thermal Constant Analyser (TPS 2500S, Hot Disk, Sweden) โดยชิ้นงานทดสอบมีขนาดกว้าง 50 mm × ยาว 50 mm × หนา 6 mm ดังแสดงในภาพที่ 1(ง)



ภาพที่ 1 ชิ้นงานทดสอบ (ก) การดัด (ข) การดึง (ค) ความแข็ง และ (ง) การนำความร้อน

ผลการวิจัย และการอภิปรายผล

ในการออกแบบการทดลองมีตัวแปรอิสระคือ ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัด ซึ่งสามารถออกแบบสูตรที่ใช้ในการทดลองได้ 8 สูตร และค่าผลตอบสนองที่ได้จากการทดสอบ ได้แก่ ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง ค่าความแข็ง และค่าการนำความร้อน

1. การวิเคราะห์ผลทางสถิติในผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบ

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ 2-Sample t-test ในผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แสดงดังตารางที่ 2 และ 3 ตามลำดับ โดยในตารางที่ 2 แสดงให้เห็นว่า ที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที และอุณหภูมิการอัด 180 °C ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบในช่วง 0.2-0.4 mm มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็ง และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดเป็น 200 °C ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เพียงค่ามอดูลัสการดึง ในขณะเดียวกันเมื่อพิจารณาที่ระยะเวลาการอัด 10 นาที พบว่าความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เพียงค่าความแข็งแรงดึง เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 180 °C

ตารางที่ 2 ผลวิเคราะห์ทางสถิติในผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

ระยะเวลาการอัด 5 นาที					ระยะเวลาการอัด 10 นาที				
สมบัติ	**อุณหภูมิการอัด (°C)**	**ความหนาแผ่นพลาสติก**		**p-value**	**สมบัติ**	**อุณหภูมิการอัด (°C)**	**ความหนาแผ่นพลาสติก**		**p-value**
		0.2	**0.4**				**0.2**	**0.4**	
MOR (MPa)	180	5.09	5.23	0.638	MOR MPa)	180	5.41	5.58	0.438
	200	5.45	5.08	0.088		200	4.71	4.94	0.576
MOE (MPa)	180	1304	1486	0.040*	MOE (MPa)	180	1632	1675	0.528
	200	1692	1613	0.256		200	1349	1463	0.080
TS (MPa)	180	3.99	4.30	0.360	TS (MPa)	180	3.90	4.55	0.030*
	200	4.01	4.89	0.053		200	3.99	4.27	0.492
TM (MPa)	180	132.3	164.5	0.027*	TM (MPa)	180	136.3	183.5	0.199
	200	154.7	264.3	0.022*		200	147.9	192.9	0.186
ความแข็ง (Shore D)	180	60.95	67.30	0.001*	ความแข็ง (Shore D)	180	67.90	67.33	0.747
	200	63.88	67.55	0.052		200	67.07	70.60	0.260

หมายเหตุ: * หมายถึง ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$)

ตารางที่ 3 แสดงให้เห็นด้วยว่า ที่ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ 0.2 mm ทั้งอุณหภูมิการอัดในช่วง 180-200 °C และระยะเวลาการอัด 5-10 นาที มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด ในขณะเดียวกันที่อุณหภูมิการอัด 180 °C ระยะเวลาการอัดมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่าความแข็ง นอกจากนี้เมื่อพิจารณาที่ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ 0.4 mm อุณหภูมิมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด และมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดึงเฉพาะที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที อีกทั้งยังพบด้วยว่า ค่ามอดูลัสการดัดมีการเปลี่ยนแปลงเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อเพิ่มระยะเวลาการอัดจาก 5 เป็น 10 นาที และอัดด้วยอุณหภูมิ 180 °C

ตารางที่ 3 ผลวิเคราะห์ทางสถิติในผลกระทบสภาวะการเคลือบต่อสมบัติทางกลของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด

ความหนาแผ่นพลาสติก 0.2 มม.					ความหนาแผ่นพลาสติก 0.4 มม.				
สมบัติ	อุณหภูมิการอัด (°C)	ระยะเวลาการอัด 5	ระยะเวลาการอัด 10	p-value	สมบัติ	อุณหภูมิการอัด (°C)	ระยะเวลาการอัด 5	ระยะเวลาการอัด 10	p-value
MOR (MPa)	180	5.09	5.41	0.238	MOR (MPa)	180	5.23	5.58	0.228
	200	5.45	4.71	0.068		200	5.08	4.94	0.649
p-value		0.152	0.098		p-value		0.630	0.056	
MOE (MPa)	180	1304	1632	0.007*	MOE (MPa)	180	1486	1675	0.031*
	200	1692	1349	0.002*		200	1613	1463	0.089
p-value		0.005*	0.008*		p-value		0.045*	0.013*	
TS (MPa)	180	3.99	3.90	0.703	TS (MPa)	180	4.30	4.55	0.416
	200	4.01	3.99	0.941		200	4.89	4.27	0.228
p-value		0.937	0.727		p-value		0.308	0.527	
TM (MPa)	180	132.3	136.3	0.679	TM (MPa)	180	164.5	183.5	0.517
	200	154.7	147.9	0.698		200	264.3	192.9	0.093
p-value		0.168	0.422		p-value		0.012*	0.800	
ความแข็ง (Shore D)	180	60.95	67.90	0.018*	ความแข็ง (Shore D)	180	67.30	67.33	0.976
	200	63.88	67.07	0.137		200	67.55	70.60	0.233
p-value		0.055	0.780		p-value		0.868	0.193	

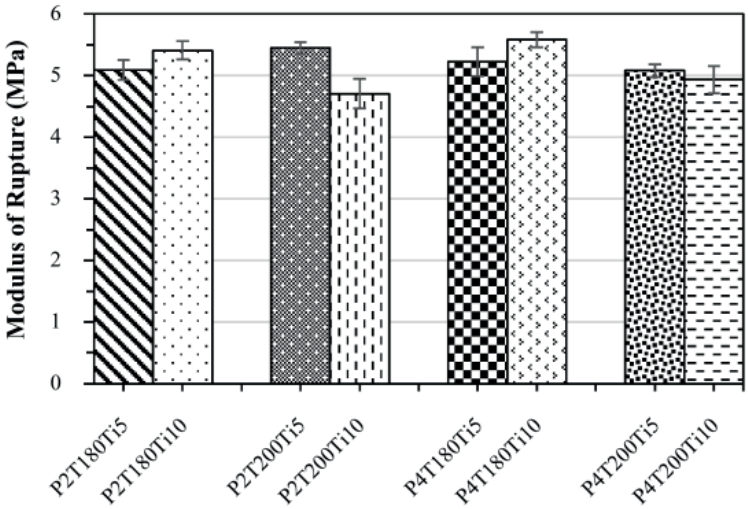
หมายเหตุ: * หมายถึง อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับนัยสำคัญ 0.05 ($p < 0.05$)

2. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติการดัด

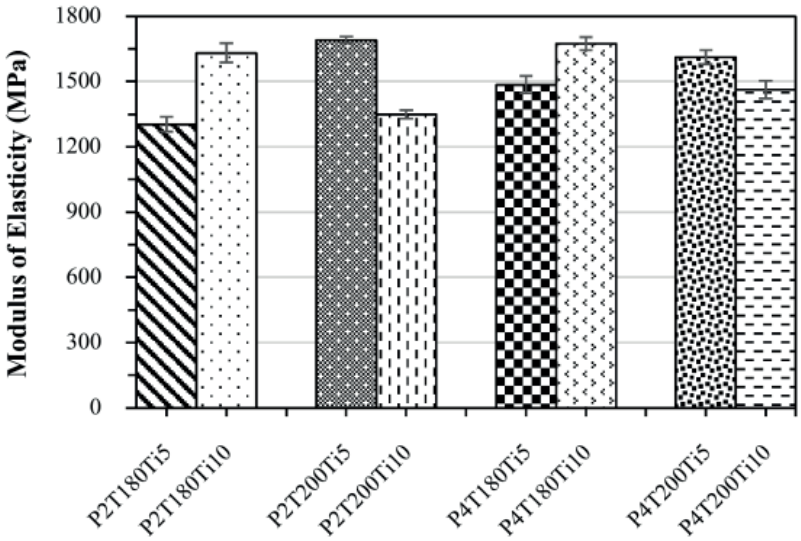
ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดต่อค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แสดงดังภาพที่ 2(ก) และ 2(ข) ตามลำดับ โดยพบว่า

ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm และหนา 0.4 mm เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 180 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น แต่เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที กลับส่งผลให้ทั้งค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลงอย่างชัดเจน สิ่งนี้เป็นไปได้ว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงและระยะเวลาการอัดที่นานเกินไปจะส่งผลให้แผ่นพลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพ (อุณหภูมิหลอมเหลวของฟิล์มพอลิไวนิลคลอไรด์ คือ 120-175 °C) ทำให้ความสามารถต้านทานต่อแรงดัดลดลง ในความเป็นจริง เมื่อไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดรับแรงดัดจากการทดสอบดัด จุดที่รับแรงสูงสุดเกิดขึ้นที่บริเวณขอบนอกสุดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด [2] ซึ่งเป็นบริเวณที่พลาสติกเกิดการเสื่อมสภาพ นอกจากนี้ยังพบด้วยว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C และใช้ระยะเวลาการอัด 5 นาที อย่างไรก็ตาม ที่ระยะเวลาการอัด 10 นาที การเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C กลับส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดลดลงอย่างชัดเจน

ภาพที่ 2 ยังแสดงให้เห็นด้วยว่า ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm มีค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดต่ำกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm เมื่อขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 180 °C และระยะเวลาการอัดเท่ากัน เพราะแผ่นพลาสติกเคลือบที่หนากว่าจะให้ความแข็งแรงที่มากกว่าแก่ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด อย่างไรก็ตามมีผลการทดลองที่น่าสนใจว่า การเคลือบไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm ให้ค่าความแข็งแรงดัดและค่ามอดูลัสการดัดสูงกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm เมื่อขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 200 °C และระยะเวลาการอัด 5 นาที แต่เมื่อเพิ่มระยะเวลาการอัดเป็น 10 นาที กลับทำให้ทั้งความแข็งแรงดัดและมอดูลัสการดัดของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่ามากกว่า เนื่องจาก แผ่นพลาสติกเคลือบที่บางกว่าจะมีการเสื่อมสภาพจากความร้อนมากกว่า ทำให้ต้านทานแรงดัดได้น้อยกว่า



(ก)



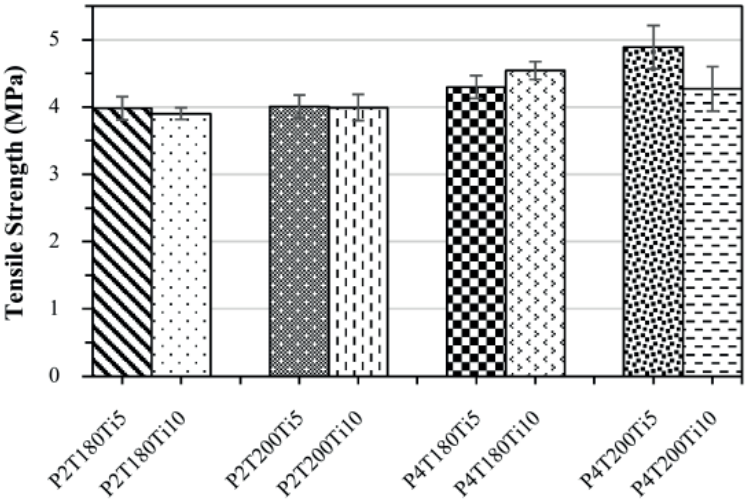
(ข)

ภาพที่ 2 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อ
(ก) ความแข็งแรงดัด และ (ข) มอดูลัสการดัด

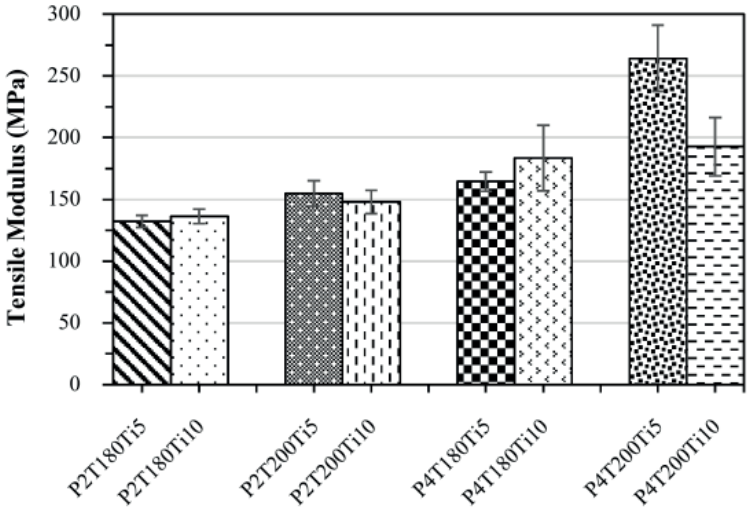
3. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติการดึง

ภาพที่ 3 แสดงความผันแปรในค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่มีผลกระทบมาจากความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัด ซึ่งพบว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงสูงกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm อย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดเท่ากัน ดังที่กล่าวก่อนหน้า เพราะแผ่นพลาสติกเคลือบที่หนากว่า ย่อมมีความแข็ง

แรงสูงกว่า ดังนั้นเมื่อนำแผ่นพลาสติกหนากว่ามาเคลือบบนไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด จึงทำให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงมากกว่า



(ก)



(ข)

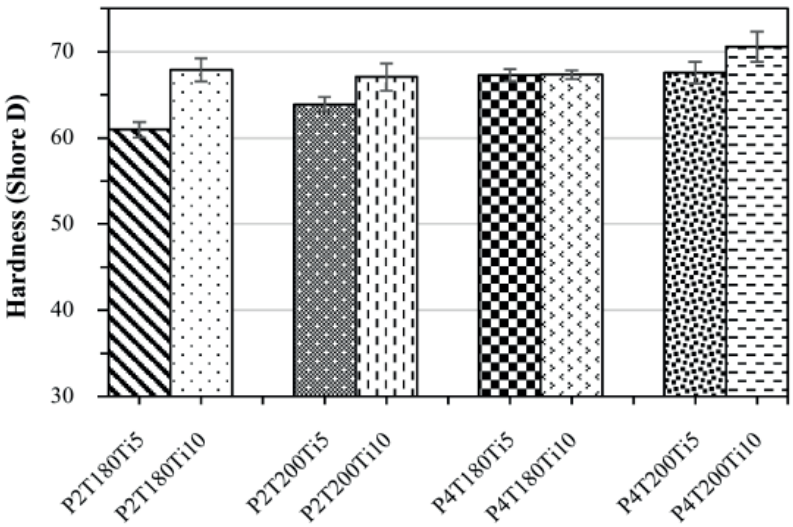
ภาพที่ 3 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อ
(ก) ความแข็งแรงดึง และ (ข) มอดูลัสการดึง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาผลกระทบของอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดพบว่า อุณหภูมิและระยะเวลาการอัดแทบไม่มีผลต่อค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm ทว่าอุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดมีผลกระทบต่อค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm อย่างชัดเจน โดยพบว่า

ที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C ส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงเพิ่มขึ้น สิ่งนี้เป็นไปได้ว่าเมื่อใช้อุณหภูมิการอัดที่สูงกว่าแผ่นพลาสติกสามารถหลอมและแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดีกว่า ทำให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดสามารถต้านทานแรงดึงได้ดีขึ้น ในความเป็นจริงเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น การหลอมเหลวของเทอร์โมพลาสติก เช่น พอลิไวนิลคลอไรด์ พอลิโพรพิลีน และพอลิเอทิลีนชนิดความหนาแน่นสูง จะเพิ่มสูงขึ้นตาม ส่งผลให้การยึดเกาะระหว่างโมเลกุลเมทริกซ์พลาสติกสมบูรณ์และแข็งแรงมากขึ้น ทำให้การถ่ายทอดแรงภายในโครงสร้างวัสดุมีประสิทธิภาพมากขึ้น [8] ในขณะเดียวกันพบด้วยว่า ที่อุณหภูมิการอัด 180 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ส่งผลให้ทั้งความแข็งแรงดึงและมอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิการอัด 200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดกลับทำให้ทั้งความแข็งแรงดึงและค่ามอดูลัสการดึงของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าลดลงอย่างชัดเจน นั่นเพราะแผ่นพลาสติกเคลือบเกิดการเสื่อมสภาพซึ่งการใช้อุณหภูมิขึ้นรูปพลาสติกที่สูงเกินไป จะส่งผลให้สมบัติของพลาสติกด้อยลง [8-9]

4. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติความแข็ง

ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อค่าความแข็งของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด แสดงดังภาพที่ 4 ซึ่งชี้ให้เห็นว่า ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2-0.4 mm เมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 180-200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เป็นไปได้ว่า แผ่นพลาสติกสามารถหลอมเหลวและแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากขึ้น เมื่อใช้เวลาการอัดนานขึ้น ทำให้บริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีความแข็งและแข็งแรงขึ้น ในขณะเดียวกันเมื่อวิเคราะห์ผลกระทบของอุณหภูมิการอัดพบว่า การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C ส่งผลให้ค่าความแข็งของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ยกเว้นไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm และอัดเป็นระยะเวลา 10 นาที การเพิ่มขึ้นของอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C ทำให้ค่าความแข็งของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลงเล็กน้อย

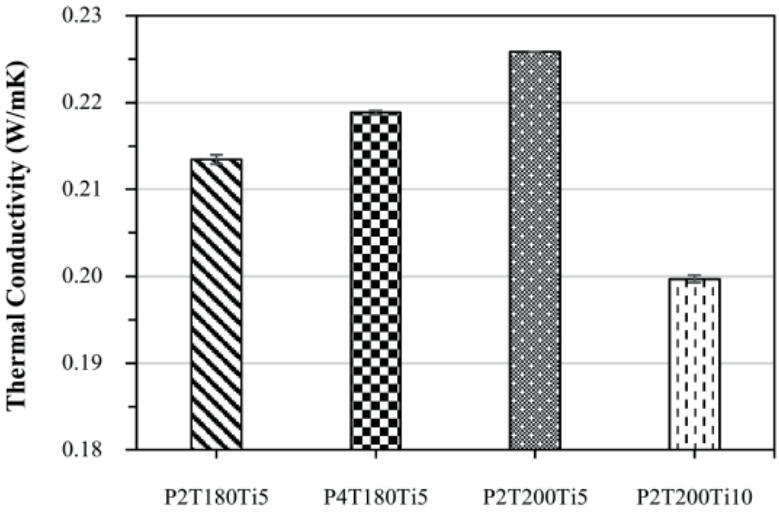


ภาพที่ 4 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อค่าความแข็ง

นอกจากนี้ยังพบด้วยว่าเมื่อเปรียบเทียบที่อุณหภูมิการอัดและระยะเวลาการอัดเท่ากัน ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm ให้ค่าความแข็งสูงกว่าไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm สิ่งนี้เป็นเพราะ แผ่นพลาสติกที่หนากว่าสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพการยึดเกาะบริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้ดีกว่า ดังนั้นความแข็งบริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกที่หนากว่าจึงมีมากกว่า Rahman, Huque, Islam, & Hasan, 2009 [10] กล่าวว่า การยึดเกาะระหว่างขี้เลื่อยไม้และพลาสติกที่แข็งแรงขึ้น ส่งผลให้วัสดุมีความแข็งมากขึ้น

5. ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อสมบัติการนำความร้อน

ภาพที่ 5 แสดงผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อค่าการนำความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด โดยพบว่า การใช้แผ่นพลาสติกหนาขึ้นจาก 0.2 mm เป็น 0.4 mm เคลือบไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน เช่นเดียวกันการเพิ่มอุณหภูมิการอัดเคลือบในช่วง 180-200 °C ส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน พฤติกรรมเหล่านี้เป็นไปได้ว่า แผ่นพลาสติกที่หนากว่าหรืออุณหภูมิการอัดเคลือบที่สูงกว่า จะทำให้แผ่นพลาสติกสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากกว่า ทำให้การเชื่อมโยงหรือการประสานกันภายในโครงสร้างไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีมากขึ้น ดังนั้นการส่งผ่านความร้อนภายในโครงสร้างไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดจึงมีมากขึ้น ทำให้ค่าการนำความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามการเพิ่มระยะเวลาการอัดเคลือบในช่วง 5-10 นาที ที่อุณหภูมิการอัดเคลือบ 200 °C กลับส่งผลให้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดมีค่าการนำความร้อนลดลงอย่างชัดเจน เนื่องจากแผ่นพลาสติกเคลือบเกิดการเสื่อมสภาพ ทำให้การเชื่อมโยงหรือการประสานกันภายในโครงสร้างไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลง Janbuala & Wasanapiarnpong, 2017 [11] รายงานว่า ค่าการนำความร้อนลดลงตามปริมาณความพรุนตัวของชิ้นงานที่เพิ่มขึ้น [12]



ภาพที่ 5 ผลกระทบความหนาพลาสติกเคลือบและสภาวะการเคลือบต่อค่าการนำความร้อน

สรุปผลการวิจัย

ผลกระทบความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบ อุณหภูมิการอัด และระยะเวลาการอัดต่อสมบัติทางกลและทางความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มีการศึกษา จากการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้ 2-Sample t-test พบว่า ที่ระยะเวลาการอัด 5 นาที และอุณหภูมิการอัด 180 °C ความหนาแผ่นพลาสติกเคลือบในช่วง 0.2-0.4 mm มีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ต่อค่ามอดูลัสการดัด ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็ง โดยไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.4 mm มีค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง ค่าความแข็ง และค่าการนำความร้อนสูงกว่าที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกหนา 0.2 mm เมื่อขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาการอัดเท่ากัน เนื่องจากแผ่นพลาสติกที่หนากว่าสามารถแทรกซึมเข้าสู่เนื้อของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากกว่า ทำให้ประสิทธิภาพการยึดเกาะบริเวณผิวของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดดีกว่า ในขณะเดียวกัน เมื่ออัดเคลือบแผ่นพลาสติกด้วยอุณหภูมิ 180 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดในช่วง 5-10 นาที ส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง และค่าความแข็งของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดเพิ่มขึ้น ทว่าเมื่ออัดด้วยอุณหภูมิ 200 °C การเพิ่มขึ้นของระยะเวลาการอัดจาก 5 นาที เป็น 10 นาที กลับส่งผลให้ค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง และค่าการนำความร้อนของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดลดลงอย่างชัดเจน นอกจากนี้ไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด มีค่าความแข็งแรงดัด ค่ามอดูลัสการดัด ค่าความแข็งแรงดึง ค่ามอดูลัสการดึง ค่าความแข็ง และค่าการนำความร้อนเพิ่มขึ้น เมื่อเพิ่มอุณหภูมิการอัดจาก 180 °C เป็น 200 °C และใช้ระยะเวลาการอัด 5 นาที เพราะการใช้ระยะเวลาการอัดที่สั้น ทำให้ลดการเสื่อมสภาพของแผ่นพลาสติก และเมื่อเพิ่มอุณหภูมิส่งผลให้แผ่นพลาสติกหลอมเหลวดีขึ้น ทำให้แทรกซึมเข้าสู่ผิวไม้ปาร์ติเกิลบอร์ดได้มากขึ้น จากผลการทดลองสามารถสรุปได้ว่า การใช้อุณหภูมิและระยะเวลาการอัดที่เหมาะสม สามารถปรับปรุงสมบัติของไม้ปาร์ติเกิลบอร์ด ที่เคลือบด้วยแผ่นพลาสติกให้ดีขึ้นได้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณเงินแผ่นดิน ประจำปี 2560 มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย และสำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ

เอกสารอ้างอิง

[1] Buachongkon, P., & Laemsak, N. (2007). Properties of medium gensity hiberboard made from *Dendrocalamus Hamiltonii* and *Dendrocalamus Latiflorus* with various age classes. *Thai Journal of Forestry*, *26*(Suppl.), 83–92. (In Thai).

[2] Homkhiew, C., Boonchouytan, W., & Cheewawuttipong, W. (2016). Effect of palmyra fruit fiber and tapioca starch contents on properties of non-toxic fiberboard. *Ladkrabang Engineering Journal*, *33*(3), 39–46. (In Thai).

[3] Hashim, R., Said, N., Lamaming, J., Baskaran, M., Sulaiman, O., Sato, M., …Sugimoto, T. (2011). Influence of press temperature on the properties of binderless particle board made from oil palm trunk. *Materials and Design*, *32*, 2520–2525.

[4] Homkhiew, C., Boonchouytan, W., Cheewawuttipong, W., Hoysakul, N., Kaewkong, W., & Ratanawilai, T. (2020). Measurement in some properties of non-toxic particleboard to optimize the formulation for food containers. *Measurement*, *156*, 107617.

[5] Chatthong, J., Homkhiew, C., & Rawangwong, S. (2017). *Development of non-toxic fiberboard from rubberwood sawdust and cassava starch as food containers*. Research report. Songkhla: Rajamangala University of Technology Srivijaya.

[6] JIS–A 5905. (2003). *Fibreboards* (Online). Retrieved November 16, 2020, from https://archive.org/details/jis.a.5905.e.2003/page/n3/mode/2upJapanese.

[7] ASTM International–ASTM D2240–15e1. (2015). *Standard test method for rubber property-durometer hardness*. West Conshohocken, Pennsylvania: U.S.A.

[8] Homkhiew, C., Boonchouytan, W., Rawangwong, S., & Ratanawilai, T. (2017). Optimal manufacturing parameters of rubberwood flour/high density polyethylene composites using box–behnken design. *The Journal of KMUTNB*, *27*(2), 315–328. (In Thai).

[9] van der Vegt, A. K. (2002). *From polymers to plastics*. Netherlands: Delft University Press.

[10] Rahman, M. R., Huque, M. M., Islam, M. N., & Hasan, M. (2009). Mechanical properties of polypropylene composites reinforced with chemically treated abaca. *Composites Part A: Applied Science and Manufacturing*, *40*(4), 511–517.

[11] Janbuala, S., & Wasanapiarnpong, T. (2017). The development of lightweight clay brick with added bagasse ash. *SDU Research Journal Sciences and Technology*, *10*(1), 13–30. (In Thai).

[12] Homkhiew, C., Rawangwong, S., Boonchouytan, W., Kaewpom, P., & Thongkaowphueak T. (2017). Mechanical, physical and thermal properties of binderless fiberboard from rice husk flour and rice straw flour. *The Journal of Industrial Technology*, *13*(3), 85–100. (In Thai).

ดัชนี (Index)

ดัชนีคำสำคัญ	หน้า

Keywords Index

Page

Lists of Riviewers

Manuscripts of research articles and academic articles of Thaksin University Journal, Volume 23, No. 3 (September – December 2020) were reviewed by the reviewers as follows:

1. Prof. Dr. Poltip Wongkhaw	Faculty of Agriculture, Khon Kaen University
2. Prof. Dr. Vichien Rimphanitchayakit	Faculty of Science, Chulalongkorn University
3. Assoc. Prof. Dr. Amonrat Molee	Institute of Agricultural Technology, Suranaree University of Technology
4. Assoc. Prof. Dr. Charlie Navanugraha	Faculty of Environment and Resource Studies, Mahidol University
5. Assoc. Prof. Dr. Jompob Waewsak	Faculty of Science, Thaksin University
6. Assoc. Prof. Dr. Mana Sriyudthsak	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
7. Assoc. Prof. Dr. Natha Hungspreug	Faculty of Science and Technology, Thammasat University
8. Assoc. Prof. Dr. Nirundorn Matan	School of Science, Walailak University
9. Assoc. Prof. Dr. Sirima Panyametheekul	Faculty of Engineering, Chulalongkorn University
10. Assoc. Prof. Dr. Soydoa Vinitnantharat	School of Energy, Environment and Materials, King Mongkut's University of Technology Thonburi
11. Assoc. Prof. Dr. Varit Srilaong	School of Bioresources and Technology, King Mongkut's University of Technology Thonburi
12. Assoc. Prof. Dr. Wilaiwan Chotigeat	Faculty of Science, Prince of Songkla University
13. Assoc. Prof. Dr. Wuttigrai Boonkum	Faculty of Agriculture, Khon Kaen University
14. Assoc. Prof. Dr. Yutthana Tirawanichakul	Faculty of Science, Prince of Songkla University
15. Asst. Prof. Dr. Arthorn Luangsodsai	Faculty of Science, Chulalongkorn University
16. Asst. Prof. Dr. Orawan Chaowalit	Faculty of Science, Silpakorn University
17. Asst. Prof. Dr. Supab Choopun	Faculty of Science, Chiang Mai University
18. Asst. Prof. Dr. Tanate Chaichana	School of Renewable Energy, Maejo University
19. Asst. Prof. Dr. Wiphada Wettayaprasit	Faculty of Science, Prince of Songkla University

General Information of Thaksin University

About the Journal

Thaksin University Journal is a peer-reviewed journal publishing research articles, academic articles, in the field of

- Physics and Astronomy
- Agricultural and Biological Sciences
- Chemistry
- Computer Science
- Engineering

of researchers, educators, and staff of Thaksin University and other institutions.

Publication Conditions

1. The work described has not been published previously.
2. The author must be a member of Thaksin University Journal except for special articles that the Editor gives an exception.
3. The manuscript must be typed in Thai or English with both Thai and English abstracts.
4. Content and ideas published in this journal must be the author's only; the Editor does not necessarily agree with it.
5. The reviewers must review the manuscript.

Types of Published Articles

1. Research articles
2. Academic articles
3. Socially-Engaged articles
4. Letter to editor (to propose supportive or argumentative ideas of researchers, including presenting interesting knowledge and experience

Journal Conditions

1. Manuscript must be typed on white A4-size paper, single side, with page number and Angsana New Font size 14 with not more than 8 pages length, including figures and tables.
2. Margins

· Top margin	1"
· Bottom margin	1"
· Left margin	1"
· Right margin	1"

3. Manuscript Online Submission

The corresponding author must submit the manuscript online via Thai Journals Online (ThaiJo2) at https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal.

4. The application for membership can be processed into ways:

Journal Authors

Researchers, academicians, or students who want to submit the article(s) must pay for reviewers' compensation, **2,000 Baht/ 70 US Dollars per article** if the article is accepted.

via Government Savings Bank account.

Account Name: TSUJ

Account Number: 0-2032824189-6

Papayom Branch

After completing the payment, the membership applicant must attach the file of payment slip online at https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal or contact the journal coordinators at the following

address:

Research and Development Institute, Thaksin University, Phatthalung Campus

222 Moo. 2, Bann Prao Sub-district, Papayom District, Phatthalung, Thailand, 93210

Tel. 0 7460 9600 ext. 7242 or 08 1540 7304

E-mail address: tsujournal@tsu.ac.th or research.tsu@gmail.com

Line: rdi.tsu, Twitter : @RDI_TSU, Facebook : สวพ. ม.ทักษิณ

5. Article cancellation or dismissal has conditions as follows:

Article cancellation is done before article publication.

Article dismissal is done during or after article publication.

The cancellation or dismissal can be proceeded by downloading the form at https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal; however, **if the article has already been sent to the reviewers, the corresponding author must be responsible for the reviewing fees.**

Manuscript Guidelines

The article must consist of:

1. Title

Title must be in Thai and English, **center** of the page. **The first alphabets** of all words of the title must be **capitalized with bold 20 font size**, prepositions and articles.

2. Authors

Identify all authors with **14 font size**, **center** of the page with **logarithm**. Position, academic title, and affiliation in the footnote on the first page: Department, Faculty and University stated in the same page, both Thai and English.

3. Abstract

Abstract must be in Thai and English, **not more than 250 words**, with **14 font size**.

4. Keywords

Keywords both in Thai and English related to the article, not more than 5 words, below the abstract.

It must be typed with 14 font size, left-margin. Proper nouns (the first alphabet of each word) must be capitalized.

5. Main Body consists of:

1) Introduction: Significance or background of the study, research objectives, and/or review of related literature
2) Research methodology
3) Results
4) Discussion
5) Conclusion

* 4) and 5) can probably be merged

6) Acknowledgement (if any)
7) References must be **APA 6th Edition** and in **English only**

6. Attachment

This is attached with the manuscript to certify that the experiment is biological safe, ethical (using animal samples) or moral (doing experiment in human).

7. Abbreviation and Signs

Abbreviation comes up with its full version in the first time, and only abbreviation later. Please avoid using abbreviation in the title and abstract. It is not recommended to use the abbreviation that is used less than four times in the article. The author(s) must provide definition or description of any signs used in the article when appearing in the first time.

8. Figure

Figure is at the center of the page, following by description below the figure in 14 font size. It must be clear monochrome (black and white color). If necessary, it can be colored. The word “figure” is bold, and the description is normal and set in the center of the page. Lined figure must be in clear black.

Example

kilogram /rai

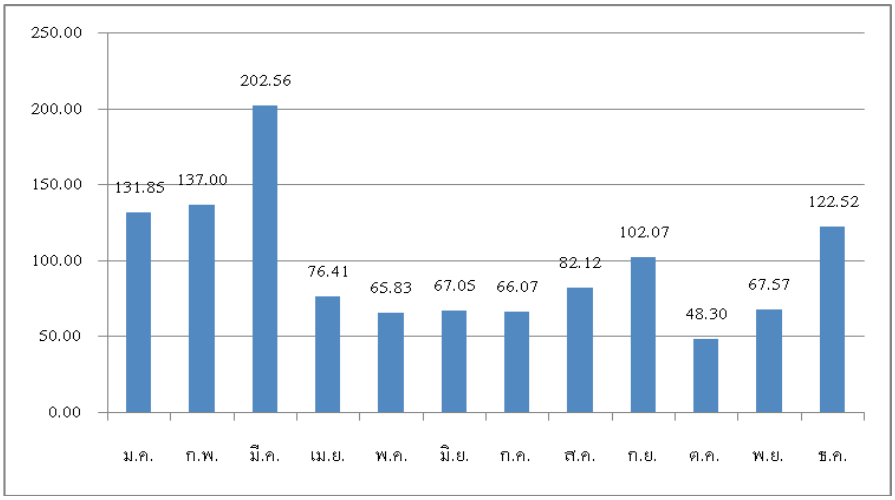


Figure 1 Fall of Monthly Leaves

9. Table

"Table" must be bold and at the left side of the column, and the description is above the table, with 14 font size.

Example

Table 1 Percentage of Nitrogen, Phosphorus, and Potassium intensity in remains of decayed leaves in each period of time

Week	**Nitrogen (percent)**	**Phosphorus (percent)**	**Potassium (percent)**
0	0.81 ± 0.15	0.12 ± 0.08	0.44 ± 0.14
1	1.00 ± 0.05	0.09 ± 0.05	0.24 ± 0.12
2	0.89 ± 0.15	0.11 ± 0.02	0.10 ± 0.02
3	0.83 ± 0.14	0.17 ± 0.08	0.08 ± 0.02
4	0.78 ± 0.15	0.24 ± 0.24	0.09 ± 0.01
6	0.87 ± 0.11	0.16 ± 0.01	0.09 ± 0.02
8	0.84 ± 0.04	0.20 ± 0.13	0.09 ± 0.02
10	0.84 ± 0.07	0.20 ± 0.07	0.08 ± 0.02
12	0.80 ± 0.03	0.24 ± 0.03	0.07 ± 0.02

References

The reference lists must be APA 6th Edition referencing in English only and In-text Citation.

Intext Citations: Identify number in the bracket"[ ]" at the end of message in sequences.

1. Put the number in the bracket [ ] at the end of message or author's name such as [1].
2. Put the continuous number started from 1. Any repeated list uses the same numbers.
3. All in-text citation must be in the reference lists based on the identified number in the bracket [ ].
4. Multi-citations for the same message:
   - 4.1 In case of not more than 2 lists, put the numbers of reference lists in numerical order using comma such as [1, 5].
   - 4.2 In case of more than 2 lists and those are continuous lists, use hyphen (-) such as [1-3], [1-5].
   - 4.3 In case of more than 2 lists and those are continuous and discontinuous lists, put comma (,) and hyphen (-) such as [1, 4-5].

In-text Citation

Identify number in the bracket "[ ]" at the end of message in sequences.

Example

1. Use of some chemical fertilizers or single fertilizers in too long length, which affect the lack of plant nutrition [1]…
2. Scherer [2] reported that...
3. and it also causes imbalance of plant nutrition in the soil [3-4]...

Referencing

Start the list with surname of the author, abbreviation of middle name (if any), and first name respectively, for example, Kessaratikoon, P., Choosiri, N., & Boonkrongcheep, R.

1) Books

Name of author//(year).//*Book Title*.//publication place/:/press.

Example

[1] Havlin, J. L., Beaton, J. D., Tisdale, S. L., &Nelson, W. L. (2005). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management*. New Jersey: Pearson Education, Inc.,

Name of author//(year).// *Book Title* (edition).//publication place/:/press.

Example

[2] Satirajinda, M. (2000). *Iron & steel heat treatment engineering* (7th Ed). Bangkok: The Engineering Institute of Thailand under His Majesty the King's Patronage.

2) Research Articles

Author's name//(year).// Title of Article./*Journal,// volume*/(issue),/page number.

Example

[3] Keereekoch, T., Srisuwan, T., Patimin, S., Khunphan, R., Yayaman, A., Dinteb, H., & Subhadhirasakul, S. (2016). Effects of steam sterilization and potassium permanganate soak on microbial load and quality of ginger oowder. *Thaksin University Journal, 19*(2), 9-21.

3) Proceeding Articles

Author's name//(year).//Title of Article.//In/*Conference's Name*./page//date/month/year,/ Conference venue//place/:/press.

Example

[4] Boonkrongcheep, R., Maeha, A., & Kessaratikoon, P. (2016). Measurement and analysis of specific activities of natural radionuclides (^{40}K, ^{226}Ra and ^{232}Th) in Thai Rice Bag Samples. In *The 24th Thaksin University National Academic Conference*. 18. May 21-24, 2016, The 60th Anniversary of His Majesty the King's Accession to the Throne International Convention Center. Songkhla: Thaksin University.

4) Book Chapter

Author's name// (year).//Title of Chapter.//In/Editors (if any).//*Name of Book*./page number//publication place/:/press.

Example

[5] Lawrence, J. A., & Dodds, A. E. (2003). Goal-directed activities and life-span development. In J. Valsiner & K. Connolly (Eds.). *Handbook of Developmental Psychology*. 517-533. London, England: Sage Publications.

5) Articles in the Newspaper

Author's name//(year,date).//Title of Article.//*Name of Newspaper*.//page number.

Example

[6] Schultz, S. (2005, December 28). Calls made to strengthen state energy policies. *The Country Today*. 1A, 2A.

6) Thesis

Researcher's name//(year).//*Thesis Title*.//level of study/degree//publication place/:/ institution.

Example

[7] Paungfoo, C. (2003). *Use of molecular biology techniques in studying the nitrifying bacteria community from shrimp farming system*. Doctoral Dissertation. Prince of Songkla University.

7) Information from the Internet

Use the general forma of citation following by website; for example, the author borrows the ideas from a book on the website, so the reference list consists of the name of author, year of publication, book title, and publication place. Another information should be added: searching date and URL – Retrieved + date + from URL

Author's name//(year).//*Title* (Online).//publication place/:/press.//Retrieve ...from http:// www.....

Example

[8] Department of Foreign Trade. (2012). *The situation of sawn rubber wood Thailand* (Online). Retrieved August 3, 2016, from http://www.dft.go.th/en-us/Information-Service/PR-Materials/ctl/DetailUserContert/mid/660/conternted/4252.

8) List of Interviewees

Name of interviewee/position,/interviewing place,/interviewing date/interview.

Example

[9] Pardee, H. N. Professor of Economics and Political Science, University of California. 2000, November 8, Interview.

9) Patent

Name of patent register/(year)./*Name of Invention*. country. patent number.

Example

[10] Jansun, E. *et. al.* (2015). *Kit for gold nanoparticles synthesis from gold-leaf*. Thailand. No. 1303000492.

10) Articles with Digital Object Identifier (DOI) or Database's Unique Identifier (If it is presented on the first page of article.)

Surname. Name.//year).// Title of Article. *Journal,/Volume*/(Issue),/page. DOI.

Example

[11] Noojeensang, K., & Waewsak, J. (2016). Assessment of sea wave power potential in the Gulf of Thailand using simulating wave nearshore (SWAN). *Thaksin University Journal, 19*(1), 12-20. DOI: 10.14456/tsuj.2016.2.

มหาวิทยาลัยทักษิณ THAKSIN UNIVERSITY

ปัญญา จริยธรรม นำการพัฒนา Intelligence and Ethics guide Development

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ
222 หมู่ 2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210
โทรศัพท์ 074-609-600 ต่อ 7242 โทรศัพท์ 074-609-655
E-mail Address : tsujournal@tsu.ac.th, research.tsu@gmail.com