ISSN 2673-0480 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space



ปีที่ 5 ฉบับที่ 1 (2565)
Vol.5, No.1 (2022)

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (Journal of Earth Science, Astronomy and Space) สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา (Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE) ได้จัดทำขึ้นเพื่อเผยแพร่บทความทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ จากผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการ ผลงานวิชาการรับใช้สังคม ภายใต้กลุ่มสาขาย่อยคือ

1. General Earth and Planetary Sciences
2. Atmospheric Science
3. Space and Planetary Science
4. Renewable Energy, Sustainability and the Environment
5. General Physics and Astronomy

สำหรับในปีที่ 5 ฉบับนี้ได้รับความสนใจจากนักวิจัยนักวิชาการ ส่งบทความเผยแพร่ในหลากหลายกลุ่มย่อย ซึ่งเป็นไปตามปณิธานของวารสาร ที่มุ่งหวังให้เป็นแหล่งความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์และอวกาศ เพื่อร่วมกันในเป็นแรงขับเคลื่อนในการพัฒนาประเทศในอีกทางหนึ่ง

ทั้งนี้ทางวารสารใคร่ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณา กลั่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัย บทความวิชาการ เพื่อความสมบูรณ์ และประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการ และขอขอบคุณผู้วิจัยที่ร่วมสร้างสรรค์ผลงาน เพื่อร่วมกันพัฒนาทั้งในมิติของการศึกษา งานวิจัย และสังคม

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง — บรรณาธิการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
2. รองศาสตราจารย์ ดร.วิลาวรรณ์ คำหาญ — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
4. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
6. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์ — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
7. ผู้ช่วยศาสตราจารย์อร่าม ชนะโชติ — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
8. ผู้ช่วยศาสตราจารย์รณกฤต รัตนมาลา — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
9. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรากรณ์ แก้วขาว — กรรมการ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
10. อาจารย์ณัฏฐพงษ์ สายพิณ — กรรมการ
มหาวิทยาลัยแม่โจ้
11. อาจารย์ศราวุฒิ ชูโลก — กรรมการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา
12. ดร.ปรารถนา มินเสน — กรรมการและเลขานุการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
13. รองศาสตราจารย์ ดร.พัดตาวัน นาใจแก้ว — กรรมการและผู้ช่วยเลขานุการ
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รองศาสตราจารย์ บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
รองศาสตราจารย์ ดร.ธนา ยีรัมย์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิเศษ ตู้กลาง
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุบลราชธานี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชีวะ ทัศนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ภาคภูมิ รัตน์จิรานุกูล
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิชนี มัธยม
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุรชัย อำนวยพรเลิศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรากรณ์ แก้วขาว
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ผู้ช่วยศาสตราจารย์อร่าม ชนะโชติ
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์บุณยกฤต รัตนพันธุ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์วิจิตร ฤทธิธรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ผู้ช่วยศาสตราจารย์รณกฤต รัตนมาลา
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ธนวัฒน์ รังสูงเนิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ดร.นุวัติ พิมพะบุตร
มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย
อาจารย์ตอริก เฮ็งปิยา
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

กองบรรณาธิการ ก

สารบัญ ง

บทความวิชาการ

การจำแนกประเภทข่าวปลอมตามหมวดหมู่ทางวิทยาศาสตร์ในช่วงปี 2565 1
สุภัทร สายรัตนอินทร์

บทความวิจัย

การศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP–50b 7
เบญจวรรณ บุ้งกระโทก พัฒนพงษ์ จำรัสประเสริฐ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม ดวงสุดา โชคเฉลิมวงศ์ และ แววดาว ดาทอง

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปต่อความแข็งแรงของจานใบหูกวาง 19
กฤษฎา บุญชม ปริยาพร กองคำ ไกรสร เราเท่า และ อรรถพล วงค์ตั้ง

การคำนวณหาความเร็ว และการกระจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ 30
ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกขึ้นอยู่กับเวลาที่สั่นในแกน y
ปิยรัตน์ มูลศรี ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ และ อาทิตย์ หู้เต็ม

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม 40
นิรุธ ล้ำเลิศ และ วริษา ปานเจริญ

การศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลและความหนาของเนื้อตาลที่เหมาะสมต่อการอบแห้ง 49
วริษา ปานเจริญ และ นิรุธ ล้ำเลิศ

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V415 Vir 59
สุภาณี ใหม่จันทร์ดี ตอริก เฮ็งปิยา และ วริษา ปานเจริญ

การศึกษาพฤติกรรมของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมเสมือน 66
ภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร
อาทิตย์ หู้เต็ม และ ณัฐณิชา มะสูงเนิน

แบบจำลองแรกของระบบดาวคู่ V415 Virginis 78
กฤษฎา บุญชม ตอริก เฮ็งปิยา และ วิระภรณ์ ไหมทอง

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี 84
สมกรณ์ ชัยวรากรณ์ และ กฤษฎา บุญชม

Received: September 7, 2022 Revised: September 24, 2022
Accepted: October 10, 2022 Published: November 21, 2022

การจำแนกประเภทข่าวปลอมตามหมวดหมู่ทางวิทยาศาสตร์ในช่วงปี 2565

Fake News Classification According to Science Topics During 2022

สุภัทร สายรัตนอินทร์[1*]
Supat Sairattanain[1]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏศรีสะเกษ
[*] supat.s@sskru.ac.th

บทคัดย่อ

บทความนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอวิธีการใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์เบื้องต้นได้แก่การจำแนกประเภทมาใช้ในการแยกแยะข่าวปลอม โดยการแยกแยะข้อมูลข่าวปลอมโดยแยกให้เห็นหมวดหมู่ที่ตรงกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ในด้านฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก ผู้เขียนเลือกชุดข้อมูลที่จะใช้เป็นตัวอย่างการวิเคราะห์จากเว็บไซด์ของรัฐคือศูนย์ต่อต้านข่าวปลอมประเทศไทยมาใช้เป็นชุดข้อมูลที่ได้รับการพิสูจน์มาแล้วว่าเป็นข่าวปลอมจากกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม เพื่อจำแนกหัวข้อข่าวปลอมที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกซึ่งผลที่ได้พบว่า ข่าวปลอมนั้นมีส่วนที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์อยู่มาก เช่นในช่วงของการระบาดของโควิด 19 ระลอกที่สี่ในช่วงปี 2564 มีข่าวปลอมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์สุขภาพถึง 208 ข่าว และในปี 2565 ตั้งแต่มกราคมถึงสิงหาคม ก็มีข่าวปลอมที่มีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ภายใต้หัวข้อฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยาและวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลกจำนวน 362 ข่าว ผู้เขียนมีข้อเสนอแนะให้ผู้สอนใช้การวิเคราะห์ดังกล่าวเป็นแนวทางฝึกฝนผู้เรียนให้สามารถมีจิตวิทยาศาสตร์ด้วยการมีทักษะการจำแนกประเภท เพื่อให้ผู้เรียนใช้ชีวิตอย่างเท่าทันสื่อได้ในโลกที่เต็มไปด้วยสื่อที่หลากหลาย

คำสำคัญ: การจำแนกประเภท, ข่าวปลอม, ทักษะวิทยาศาสตร์

Abstract

This article aims to present how to use basic scientific skills, namely data classification, to distinguish fake news. Classifying fake news related to science content in physics, chemistry, biology and earth science. The authors chose a dataset to be used as an analysis sample from a government website called Thailand Anti-Fake News Center or as a proven news dataset from Ministry of Digital Economy and Society. The fake news headlines were classified to physics, chemistry, biology and earth sciences, the results showed that Fake news has a lot to do with science content. For example, during the fourth wave of the COVID-19 pandemic in 2021, there were 208 fake news related to health science. In 2022, from January to August,

362 fake news stories related to science under the topics of Physics, Chemistry, Biology and Earth Sciences were found. This information might be useful for promoting scientific skills in categorizing data for learners to live their lives appropriately in this current media world.

Keywords: classifying, fake news, scientific skills

บทนำ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งต่อมนุษย์ทั้งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เนื่องจากวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับวิถีชีวิตผู้คนไม่ว่าจะเป็นการใช้ชีวิตประจำวัน เช่น การวางแผนการเดินทางเมื่อเกิดภัยพิบัติ การเลือกรับประทานอาหารที่มีโภชนาการเหมาะสม หรือเพื่อรักษาสุขภาพ การเลือกซื้อสินค้าหรือบริการที่เหมะสมกับอายุและทุนทรัพย์ การเลือกลงทุนในรูปแบบต่าง ๆ รวมถึงการแยกแยะข้อเท็จจริงจากข้อมูลข่าวสารในปัจจุบัน

การตรวจสอบข้อเท็จจริง หรือ Fact-Checking เป็นหนึ่งในนวัตกรรมที่พัฒนาขึ้นมารับมือกับข่าวปลอมในสื่อสังคมออนไลน์ ซึ่งกลายเป็นประเด็นที่ถูกพูดถึงกันอย่างแพร่หลาย ตั้งแต่เหตุการณ์การเลือกตั้งประธานาธิบดีสหรัฐอเมริกาในปี 2016 เมื่อสื่อสังคมออนไลน์ เช่น ทวิตเตอร์ และ เฟซบุ๊ก ถูกมองว่าเป็นช่องทางแพร่กระจายหลักของข่าวสาร โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อประเมินข้อมูลข่าวสารต่าง ๆ ว่าเป็นข้อเท็จจริงหรือไม (จิรนันท์ หาญธำรงวิทย์ และคณะ, 2565)

งานวิจัยในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยหลายชิ้นที่มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อเปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ผ่านการเชื่อมโยงความรู้เก่าและความรู้ใหม่ อาทิ งานวิจัยเรื่องการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องระบบสุริยะผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้เกม ซึ่งนักวิจัยคือ จุฬาลักษณ์ สนเกื้อกูล และ เมษา นวลศรี (2565) แสดงให้เห็นความพยายามสร้างเจตคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ผ่านการลงมือปฏิบัติ ซึ่งสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจจนนำไปสู่แรงจูงใจทางบวกที่ส่งผลต่อการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยวิธีการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ของ เกียรติศักดิ์ รักษาพล และ ธนกร แย้มประพาย (2563) แสดงให้เห็นถึงความพยายามในการพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการที่ทำให้ผู้เรียนได้มีส่วนร่วมเช่นกัน ผลที่ได้จากการศึกษาทั้งสองเรื่องนี้เป็นไปในทิศทางเดียวกันว่าครูผู้สอนสามารถปรับรูปแบบกิจกรรมในการพัฒนานักเรียนให้เกิดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้ผลสัมฤทธิ์ที่ดี เมื่อมีการจัดกระบวนการเรียนการสอนโดยเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วม

ตัวอย่างงานวิจัยเบื้องต้นทำให้เห็นว่าการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นควรมีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาความรู้ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนเพื่อเป็นการเตรียมตัวให้พร้อมสำหรับการรับทราบข้อมูลที่มีมากมายในปัจจุบัน สามารถประยุกต์ใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ในการตัดสินใจซึ่งอาจมีผลกระทบต่อสังคม สุขภาพ หรือสิ่งแวดล้อม อันเป็นการผสมผสานระหว่างวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ากับวิถีชีวิตพลเมือง สังคม เศรษฐกิจ ค่านิยมและจริยธรรมผ่านกิจกรรมที่ส่งเสริมการทำงานเป็นกลุ่มและการคิดวิเคราะห์ (ยุภาวดี นุ่นปิ่นปักษ์ และคณะ, 2561)

แนวทางหนึ่งในการสอนนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษานั้นอาจมีการแทรกแนวคิด ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ หรือ Socio-Scientific Issues (SSI) เป็นหัวข้อหรือประเด็นที่มีการโต้เถียงทางสังคม ซึ่งมีองค์ประกอบทางวิทยาศาสตร์ แต่ยังรวมสาขาวิชาและความสนใจอื่น ๆ (การเมือง เศรษฐกิจ จริยธรรม ฯลฯ) เช่น การโคลนนิ่ง การเพาะปลูกพืชที่มีการตัดต่อทางพันธุกรรม ตลอดจนการวิเคราะห์วิจารณ์ข่าวที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพราะประเด็นทางสังคมเหล่านี้เป็นสิ่งที่นักเรียนพบเจอตามสื่อต่าง ๆ อยู่แล้ว การนำประเด็นเหล่านี้มาใช้ในห้องเรียนจะทำให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงสิ่งที่เรียนรู้ในห้องเรียนกับชีวิตจริงได้ ดังที่ ประสาท เนืองเฉลิม (2551) ได้แสดงทัศนะว่าการสอนวิทยาศาสตร์ควรเน้นไปสู่การพัฒนาทักษะที่จำเป็นเพื่อการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ด้วยเหตุนี้ผู้เรียนควรเริ่มฝึกทักษะการจำแนกประเภทข้อมูลต่าง ๆ โดยเริ่มจากการแยกแยะข้อมูลที่ไม่ซับซ้อน โดยให้ครูและนักเรียนร่วมกันกำหนดเกณฑ์ในการจัดจำแนก อาจใช้ความเหมือน หรือความแตกต่าง ในการจัดกลุ่มให้ข้อมูลหรือสิ่งนั้น ๆ อยู่ในกลุ่มที่มีคุณสมบัติบางประการเกี่ยวข้องกัน

ผู้เขียนจึงมีความเห็นว่าการปลูกฝังทักษะวิทยาศาสตร์ว่าด้วยเรื่องการจำแนกข้อมูล การแยกข้อมูลจริงและเท็จออกจากกันเป็นเรื่องจำเป็นต่อการใช้ชีวิตในปัจจุบัน ตามที่นักวิชาการด้านการศึกษาได้กล่าวไว้เบื้องต้นว่าการเรียนรู้ในยุคปัจจุบันควรมีประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตของผู้เรียน เนื่องจากความเชื่อที่ผิดพลาดอาจนำไปสู่อันตรายได้ เช่น ในปัจจุบันประเด็นเรื่องของกัญชาเสรีที่ก่อให้เกิดการบิดเบือนและปลอมแปลงข่าวสารหลายรูปแบบ หากผู้รับสารขาดทักษะการแยกแยะข้อมูลว่าสิ่งใดเป็นข้อเท็จจริง หรือสิ่งใดเป็นข้อคิดเห็นของผู้เขียนข่าว อาจทำให้การบริโภคเปลี่ยนแปลงไปตามข้อมูลบิดเบือนนั้น ๆ จนอาจทำให้เกิดอันตรายต่อร่างกายและชีวิตได้ ในบทความนี้ผู้เขียนได้นำเสนอวิธีการใช้ทักษะทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน โดยการแยกแยะข้อมูลข่าวปลอมตามหมวดหมู่เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก

เนื้อเรื่อง

การแยกแยะข้อมูลข่าวปลอมตามหมวดหมู่เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์

ผู้เขียนใช้ข้อมูลข่าวปลอมจากศูนย์ต่อต้านข่าวปลอม ประเทศไทย (Anti-Fake News Center Thailand) ซึ่งจัดตั้งขึ้นโดยกระทรวงดิจิทัลเพื่อเศรษฐกิจและสังคม ในปี 2562 เพื่อแก้ไขปัญหาข่าวปลอม ที่แพร่กระจายบนโลกออนไลน์ ทำให้เกิดความเข้าใจผิด ความแตกแยก ส่งผลเป็นวงกว้างทั้งทางเศรษฐกิจและสังคม มีหน้าที่ตรวจสอบข้อมูลข่าวสารโดยประสานงานกับหน่วยงานที่เกี่ยวข้องและนำข้อเท็จจริงมาเผยแพร่เพื่อให้ประชาชนได้รับรู้และรับมือกับข้อมูลข่าวสาร ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 ถึง วันที่ 31 สิงหาคม 2565 โดยใช้เกณฑ์จำแนกหมวดหมู่เนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ เป็น 4 ประเด็น ได้แก่ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา และวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก โดยมีรายละเอียดของเกณฑ์การจำแนกดังนี้

1) ฟิสิกส์ เน้นไปที่คุณสมบัติทางกายภาพ เช่น สถานะของสสาร แรง งานและพลังงาน ความร้อน ไฟฟ้า แม่เหล็ก คลื่น แสง เป็นต้น

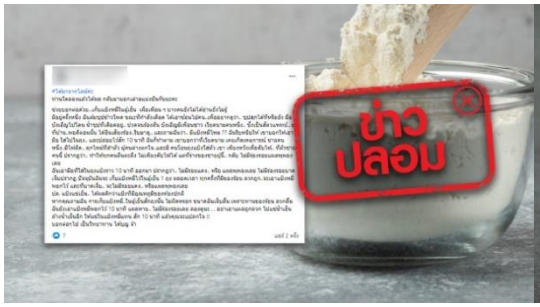
2) เคมี ครอบคลุมเนื้อหาเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมี สารเคมี อะตอม โมเลกุล การออกฤทธิ์ของสาร เช่น ธาตุกัมมันตรังสี สาร สารละลาย ความเป็นกรด-เบส เกลือ เคมีไฟฟ้า น้ำมัน ปุ๋ยเคมี เป็นต้น

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

3) ชีววิทยา เกี่ยวกับระบบการทำงานของสิ่งมีชีวิต ทั้งคน สัตว์ และพืช เช่น ระบบย่อยอาหาร ระบบประสาท การรับรู้ทางร่างกาย รวมถึงเนื้อหาด้านสุขภาพ เช่น วัคซีน โรค พาหะนำโรค ความแข็งแรงของร่างกาย เป็นต้น

4) วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก หมายถึงภัยธรรมชาติต่าง ๆ สามารถแบ่งออกเป็นเนื้อหา 3 ส่วนหลัก ได้แก่ ดาราศาสตร์ เช่น อุกกาบาต ดวงอาทิตย์ รังสีต่าง ๆ จากนอกโลก อุตุนิยมวิทยา เช่น สภาพอากาศ พายุหมุนเขตร้อน ภาวะโลกร้อน และธรณีวิทยา เช่น ภูเขาไฟระเบิด แผ่นดินไหว สึนามิ

จากการสำรวจตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 ถึง วันที่ 31 สิงหาคม 2565 พบข่าวปลอมทั้งหมด 859 ข่าว เป็นข่าวปลอมเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ จำนวน 362 ข่าว (ร้อยละ 42) เป็นข่าวปลอมหัวข้อฟิสิกส์ จำนวน 3 ข่าว (ร้อยละ 1) เช่น “แป้งหมี่ ใช้รักษาแผลไฟไหม้ น้ำร้อนลวกได้” หัวข้อเคมี จำนวน 70 ข่าว (ร้อยละ 19) เช่น “เติมน้ำมันพืชแทนน้ำมันดีเซล ช่วยให้รถยนต์ประหยัดน้ำมันมากขึ้น” หัวข้อชีววิทยา จำนวน 224 ข่าว (ร้อยละ 62) เช่น “มีติ่งเนื้อขึ้นบริเวณคอ แขน ข้อมือ เสี่ยงป่วยเป็นโรคอ้วน โรคเบาหวาน โรคหัวใจ และไขมันในเลือดสูง” หัวข้อวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก จำนวน 65 ข่าว (ร้อยละ 18) เช่น “ท้องฟ้าปิด ฝนตก ลูกเห็บ ทอร์นาโด น้ำท่วม คือสัญญาณเตือนก่อน-หลัง จะเกิดสึนามิ” ตัวอย่างแต่ละหัวข้อดังรูปที่ 1 และจำนวนข่าวปลอมทั้งหมดแสดงรายละเอียดไว้ดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ตัวอย่างข่าวปลอมหัวข้อฟิสิกส์



รูปที่ 2 ตัวอย่างข่าวปลอมหัวข้อเคมี



รูปที่ 3 ตัวอย่างข่าวปลอมหัวข้อชีววิทยา



รูปที่ 4 ตัวอย่างข่าวปลอมหัวข้อวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก

ที่มา: ศูนย์ต่อต้านข่าวปลอม ประเทศไทย

ตารางที่ 1 แสดงจำนวนข่าวปลอมจำแนกตามเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่วันที่ 1 มกราคม 2565 – วันที่ 31 สิงหาคม 2565

เดือน	ฟิสิกส์	เคมี	ชีววิทยา	วิทยาศาสตร์เกี่ยวกับโลก	รวม
มกราคม	1	5	33	2	41
กุมภาพันธ์	1	16	21	3	41
มีนาคม	0	6	18	5	29
เมษายน	0	6	45	3	54
พฤษภาคม	0	9	23	8	40
มิถุนายน	0	8	20	1	29
กรกฎาคม	1	5	45	37	88
สิงหาคม	0	15	19	6	40
รวม	3	70	224	65	362

สรุป

การเชื่อมโยงกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยการฝึกการจำแนกประเภท และการลงความเห็นข้อมูล ให้กับข่าวปลอมจึงน่าจะเป็นแนวทางที่ผู้เรียนจะสามารถนำไปใช้ในการคัดกรองข้อมูลข่าวสารได้ในชีวิตจริง เป็นที่น่าสังเกตว่าข้อมูลที่นำเสนอร้อยละ 42 เป็นประเด็นที่เชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์กับการหลอกลวง เพื่อให้เกิดการเปลี่ยนแปลงพฤติกรรม ด้วยเหตุนี้ผู้เขียนจึงมีความเห็นว่ากิจกรรมดังกล่าวอาจใช้เป็นแนวทางส่งเสริมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Scientific literacy) ได้ไม่มากก็น้อย ประโยชน์ที่ผู้สอนได้คือตัวอย่างกิจกรรมที่มีการเชื่อมโยงข้อมูลที่สามารถใช้ได้ในชีวิตจริงเข้าสู่บทเรียนที่มีเป้าหมายพัฒนาทักษะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเสริมสร้างทักษะการคิดวิเคราะห์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

เกียรติศักดิ์ รักษาพล และธนกร แย้มประพาย. (2563). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 1 ด้วยวิธีการสอนแบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5Es). *วารสารการบริหารนิติบุคคลและนวัตกรรมท้องถิ่น, 6*(6), 199-212.

จิรนันท์ หาญธำรงวิทย์, สันติชัย อาภรณ์ศรี, ธิติมา อุรพีพัฒนพงศ์, อาธิติยา จำปาจันทร์ และณัฐพล ศุภสิทธิ์. (2565). การวิเคราะห์ลักษณะข่าวปลอมที่พบจากหน่วยงานตรวจสอบข้อเท็จจริง เพื่อสะท้อนภาพนิเวศข่าวปลอมของไทย. *วารสารกองทุนพัฒนาสื่อปลอดภัยและสร้างสรรค์, 1*(2), 1-30.

จุฬาลักษณ์ สนเกื้อกูล และเมษา นวลศรี. (2565). การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 เรื่องระบบสุริยะ ผ่านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ หาความรู้ร่วมกับการใช้เกม. *Journal of Modern Learning Development, 7*(7), 59-73.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2551). การสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิด Socioscientific. *วารสารศึกษาศาสตร์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, 2*(3), 99-106.

ยุภาวดี นุ่นปิ่นปักษ์, ชาติไทย แก้วทอง, และจีระพรรณ สุขศรีงาม. (2561). *วารสารวไลยอลงกรณ์ปริทัศน์ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 8*(1), 73-89.

Received: May 31, 2022 Revised: July 15, 2022
Accepted: July 19, 2022 Published: November 21, 2022

การศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP–50b
The study on orbital period and radius of WASP–50b exoplanet

เบญจวรรณ บุ้งกระโทก[1*] พัฒนพงษ์ จำรัสประเสริฐ[2] สมานชาญ จันทร์เอี่ยม[3]
ดวงสุดา โชคเฉลิมวงศ์[4] และ แววดาว ดาทอง[5]
Benchawan Bungkrathok[1*] Pattanapong Jumrusprasert[2] Smanchan Chanaiam[3]
Duangsuda Chokchaloemwong[4] and Waewdao Dathong[5]
[1*] Science Education Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[2] Science Education Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[3] National Astronomical Research Institute of Thailand
[4] Science Education Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[5] Science Education Program, Faculty of Science and Technology, Nakhon Ratchasima Rajabhat University
[*] bennone0107@gmail.com

บทคัดย่อ

การวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b โดยใช้เทคโนโลยีควบคุมการสังเกตการณ์และเก็บรวบรวมข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) จากกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง Corrected Dall–Kirkham Astrograph Telescope ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร เชื่อมต่อกับอุปกรณ์บันทึกภาพซีซีดี (CCD) ใช้แผ่นกรองแสงสีแดง (R) และแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) เก็บข้อมูลในวันที่ 29 ธันวาคม 2562 โดยนำข้อมูลภาพถ่ายที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยเทคนิคโฟโตเมตรีผ่านโปรแกรม AstroImageJ เพื่อให้ได้กราฟแสงและนำค่าพารามิเตอร์มาวิเคราะห์หาค่าลักษณะทางกายภาพของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b พบว่า เมื่อใช้แผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) มีคาบการโคจรประมาณ 1.953 วัน มีรัศมี ประมาณ 1.151 เท่าของรัศมีกาวพฤหัสบดี เมื่อใช้แผ่นกรองแสงสีแดง (R) มีคาบการโคจรเท่ากับ 1.944 วัน และมีรัศมี 1.148 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี ซึ่งเมื่อนำผลการศึกษาในครั้งนี้มาเปรียบเทียบกับข้อมูลของ Gillon และคณะ ที่ได้ทำการค้นพบและมีการศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ไว้เมื่อปี ค.ศ.2011 มีคาบการโคจรเท่ากับ 1.955 วัน และมีรัศมีเท่ากับ 1.153 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี และเมื่อนำผลการวิจัยของผู้วิจัยมาหาค่าความแตกต่างกับผลการศึกษาของ Gillon และคณะ ทั้งคาบการโคจรและรัศมี พบว่าเมื่อใช้แผ่นกรองแสงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) คาบการโคจรมีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 0.102% และรัศมีมีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 0.173% และเมื่อใช้แผ่นกรองแสงสีแดง (R) มีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 0.562% และรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบมีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 0.433%

คำสำคัญ: ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ, โฟโตเมตรี, WASP-50

Abstract

The purpose of this research was to study the orbital period and radius of the WASP-50b exoplanet. Using the photometric method observe and collect data at the Regional Observatory for the Public, Nakhorn Ratchasima from the Corrected Dall–Kirkham Astrograph 0.7 m telescope diameter, connected to a CCD recording device (CCD) using red light filter (R) and visual light filter (V) data collected on 29 December 2019. The photographic data obtained by photometry technique were analyzed using AstroImageJ program to obtain light curves and analyzed the values for the physical characteristics of the WASP-50b exoplanet It was found that when using the visual light filter (V) filter, the orbital period was 1.953 days and the radius was 1.151 R_J. And when using a red-light filter (R), it was found that it had an orbital period of 1.944 days and a radius of 1.148 R_J. The results of this study are compared with those of Gillon et al discovered and studied the physical properties of the exoplanet WASP-50b in 2011. Found that it has an orbital period of 1.955 days and a radius of 1.153 R_J. When applying the research results of the researcher to find the difference with the results of the study of Gillon et al., (2011) both the orbital period and the radius, it was found that when using the visual light filter (V) optical filter, the orbital period had a value the difference was 0.102% and the radius difference was 0.173%, when the red-light filter (R) was used, the difference was 0.562%, and the radius difference was at 0.433%.

Keywords: exoplanet, photometry, WASP-50

บทนำ

ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ (Extrasolarplanet or Exoplanet) เป็นดาวเคราะห์ที่อยู่ในระบบอื่นที่ไม่ใช่ระบบสุริยะและมีการโคจรรอบดาวฤกษ์ดวงอื่นที่ไม่ใช่ดวงอาทิตย์ในระบบสุริยะ (Pichadee, S., 2015) ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะถูกค้นพบและได้รับการยืนยันครั้งแรกเมื่อปี ค.ศ.1992 เป็นการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีการโคจรรอบพัลซาร์ (Pulsar) พบว่ามีดาวเคราะห์ทั้งหมด 3 ดวง ถือว่าเป็นดาวเคราะห์บริวารของพัลซาร์ที่มีชื่อว่า PSR B1257+12 (Wolszczan, A. and Frail, D. A., 1992 Wolszczan, A., 1994 และ Wolszczan, A. et al., 2000) และในปี ค.ศ.1995 ได้มีการค้นพบการโคจรรอบกันระหว่างดาวเคราะห์และดาวฤกษ์เป็นครั้งแรก อาศัยวิธีการวัดความเร็วในแนวเล็ง พบว่ามีดาวเคราะห์ประเภทดาวเคราะห์แก๊สยักษ์ที่มีชื่อว่า 51 Peg b มีคาบการโคจรอยู่ที่ประมาณ 4 วัน โคจรรอบดาวฤกษ์ที่มีชื่อว่า 51 Peg (Mayor, M. and Queloz, D., 1995) หลังจากที่มีการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะตั้งแต่ปี ค.ศ.1995 ทำให้การศึกษาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะเริ่มเป็นหัวข้อที่น่าสนใจในทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการศึกษาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ ได้รับการพัฒนาเป็นอย่างมากจนกลายเป็นหัวข้อที่สำคัญสำหรับนักดาราศาสตร์ ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะได้มีการค้นพบอีกเป็นจำนวนมากและมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ (NASA Exoplanet Archive) ในการค้นพบดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะส่วนใหญ่จะอาศัยวิธีการเคลื่อนที่ผ่านหน้า (Charbonneau, D. et al., 2000 และ Henry, G. W. et al., 2000)

การศึกษาในครั้งนี้ผู้วิจัยได้มีความสนใจที่จะศึกษา ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่มีชื่อว่า WASP-50b เป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่ถูกค้นพบเมื่อปี ค.ศ.2011 โดย Gillon และคณะ ภายใต้โครงการ Wind Angle Search for Planets (WASP) โครงการนี้ได้มีการติดตั้งกล้องทรรศน์แบบหุ่นยนต์อยู่ 2 แห่ง คือ ซีกฟ้าเหนือและซีกฟ้าใต้ ที่มีความสามารถในการส่องท้องฟ้าในมุมกว้าง เพื่อค้นหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ ที่มีการโคจรรอบดาวฤกษ์ โดยจะสังเกตดาวฤกษ์ทุกดวงทั้งซีกฟ้าเหนือและซีกฟ้าใต้ที่มีความส่องสว่างตั้งแต่แมกนิจูด 7-13 การค้นหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะของโครงการนี้อาศัยวิธีการเคลื่อนที่ผ่านหน้า (Pollacco, D. et al., 2006 และ Carneron, A. et al., 2007) WASP-50b ได้ถูกจัดให้เป็นดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะประเภทดาวเคราะห์แก๊สยักษ์ (Gas giant) หรือประเภทดาวพฤหัสบดีร้อน (Hot Jupiter) มีรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะประมาณ 1.4688 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี และมีคาบการโคจรประมาณ 1.955 วัน โดยโคจรผ่านดาวฤกษ์ที่มีชื่อว่า WASP-50 (Gillon, M. et al., 2011 และ Chakrabarty, A., and Sengupta, S., 2019) ซึ่งดาวฤกษ์ WASP-50 ถูกจัดเป็นดาวฤกษ์ประเภท G หรือดาวกฤกษ์ที่มีสีเหลืองประเภทเดียวกันกับดวงอาทิตย์ในระบบสุริยะ ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b เป็นดาวเคราะห์อยู่ทางตอนใต้ของกลุ่มดาวแม่น้ำ (Eirdanus) อยู่ห่างจากระบบสุริยะประมาณ 750 ปีแสง โดยอยู่ห่างจากโลกประมาณ 606 ปีแสง ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ยังคงเป็นเคราะห์บริวารของดาวฤกษ์ WASP-50 เพียงดวงเดียว โดยดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b อยู่ห่างจากดาวฤกษ์ WASP-50 ประมาณ 0.0293 AU. หรือประมาณ 4,395,000 กิโลเมตร (Gillon, M. et al., 2011)

การศึกษาในครังนี้ผู้วิจัยใช้วิธีการเคลื่อนที่ผ่านหน้า และอาศัยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมตรี (CCD Photometry) (Sada, V. P. et al., 2012) ในการเก็บรวบรวมข้อมูล นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AstroImageJ (Collins, A. K., et al. 2017) เพื่อให้ได้ค่าพารามิเตอร์แล้วนำไปคำนวณเพื่อหาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b และนำค่าที่ได้ไปเปรียบเทียบกับข้อมูลของ Gillon และคณะ (2011) เพื่อให้สามารถนำผลการวิจัยไปใช้เป็นแหล่งข้อมูลและฐานความรู้ ที่จะก้าวไปสู่การพัฒนาในด้านดาราศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเลือกดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะและการเก็บข้อมูล

1.1 ทำการเลือกดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b จากเว็บไซต์ http://var2.astro.cz/ETD/ ในการเลือกดาวเคราะห์นอกระบบนั้น ผู้วิจัยได้ทำการเลือกดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะที่อยู่ในตระกูลคาบสั้น เนื่องจากคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะมีผลต่อการถ่ายภาพอย่างต่อเนื่อง และส่งผลไปยังข้อมูลที่ต้องนำมาวิเคราะห์กราฟแสงของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะนั้นด้วย

1.2 ศึกษาจากฐานข้อมูลพบว่า ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b มีคาบการโคจร 1.955095 ซึ่งอยู่ในกลุ่มดาวแม่น้ำ มีพิกัดตำแหน่ง RA:02h 54m 45.14s และ DEC: -10° 53′ 52.93″ และค่าโชติมาตร (Magnitude) 11.55

1.3 ศึกษาช่วงเวลาของการเคลื่อนที่ผ่านหน้าของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b จากฐานข้อมูล ETD-Exoplanet Transit Database โดยที่จะต้องใส่ตำแหน่งละติจูด และลองจิจูดของ

หอดูดาว ที่ใช้ในการสังเกตการณ์และเก็บข้อมูลลงไปในโปรแกรม การทำวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้สังเกตการณ์และเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา ที่ตำแหน่งละติจูด 14 องศา และลองจิจูด 102 องศา โปรแกรมจะแสดงข้อมูลของวันและเวลาของการคลื่อนที่ผ่านหน้าของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b

1.4 ทำการสังเกตการณ์และเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ในวันที่ 29 ธันวาคม 2562 โดยใช้อุปกรณ์ในการสังเกตการณ์ และเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายจากกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสงยี่ห้อ Corrected Dall–Kirkham Astrograph Telescope ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ติดตั้งบนฐานแบบ German Equatorial สามารถควบคุมการทำงานได้จากคอมพิวเตอร์ และการควบคุมผ่านระบบอินเตอร์เน็ต บนตัวกล้องติดตั้ง CCD Camera มีความละเอียดสูงขนาด 9.3 ล้านพิกเซล พร้อมกับการใช้แผ่นกรองแสงสี LRGB และแผ่นกรองแสงชนิด narrow band filter โดยการเก็บรวบรวมข้อมูลภาพถ่ายในครั้งนี้ใช้แผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) และแผ่นกรองแสงสีแดง (R) ได้ข้อมูลภาพถ่ายของแผ่นกรองแสงสีเหลืองทั้งหมด 166 ภาพ และได้ข้อมูลภาพถ่ายของแผ่นกรองแสงสีแดงทั้งหมด 166 ภาพ

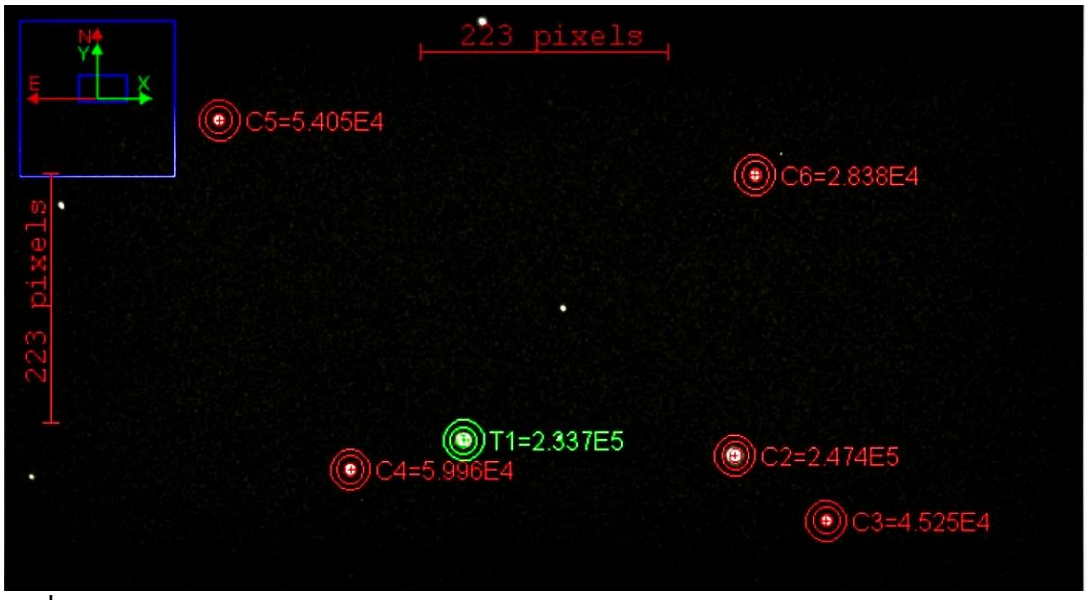
2. ขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลและหาคุณสมบัติทางกายภาพของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ

2.1 นำข้อมูลภาพถ่ายทั้งหมดไปผ่านกระบวนการปรับปรุงภาพถ่ายสู่ค่ามาตรฐาน (Calibration process) เป็นวิธีการนำภาพถ่ายทั้งหมดมาลบสัญญาณรบกวนจาก 3 กรณี คือ สัญญาณรบกวนที่เกิดจากระบบอิเล็กทรอนิกส์ของอุปกรณ์ที่ใช้ในการถ่ายภาพ สัญญาณที่เกิดจากการที่อุณหภูมิของ CCD ซึ่งทำให้ส่งผลต่ออิเล็กตรอนใน CCD Chip เช่น เมื่อ CCD มีอุณหภูมิสูงอิเล็กตรอนจะวิ่งด้วยความเร็วสูง ทำให้มีสัญญาณออกมาจากอิเล็กตรอน ไม่ใช่สัญญาณที่เกิดจากแสงของดาว และสัญญาณที่เกิดจากความไวในการรับสัญญาณ ของหน้า CCD Chip แต่ละพิกเซลมีการตอบสนองไม่เท่ากัน หรือฝุ่นที่เกาะ อยู่บนกระจก เลนส์ ฟิลเตอร์ และซีซีดี โดยทำการกำจัดสัญญาณรบกวนดังกล่าวด้วยโปรแกรม AstroImageJ

2.2 ภาพถ่ายที่ผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวนแล้วจะถูกนำไปทำการวัดแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี ด้วยโปรแกรม AstroImageJ เพื่อสร้างกราฟแสง โดยทำการเลือกดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b และเลือกดาวอ้างอิงทั้งหมด 5 ดวง ซึ่งแสดงข้อมูลดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b และดาวอ้างอิง 5 ดวง

Star	ตำแหน่ง	Right Ascension	Declination	Magnitude
WASP-50b	T1	02h 55m 47.6s	-10° 48′ 30.3″	11.44
Reference star	C2	02h 55m 51.8s	-10° 46′ 32.9″	11.44
Reference star	C3	02h 55m 55.0s	-10° 46′ 05.5″	13.31
Reference star	C4	02h 55m 46.9s	-10° 49′ 26.6″	12.94
Reference star	C5	02h 55m 43.7s	-10° 45′ 27.1″	13.75
Reference star	C6	02h 55m 34.6s	-10° 49′ 14.1″	13.06



รูปที่ 1 แสดงการเลือกตำแหน่งของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b และดาวอ้างอิง 5 ดวง

2.3 สร้างกราฟแสงด้วยโปรมแกรม AstroImageJ จะทำให้ได้กราฟแสงและค่าพารามิเตอร์ของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b นำค่าพารามิเตอร์ที่ได้ไปคำนวณหาระยะเวลาที่ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะเคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์ ดังสมการที่ 1 (Pichadee, S., 2015)

$$\overline{\tau} = t_{IV} - t_I \qquad (1)$$

$\overline{\tau}$ คือ ระยะเวลาที่เคราะห์เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์

t_{IV} คือ เวลาสุดท้ายที่ดาวเคราะห์เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์

t_I คือ เวลาเริ่มต้นที่ดาวเคราะห์เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์

2.4 นำค่าระยะเวลาที่ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์ที่ได้จากการคำนวณในข้อที่ 2.3 มาคำนวณหาคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ ดังสมการที่ 2 (Pichadee, S., 2015)

$$\overline{\tau} = \frac{R_*}{a_p}\frac{P_p}{\pi} \qquad (2)$$

$\overline{\tau}$ คือ ระยะเวลาที่เคราะห์เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์

R_* คือ ค่าของรัศมีของดาวฤกษ์ WASP-50

P_P คือ คาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ

a_P คือ ค่าระยะห่างกึ่งแกนหลักของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ

π คือ มีค่าเท่ากับ 3.14

โดยค่าของรัศมีของดาวฤกษ์ (R*) และค่าระยะห่างกึ่งแกนหลักของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ (ap) มาจากนำข้อมูล Gillon et al. (2011) ซึ่งหน่วยรัศมีของดาวฤกษ์จะบอกเป็นจำนวนเท่าของดวงอาทิตย์ในระบบสุริยะ และหน่วยของค่าระยะห่างกึ่งแกนหลักของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะในหน่วย AU

2.5 คำนวณหาค่ารัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ดังสมการที่ 3 (Pichadee, S., 2015)

$$\delta = \left(\frac{R_p}{R_*}\right)^2 \qquad (3)$$

δ คือ ค่าสเกลความลึกของหลุมจากกราฟแสง

R_P คือ รัศมีของดาวเคราะห์ที่โคจรรอบดาวฤกษ์

R_* คือ รัศมีของดาวฤกษ์

โดยที่ $\left(\frac{R_p}{R_*}\right)^2$ เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสร้างกราฟแสงของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ซึ่งค่ารัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะจะบอกในหน่วยของจำนวนเท่าของดาวพฤหัสบดี

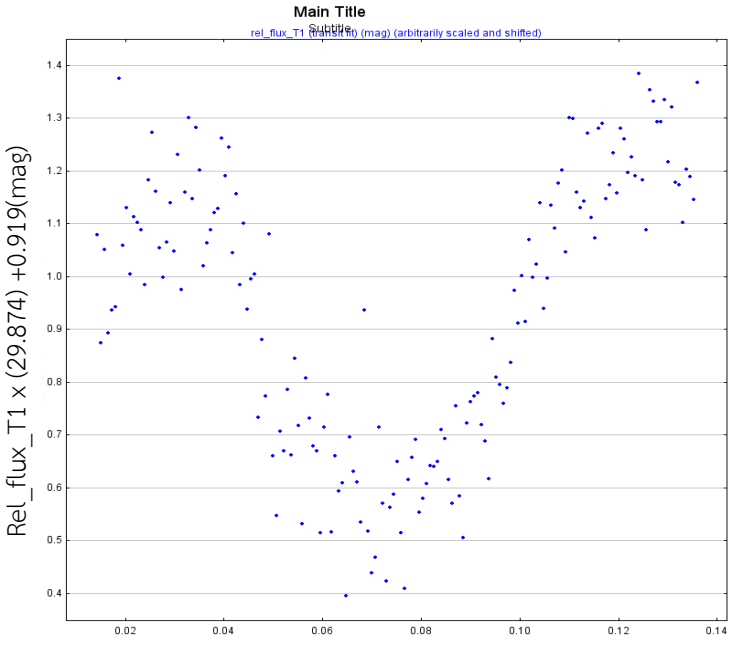
2.6 นำค่าคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b มาคำนวณหาค่าความคลาดเคลื่อน โดยเปรียบเทียบกับข้อมูลของ Gillon และคณะ (2011)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

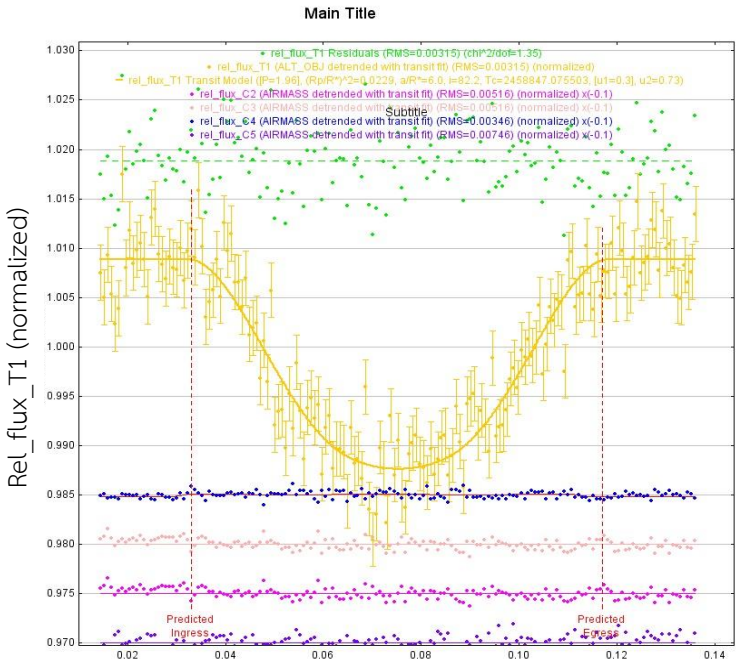
การศึกษาคาบการโคจรและรัศมีดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b โดยอาศัยเทคนิคซีซีดีโฟโตเมตรีในการเก็บข้อมูลและนำภาพมาวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม AstroimageJ เก็บข้อมูลภาพถ่าย วันที่ 29 ธันวาคม 2562 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษานครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์ (องค์การมหาชน) โดยถ่ายภาพด้วยกล้องซีซีดี ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) และสีแดง (R) ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร

ผลการวิจัย

1.กราฟแสงของแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V)

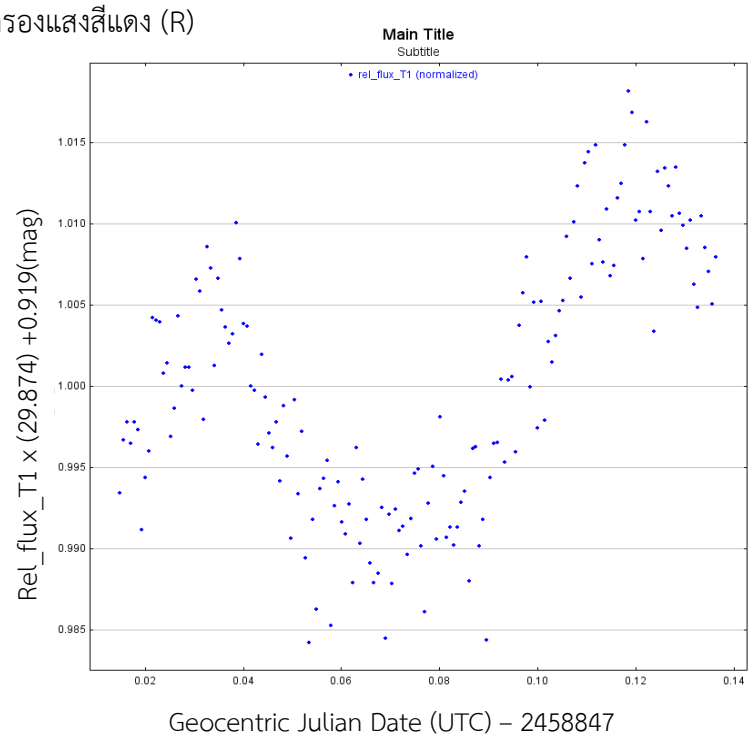


รูปที่ 2 กราฟแสดงการลดลงของแสงดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2562 ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V)

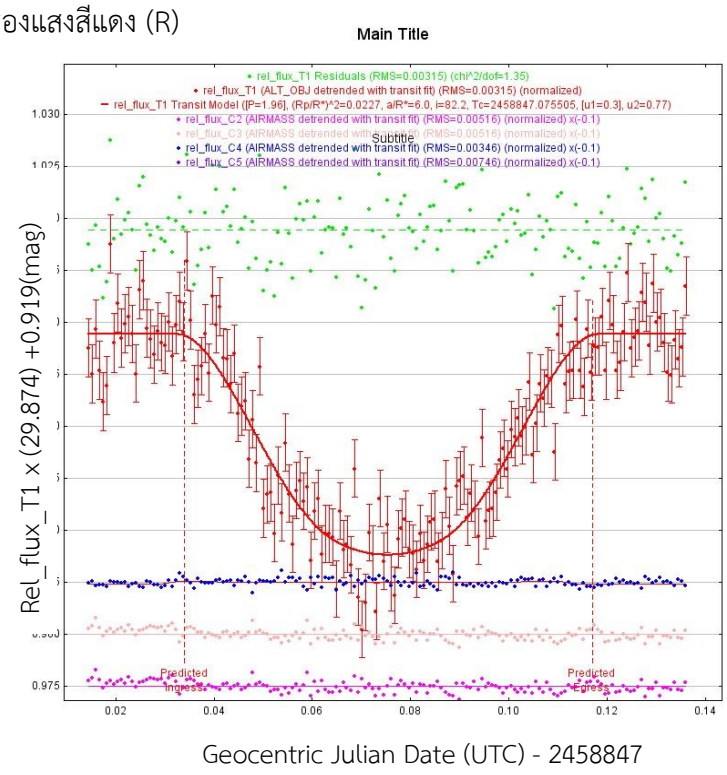


รูปที่ 3 กราฟแสงดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b และดาวอ้างอิง 5 ดวง วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ. 2562 ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V)

2.กราฟแสงของแผ่นกรองแสงสีแดง (R)



รูปที่ 4 กราฟแสดงการลดลงของแสงดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2562 ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง (R)



รูปที่ 5 กราฟแสงดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b และดาวอ้างอิง 5 ดวง วันที่ 29 ธันวาคม พ.ศ.2562 ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง (R)

ตารางที่ 2 ค่าพารามิเตอร์ของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) จากการใช้โปรแกรม AstroImageJ เปรียบเทียบกับข้อมูลของ Gillon และคณะ (2011)

พารามิเตอร์ (หน่วย)	ข้อมูลของ Gillon et al. (2011)	ข้อมูลผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นแสงสีเหลือง (V)	% ความแตกต่าง
$\overline{\tau}$ (s)	-	7,236	-
R* (Rsun)	0.843 ± 0.031	-	-
P_P (day)	1.9550959 ± 0.000005	1.953	0.102
R_P (RJUP)	1.153 ± 0.048	1.151	0.173
a_P (AU)	0.02913 ± 0.00064	-	-
$(R_P/R_*)^2$	0.01970 ± 0.00035	0.0194	-
a_P/R_*	7.51 ± 0.61	7.6461	-

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง(R) จากการใช้โปรแกรม AstroImageJ เปรียบเทียบกับข้อมูลของ Gillon และคณะ (2011)

พารามิเตอร์ (หน่วย)	ข้อมูลของ Gillon et al. (2011)	ข้อมูลผ่านแผ่นกรองแสงความยาวคลื่นแสงสีแดง (R)	% ความแตกต่าง
$\overline{\tau}$ (s)	-	7,200	-
R* (Rsun)	0.843 ± 0.031	-	-
P_P (day)	1.9550959 ± 0.000005	1.944	0.562
R_P (RJUP)	1.153 ± 0.048	1.148	0.433
a_P (AU)	0.02913 ± 0.00064	-	-
$(R_P/R_*)^2$	0.01970 ± 0.00035	0.0193	-
a_P/R_*	7.51 ± 0.61	7.4904	-

อภิปรายผล

การวิเคราะห์คาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b จากการนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการวิเคราะห์กราฟแสงมาคำนวณ พบว่าเมื่อนำค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการใช้แผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) และแผ่นกรองแสงสีแดง (R) มาคำนวณหาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b จากผลการคำนวณพบว่าเมื่อใช้แผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) ดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b มีคาบการโคจรเท่ากับ 1.953 วัน และมีค่ารัศมีเท่ากับ 1.151 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี และเมื่อใช้แผ่นกรองแสงสีแดง (R) พบว่ามีคาบการโคจรเท่ากับ 1.944 วัน และมีค่ารัศมีเท่ากับ 1.148 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี

จากผลการศึกษาที่ผ่านมาของ Gillon และคณะ (2011) ที่ได้มีการค้นพบและศึกษาเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b เมื่อปี ค.ศ.2011 ด้วยวิธีการเคลื่อนที่ผ่านหน้า และ

ได้มีการเผยแพร่ผลงานการค้นพบและผลการศึกษาที่ได้รับการยอมรับ โดยจากข้อมูลผลการศึกษาของ Gillon และคณะ (2011) พบว่าดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะมีคาบการโคจรของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b อยู่ที่ 1.955 วัน และมีรัศมีเท่ากับ 1.153 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี (Gillon, M., et al., 2011) ซึ่งเมื่อนำผลการศึกษาของผู้วิจัยมาเปรียบเทียบกับผลการวิจัยของ Gillon และคณะ (2011) ที่ได้ทำการศึกษาไว้นั้น จะพบว่า คาบการโคจรมีค่าความแตกต่างกันอยู่ที่ 0.102% และ 0.562% ทั้งแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) และแผ่นกรองแสงสีแดง (R) ตามลำดับ และมีค่าความแตกต่างกันของรัศมีอยู่ที่ 0.173% และ 0.433% ทั้งแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) และแผ่นกรองแสง สีแดง (R) ตามลำดับ ซึ่งค่าความแตกต่างกันที่เกิดขึ้นเป็นผลมาจากใช้แผ่นกรองแสงในการถ่ายภาพทั้ง 2 สี ในกล้องถ่ายภาพ CCD ตัวเดียวกัน คือแผ่นกรองแสงสีเหลือง และแผ่นกรองแสงสีแดง ซึ่งส่งผลให้ในระหว่างที่กล้องถ่ายภาพ CCD ทำการเปลี่ยนแผ่นกรองแสงนั้นจำเป็นจะต้องใช้เวลาระดับวินาทีในการเปลี่ยนแผ่นกรองแสง ซึ่งในขณะเดียวกันระบบดาวยังมีการดำเนินการโคจรเหมือนเดิม จึงส่งผลให้มีค่าความคลาดเคลื่อนของค่าพารามิเตอร์ทั้ง 2 แผ่นกรองแสง และยังมีรายงานผลการวิจัยของ Chakrabarty, A. and Sengupta, S. (2019) ดาวฤกษ์ WASP-50 มีค่าความแปรปรวน 0.1% ซึ่งความแปรปรวนนี้เป็นผลมาจากความไม่เสถียรของดาวฤกษ์ เนื่องจากดาวฤกษ์ WASP-50 ยังเป็นดาวแคระซึ่งอยู่ในประเภท G9 (Gillon, M. et al., 2011 และ Chakrabarty, A. and Sengupta, S., 2019)

เมื่อพิจารณาจากกราฟแสงสามารถอธิบายได้ว่า ทั้งแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) และแผ่นกรองแสงสีแดง (R) ดังภาพที่ 3 และ 5 เส้นกราฟความสว่างในช่วงแรกจะยังคงมีค่าความสว่างคงที่จนกระทั่งถึงช่วงหนึ่งเส้นกราฟความสว่างจะมีการค่อยๆลดลงของแสงอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งจะค่อยๆลดลงจากช่วงแรก แล้วมีการลดลงเรื่อย ๆ จนมีการลดลงมากสุดจะอยู่ที่ช่วงกลางของเส้นกราฟ และเส้นกราฟจะค่อยๆเพิ่มขึ้น แล้วกลับมาคงที่เหมือนเดิม กล่าวคือ ในช่วงเริ่มต้นของดาวเคราะห์ที่ยังไม่ได้เคลื่อนที่ผ่านหน้าดาวฤกษ์ กราฟความสว่างที่ได้จะยังคงที่และจะเริ่มลดลงขณะที่ดาวเคราะห์เริ่มมีการเคลื่อนที่มาบดบังในช่วงขอบของดาวฤกษ์จนกระทั่งเมื่อเคลื่อนที่เข้าบดบังบริเวณช่วงกลางของดาวฤกษ์ กราฟที่ได้ จะมีค่าความสว่างของแสงน้อยที่สุด และเมื่อเริ่มมีการเคลื่อนที่ออกจากดาวฤกษ์ กราฟความสว่างจะเริ่มมีค่าความสว่างเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนกระทั่งเมื่อดาวเคราะห์เคลื่อนที่ออกจากการบดบังดาวฤกษ์ กราฟความสว่างของแสงจะกลับมาคงที่เหมือนเดิม ซึ่งเป็นไปตามหลักการของการเคลื่อนที่ผ่านหน้า (Transit Photometry) ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีการตรวจหาดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ (Charbonneau et al., 2000)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b ในวันที่ 29 ธันวาคม 2562 โดยการนำข้อมูลข้อมูลภาพถ่ายดาวมาทำการวัดแสงด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี เพื่อสร้างกราฟแสงจากโปรแกรม AstroImageJ และคำนวณหาคาบและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP-50b พบว่าคาบการโคจรที่คำนวณจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้มาจากการสร้างกราฟแสง ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) มีค่าประมาณ 1.953 วัน และผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงคลื่นสีแดง (R) มีค่าประมาณ 1.944 วัน และรัศมีที่คำนวณจากค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการสร้างกราฟแสง ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) มีค่าประมาณ 1.151 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี และผ่านแผ่นกรองแสงสีแดง (R) มีค่าประมาณ 1.148 เท่าของรัศมีดาวพฤหัสบดี

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความอนุเคราะห์สถานที่ อำนวยการในการเก็บรวบรวมข้อมูล ขอขอบคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ดอกเตอร์พัฒนพงษ์ จำรัสประเสริฐ และนายสมานชาญ จันทร์เอี่ยม ที่ได้ให้คำปรึกษาแนะนำในการศึกษาและวิเคราะห์ข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

Cameron, A. C., Wilson, D. M., West, R. G., Hebb, L., Wang, X. B., Aigrain, S., Bouchy, F., Christian, D. J. W., Clarkson, I., Enoch, B., Esposito, M., Guenther, E., Haswell, C. A., H´ebrard, G., Hellier, C., Horne, K., Irwin, J., Kane, S. R., Loeillet, B., Lister, T. A., Maxted, P., Mayor, M., Moutou, C., Parley, N., Pollacco, D., Pont, F., Queloz, D., Ryans, R., Skillen, I., Street, R. A., Udry, S., and Wheatley, P. J. (2007). Efficient identification of exoplanetary transit candidates from SuperWASP light curves. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society*, 380, 1230-1244.

Chakrabarty, A. and Sengupta, S. (2019). Precise Photometric Transit Follow-up Observations of Five Close-in Exoplanets:Update on Their Physical Properties. *The Astronomical Jouenal*, *158*(39), 1-17.

Charbonneau, D., Brown, T. M., Latham, D. W. and Mayor, M. (2000). Detection of Planetary Transits Across a Sun-like Star. *The Astrophysical Journal,* 529, L45–L48.

Collins, A.K., Kielkopf, F.J., Stassun, G.K. and Hessman, V. F. (2017). AstroImageJ: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astromical light curves. *The Astrophysical Journal*, *153*(77), 1-13.

Gillon, M., Doyle, A. P., Lendl, M., Maxted, P. F. L., Triaud, A. H. M. J., Anderson, D. R., Barros, S. C. C., Bento, J., Collier-Cameron, A., Enoch, B., Faed, I. F., Hellier, C., Jehin, E., Magain, P., Montalbán, J., Pepe, F., Pollacco, D., Queloz, D., Smalley, B., Segransan, D., Smith, A. M. S., Southworth, J., Udry, S., West, R. G. and Wheatley, P. J. (2011). WASP-50 b: a hot Jupiter transiting a moderately active solar-type star. *Astronomy & Astrophysics*, 533, A88, 1-8.

Henry, G. W., Marcy, G. W., Butler, R. P. and Vogt, S. S. (2000). A Transiting "51 Peg–like" Planet. *The Astrophysical Journal*, 529, L41-L44.

Mayor, M. and Queloz, D. (1995). A Jupiter-Mass Companion to a Solar-Type Star. *Nature*, 378, 355-359.

Pichadee, S. (2015). *Photometric Observation and Analysis of Hot Uranus Exoplanet GJ3470b by Transit Method*. Science Education Program: Chiang Mai University. (In Thai)

Pollacco, D. L., Skillen, I., Cameron, C., Christian, D. J., Hellier, C., Irwin, J., Lister, T. A., Street, R. A., West, R. G., Anderson, D. (2006). *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 118, 1407–1418.

Sada, V.P., Dening, D., Jennings, E.D., Jackson,K.B., Hamilton, M.C., Fraine, J., Peterson, W.S., Haase ,F., Bays, K., Lunsford, A. and O'Gorman ,E. (2012). Extrasolar Planet Transits Observed at Kitt Peak National Observatory. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific*, 214, 212-229.

Wolszcan, A. and Frail, D.A. (1992). A planetry system around the millisecond pulsar PSR 1257 +12. *Nature*, 355, 145-147.

Wolszcan, A. (1994). Confirmation of Earth – Mass Planets Orbiting the Millisecond Pulsar PSR 1257 +12. *Science*, *5158* (264), 538-542.

Wolszcan, A., Droshenko, O., Konacki, M., Kramer, M., Jessner, A., Wielebinski, R., Camilo, F., Nice, D. J. and Taylor, J. H. (2000). Timing Observations of Four millisecond Pulsar with The Arecibo and Effelsberg Radiotelescopes. *The Astrophysical Journal*, 528, 907-912.

Received: August 19, 2022 Revised: September 5, 2022
Accepted: September 20, 2022 Published: November 21, 2022

ผลของอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปต่อความแข็งแรงของจานใบหูกวาง
The Influence of Forming Temperature and Time on the Strength of a Tropical Almond Leaf Dish

กฤษฎา บุญชม[1*] ปริยาพร กองคำ[2] ไกรสร เราเท่า[1] และ อรรถพล วงค์ตั้ง[1]
Kritsada Boonchom[1*] Kraisorn Rowtown[2] and Arttapon Wongtung[2]

[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
[2]โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
[*] kritsada_boo@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาการขึ้นรูปต่อความแข็งแรงของจานใบหูกวางที่ผลิตโดยการขึ้นรูปจากเครื่องขึ้นรูปแบบมือกด ภายใต้อุณหภูมิการขึ้นรูปที่ 150, 170 และ 190 องศาเซลเซียส และเวลาในการขึ้นรูปที่ 3 6 และ 9 นาที ผลการศึกษาพบว่าเวลาและอุณหภูมิการขึ้นรูปเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ โดยที่เวลาและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลถึงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์มีค่าลดลงตามความชื้นของผลิตภัณฑ์ที่ลดลง การขึ้นรูปจานที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับจานใบหูกวาง ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงสมบูรณ์ตามแบบและมีความแข็งแรงที่สุด มีค่าความต้านแรงดึง เท่ากับ 0.19±0.05 เมกะปาสคาล เมื่อพิจารณาการผลิตในเชิงพลังงาน พบว่า การขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที จะได้จานใบหูกวางที่มีรูปทรงสมบูรณ์ตามแบบ ประหยัดพลังงานมากที่สุด และมีความแข็งแรงในลำดับที่สอง มีค่าความต้านแรงดึง เท่ากับ 0.15±0.03 เมกะปาสคาล

คำสำคัญ: จานใบหูกวาง, ความต้านแรงดึง, อุณหภูมิ, ความแข็งแรง

Abstract

The objective of this research was study the effect of forming at various temperatures and times on the strength of a tropical almond leaf dish. It was produced by a manual molding machine. The forming conditions were forming temperatures at 150, 170, and 190 °C, and forming times of 3, 6 and 9 minutes. The results showed that forming time and temperature are factors that affect product strength. Forming time and temperature were factors that affect the moisture content of the product. The strength of the product was decreased as the moisture content of the product decreases. Forming dish at 170 °C for 3 minutes was the optimum condition for a tropical almond leaf dish. The product had perfect shape and the

strongest. The tensile stress was 0.19±0.05 MPa. The production was considered in the energy way. It was found that forming at 150 °C for 3 minutes had perfectly shaped, the most energy saving and second-order strength. The tensile strength was 0.15±0.03 MPa.

Keywords: tropical almond leaf dish, tensile stress, temperature, strength

บทนำ

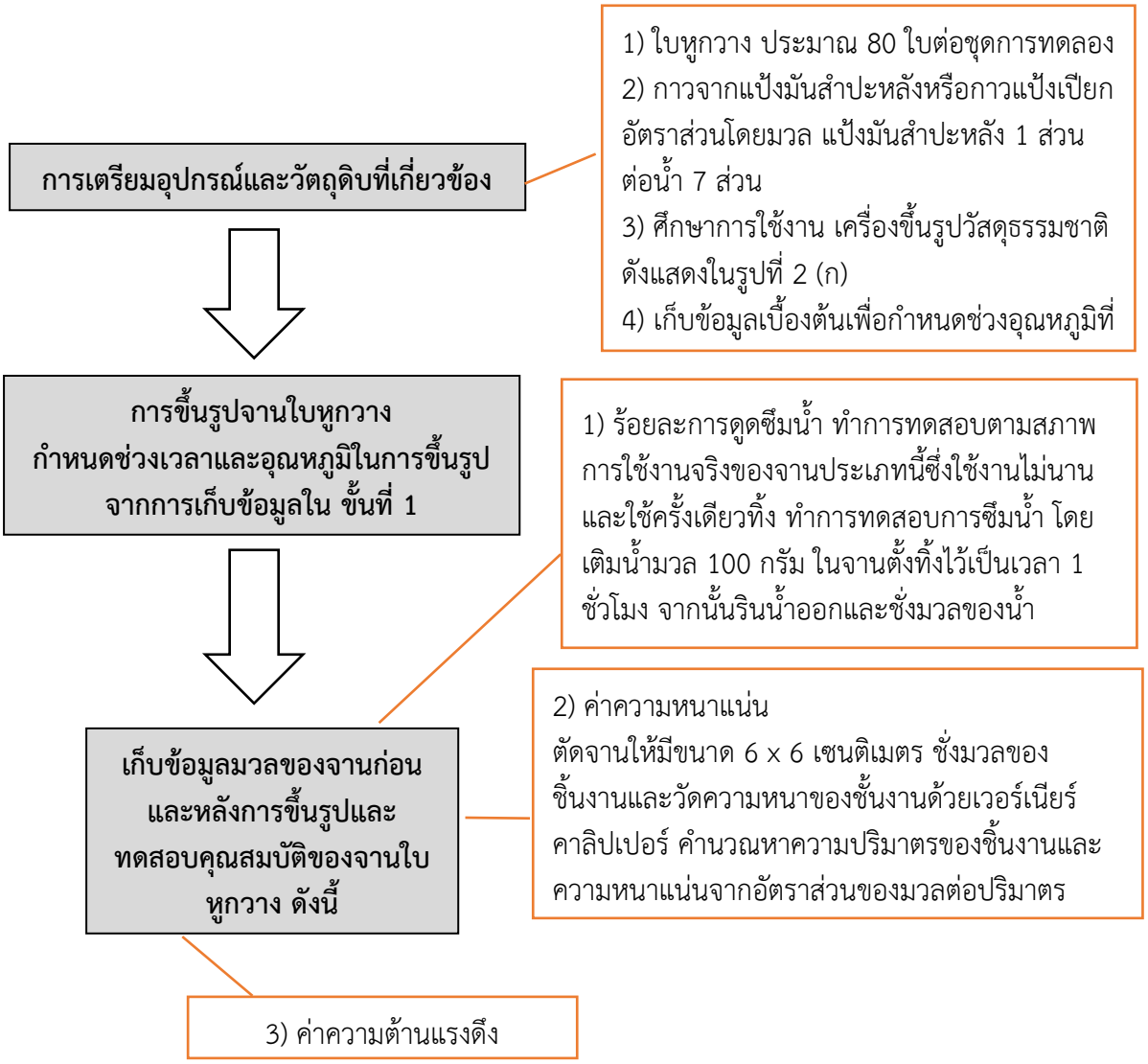
ปัจจุบันปัญหาขยะพลาสติกส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติทั่วโลก โดยพบว่าขยะทะเลมากกว่าร้อยละ 80 เป็นขยะพลาสติก และ ร้อยละ 70 ของขยะพลาสติกมาจากสิ่งของที่ใช้แล้วทิ้ง (Korbelyiova, L. et.al, 2021) หนึ่งในนั้นคือบรรจุภัณฑ์บรรจุอาหาร เช่น ถุงพลาสติก แก้วน้ำพลาสติก จานพลาสติก กล่องพลาสติกบรรจุอาหาร และโฟมใส่อาหาร เป็นต้น ซึ่งจากปัญหาที่เกิดขึ้นได้มีการรณรงค์ให้ใช้บรรจุภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม อาทิ จานกระดาษ กล่องกระดาษ ถุงกระดาษ หลอดกระดาษมากขึ้น และมีการพัฒนาวัสดุจากธรรมชาติที่นำมาใช้เป็นบรรจุภัณฑ์สำหรับอาหาร เช่น จานจากชานอ้อย ถุงไบโอพลาสติก หลอดไบโอพลาสติก หลอดกระดาษ เป็นต้น สำหรับประเทศไทยนั้นวัฒนธรรมการเสิร์ฟอาหารด้วยวัสดุธรรมชาติ อาทิ ใบไม้ กะลา กระบอกไม้ไผ่ เป็นวัฒนธรรมที่มีมายาวนาน ประกอบกับในปัจจุบันมีการศึกษาและผลิตภาชนะบรรจุอาหารเพื่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถวางจำหน่ายได้ทั่วไป โดยแบ่งตามประเภทวัสดุ ได้แก่ ชานอ้อย กาบหมาก แป้งมันสำปะหลัง และพลาสติกชีวภาพ (คณิต อยู่สมบูรณ์ และคณะ , 2558) การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ โดยใช้เยื่อกระดาษชานอ้อย ซึ่งเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากโรงงานน้ำตาลนำมาผสมกับน้ำได้เป็นวัสดุในการขึ้นรูปภาชนะ 2 ชนิด คือ จานขนาด 6 นิ้ว และชามขนาด 4 นิ้ว (นพดล จันทรลักษณ์ และสมนึก วัฒนศรียกุล, 2555) การออกแบบและสร้างเครื่องอัดขึ้นรูปบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากระบบนิวเมติกส์ไฟฟ้า ซึ่งมีระบบควบคุมการทำงานแบบอัตโนมัติ สำหรับควบคุมอุณหภูมิของแม่พิมพ์ สำหรับการผลิตบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมาก 3 ประเภท คือ จานสี่เหลี่ยม ขนาด 7 นิ้ว จานกลม ขนาด 7 นิ้วและถ้วยขนาด 7 นิ้ว (สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และธมยันตี ประยูรพันธ์, 2563) และการออกแบบและพัฒนาเครื่องทำแผ่นใบหมากซึ่งใช้พลังงานแบบใช้เท้าเหยียบ (Poudel, K., 2022) เป็นต้น และในประเทศอินเดีย รัฐบาลอินเดียได้ให้ความสำคัญในการใช้จานใบไม้แทนจานพลาสติกและมองเห็นศักยภาพมหาศาลในตลาดต่างประเทศ จึงมีการกำหนดแนวทางที่ให้หน่วยงานทางการศึกษาได้ร่วมกันศึกษาวิจัยในการพัฒนาคุณภาพและการออกแบบจานใบไม้และเครื่องอัดขึ้นรูป ซึ่งผลการดำเนินยังสามารถกระตุ้นให้ผู้เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อม (Jyothi, A., 2019) ทั้งนี้ผู้วิจัยมีความสนใจในแนวคิดของประเทศอินเดีย ที่จะให้ภาคส่วนทางการศึกษาได้กระตุ้นให้ผู้เกี่ยวข้องได้ตระหนักถึงปัญหาสิ่งแวดล้อมและศึกษาวิจัยในพัฒนาคุณภาพและการออกแบบจานใบไม้ จึงได้เกิดแนวคิดที่จะศึกษาปัจจัยที่เกี่ยวข้องของสภาวะการขึ้นรูป ที่ส่งผลกับความแข็งแรงของภาชนะจากเส้นใยธรรมชาติ ซึ่งจะเป็นแนวคิดเริ่มต้น สำหรับเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในโรงเรียน ในการผลิตจานจากใบไม้ชนิดต่าง ๆ ในสภาวะการขึ้นรูปที่หลากหลาย ปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของจาน โดยคณะผู้วิจัยได้เลือกใบของต้นหูกวาง (tropical almond หรือ India almond) เนื่องจากเป็นพืชที่มีการปลูกอยู่ทั่วไป มีจำนวนใบหนาแน่นและเป็นใบไม้ที่มีพื้นที่ใบขนาดใหญ่ มีลักษณะใบคล้ายกับใบสัก (Teak leaf) ซึ่งเป็นใบไม้ที่นำมาใช้บรรจุอาหารตั้งแต่โบราณ จากงานวิจัยของ Martinus และคณะ ได้ผลิตจานใบสักจากเครื่องอัดจานที่พัฒนาขึ้นให้มีระบบควบคุมอุณหภูมิทั้งด้านบนและด้านล่าง

ของแม่พิมพ์และได้ทดสอบแรงดึงที่ทำให้ชิ้นงานเกิดความเสียหาย พบว่ามีค่าแรงดึงเฉลี่ย 29.3 นิวตัน (Martinus, H. A. et.al, 2021) จากแง่คิดดังกล่าวปัจจัยหนึ่งที่เกี่ยวข้องกับสภาวะการขึ้นรูปของภาชนะจากใบไม้ก็คืออุณหภูมิ จึงนำไปสู่การศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาต่อความแข็งแรงของภาชนะจากใบหูกวาง

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปกับความแข็งแรงของจานใบหูกวาง

วิธีดำเนินการวิจัย



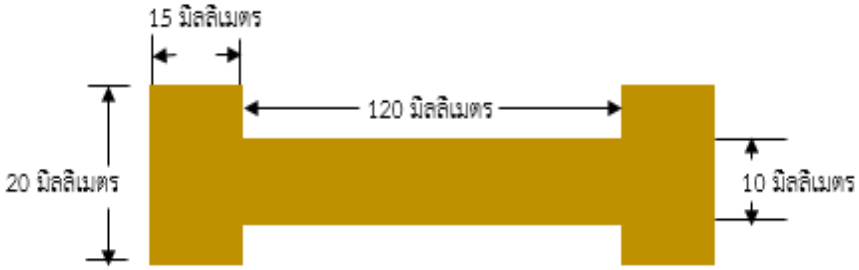
รูปที่ 1 แผนภาพแสดงขั้นตอนการดำเนินงาน

ค่าความต้านแรงดึง (tensile stress) เป็นค่าที่แสดงถึงความแข็งแรงของวัสดุ โดยการวัดค่าแรงดึงสูงสุดต่อพื้นที่ของชิ้นงานที่สามารถต้านทานได้ก่อนที่จะขาด ภายใต้สถานการณ์ทดสอบที่กำหนด มีหน่วยเป็น N/mm^2 หรือ MPa ค่าความต้านแรงดึงถูกทดสอบโดยเครื่อง Universal Tensile Machine (UTM) model ITK-1065A ของ BEMACS (BMC) ดังรูปที่ 2 (ข) การทดสอบความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์จานใบไม้ดำเนินการตามแนวทางของ ASTM (American Society for Testing and Materials) ของการทดสอบการยืดของกระดาษและผลิตภัณฑ์กระดาษ (ASTM D638) ตามรายงานวิจัยของ Venkatesan และ Bhaskar (2020) การกำหนดรูปร่างและขนาดของกระดาษ แสดงในรูปที่ 3 ซึ่งรูปตัวอย่างชิ้นงานของจานใบไม้ก่อนทำการทดสอบและหลังจากทำการทดสอบความต้านแรงดึง แสดงดังรูปที่ 4

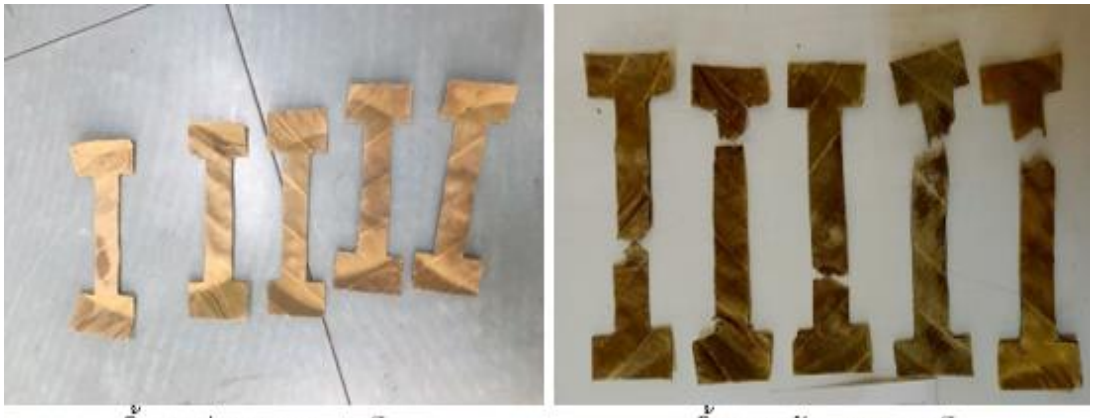


(ก) (ข)

รูปที่ 2 (ก) เครื่องขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติ (ข) เครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุ



รูปที่ 3 ขนาดของชิ้นงานในการทดสอบความต้านแรงดึง



รูปที่ 4 ตัวอย่างชิ้นงานของจานใบไม้ก่อนการทดสอบแความต้านแรงดึงและหลังจากทำการทดสอบความต้านแรงดึง

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาเบื้องต้นเกี่ยวกับการใช้เครื่องขึ้นรูปวัสดุธรรมชาติ กระบวนการขึ้นรูปและช่วงอุณหภูมิที่ศึกษา พบว่าช่วงเวลาที่ทำเครื่องขึ้นรูปได้รับพลังงานความร้อนจนถึงอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จะใช้เวลา 20 นาที ถึงที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 28 นาที และถึงที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 33 นาที ช่วงอุณหภูมิที่สามารถขึ้นรูปใบหูกวางให้ติดกันเป็นลักษณะจานตามแบบได้ คือ 150 – 200 องศาเซลเซียส หากอุณหภูมิเกินกว่า 200 องศาเซลเซียส จานจะกรอบมากและแตกหักง่าย จึงกำหนดช่วงอุณหภูมิการศึกษาเป็น 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส การขึ้นรูปไม่ควรใช้เวลาเกิน 10 นาที เพราะจะทำให้จานกรอบมากและแตกหักง่าย จึงกำหนดช่วงเวลาศึกษาสำหรับการขึ้นรูปในแต่ละอุณหภูมิเป็น 3 นาที 6 นาที และ 9 นาที โดยการขึ้นรูปจานใบหูกวาง 1 ใบ จะใช้ใบหูกวาง 3 – 5 ใบ เนื่องจากการใช้ใบจำนวนที่มากเกินไปจะส่งผลถึงคุณภาพของจานที่ออกมา อาจมีบางส่วนที่ไม่ติดกัน ทำให้หลังจากการอัดไม่ได้จานตามแบบแม่พิมพ์และการเลือกใบหูกวางจะเลือกใบสดหากใบหูกวางเริ่มมีสีแดงมักจะมีจุดแห้งในใบเมื่อนำมาอัดขึ้นรูปอาจทำให้มีจุดรั่วได้

ตัวอย่างจานใบหูกวางหลังการขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปต่าง ๆ แสดงในรูปที่ 5 โดยจานใบไม้ที่ถูกอัดขึ้นรูปจากแม่พิมพ์ของเครื่อง จะได้จานที่มีรูปร่างเป็นจานวงกลมที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางขอบบน 14 เซนติเมตร และเส้นผ่านศูนย์กลางขอบล่าง 11 เซนติเมตร ลึก 2 เซนติเมตร และขอบจาน กว้าง 1.5 เซนติเมตร โดยค่ามวลเฉลี่ยก่อนการขึ้นรูปเท่ากับ 51.01 ± 6.45 กรัม และค่ามวลเฉลี่ยหลังการขึ้นรูปเท่ากับ 21.63 ± 6.61 กรัม และผลการค่าร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ยที่อุณหภูมิและเวลาการขึ้นรูปต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 1



รูปที่ 5 ตัวอย่างจานใบหูกวางที่ขึ้นรูปที่อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปต่าง ๆ
หมายเหตุ: ตัวเลขใต้ภาพคือ อุณหภูมิของการขึ้นรูป (องศาเซลเซียส) / เวลาในการขึ้นรูป (นาที)

ตารางที่ 1 ร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ยที่อุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูป

อุณหภูมิการขึ้นรูป (องศาเซลเซียส)	ร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ย (ร้อยละ)		
	ขึ้นรูป 3 นาที	ขึ้นรูป 6 นาที	ขึ้นรูป 9 นาที
150	41.72±6.07	74.56±3.88	82.85±1.01
170	47.71±6.26	64.12±2.85	71.21±3.18
190	51.40±4.69	69.10±3.40	76.16±2.49

ตารางที่ 1 พิจารณาข้อมูลในแนวนอนที่อุณหภูมิการขึ้นรูป 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส พบว่าร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ย มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจนในทุกอุณหภูมิการขึ้นรูป ถ้าพิจารณาในแนวตั้งกรณีเวลาการขึ้นรูปคงที่แต่อุณหภูมิการขึ้นรูปเพิ่มขึ้น พบว่าลักษณะแนวโน้มที่เกิดขึ้นที่เวลาการขึ้นรูป 3 นาที มีแนวโน้มเพิ่มตามอุณหภูมิการขึ้นรูปที่เพิ่มขึ้น แต่ที่เวลาการขึ้นรูป 6 นาที และ 9 นาที มีแนวโน้มมีลักษณะเดียวกันคือ ร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ยลดลงที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียสและร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ยกลับเพิ่มขึ้น ที่อุณหภูมิ 190 องศาเซลเซียส ซึ่งเป็นลักษณะของโพลิโนเมียล ลำดับที่ 2 ดังนั้นทั้งเวลาในการขึ้นรูปและอุณหภูมิการขึ้นรูป เป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อร้อยละของมวลที่หายไปเฉลี่ย ซึ่งการเพิ่มอุณหภูมิการ

ขึ้นรูปและเวลาการขึ้นรูป จะทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับความร้อนเพิ่มขึ้น ได้รับความร้อนนานขึ้น ทำให้มวลน้ำและมวลของสสารอื่น ๆ ที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ระเหยออกมา ส่งผลอย่างไรต่อผลิตภัณฑ์ แสดงในตารางที่ 2 3 และ 4

ตารางที่ 2 ความหนาแน่นเฉลี่ยของจานใบไม้ ที่อุณภูมิและเวลาการขึ้นรูป

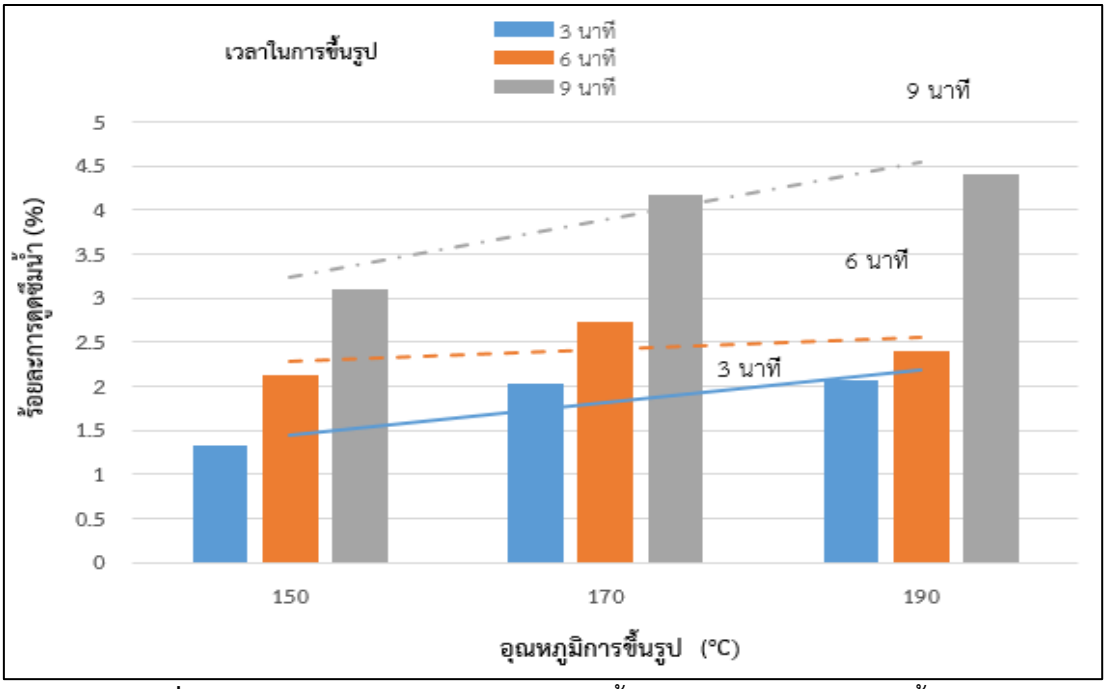
อุณหภูมิการขึ้นรูป (องศาเซลเซียส)	ขึ้นรูป 3 นาที	ขึ้นรูป 6 นาที	ขึ้นรูป 9 นาที
	ความหนาแน่นเฉลี่ย (กรัม/ลูกบาศก์เซนติเมตร)		
150	0.25±0.04	0.23±0.01	0.23±0.02
170	0.21±0.05	0.19±0.02	0.20±0.04
190	0.21±0.05	0.20±0.03	0.18±0.01

ตารางที่ 2 แสดงค่าความหนาแน่นของจานใบไม้ในแต่ละสภาวะของการขึ้นรูป จะเห็นได้ว่ามีค่าใกล้เคียงกัน โดยมีค่าความหนาแน่น 0.18 – 0.25 กรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Yaning Zhang และคณะ (2012) เมื่อนำมาพิจารณาในลักษณะของแนวโน้ม พบว่าค่าความหนาแน่นในแต่ละอุณหภูมิขึ้นรูปมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการขึ้นรูปที่นานขึ้น และเมื่อพิจารณาที่เวลาในการขึ้นรูปที่คงที่พบว่าค่าความหนาแน่นมีแนวโน้มลดลงตามอุณหภูมิการขึ้นรูปที่สูงขึ้น แสดงให้เห็นว่าอุณหภูมิการขึ้นรูปและเวลาการขึ้นรูปส่งผลต่อค่าความหาแน่นของจานใบไม้

ตารางที่ 3 ร้อยละการดูดซึมน้ำเฉลี่ยที่อุณภูมิและเวลาการขึ้นรูปต่าง ๆ

อุณหภูมิการขึ้นรูป (องศาเซลเซียส)	ร้อยละการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของจานใบไม้		
	ขึ้นรูป 3 นาที	ขึ้นรูป 6 นาที	ขึ้นรูป 9 นาที
150	1.33±0.09	2.13±0.07	3.10±0.21
170	2.03±0.09	2.73±0.20	4.17±0.09
190	2.07±0.07	2.40±0.21	4.40±0.21

ตารางที่ 3 แสดงร้อยละการดูดซึมน้ำเฉลี่ยของจานใบหูกวางที่ขึ้นรูปด้วยอุณหภูมิ 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส จะเห็นได้ว่าร้อยละของการดูดกลืนน้ำมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามอุณหภูมิและเวลาของการขึ้นรูป ดังแสดงเป็นแผนภูมิและเส้นแนวโน้ม ในรูปที่ 6 เนื่องจากเวลาในการขึ้นรูปที่มากขึ้นจะทำให้จานใบไม้มีความแห้งมากขึ้น ทำให้สามารถดูดซึมน้ำได้มากขึ้น ซึ่งเป็นคุณสมบัติของวัสดุที่มีความพรุนและเป็นผลมาจากพื้นผิวของผลิตภัณฑ์ที่โก่งงอทำให้มีช่องว่างระหว่างพื้นผิวของผลิตภัณฑ์



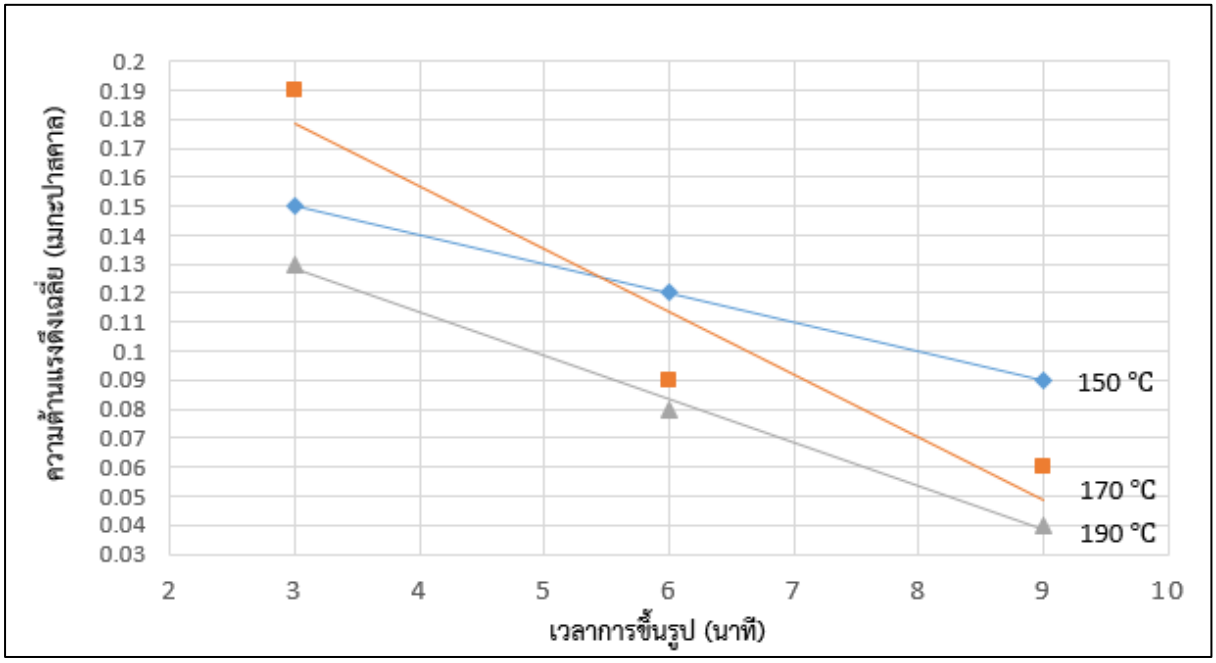
รูปที่ 6 แสดงแนวโน้มของร้อยละการดูดซึมน้ำกับเวลาและอุณหภูมิการขึ้นรูป

ค่าแรงดึงสูงสุดเฉลี่ยและค่าความต้านแรงดึงหรือแรงดึงสูงสุดต่อพื้นที่ (N/mm^2 หรือ MPa) ที่อุณหภูมิและเวลาการขึ้นต่าง ๆ แสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าแรงดึงสูงสุดเฉลี่ยและแรงดึงสูงสุดต่อพื้นที่ที่อุณหภูมิและเวลาการขึ้นต่าง ๆ

อุณหภูมิการขึ้นรูป (องศาเซลเซียส)	เวลาการขึ้นรูป (นาที)	แรงดึงสูงสุดเฉลี่ย (นิวตัน)	ความต้านแรงดึงเฉลี่ย (เมกะปาสคาล)
150	3	84.34±24.52	0.15±0.03
	6	82.87±19.12	0.12±0.02
	9	79.68±37.02	0.09±0.04
170	3	133.86±16.60	0.19±0.05
	6	79.68±30.23	0.09±0.03
	9	34.49±17.59	0.06±0.01
190	3	57.53±15.88	0.13±0.03
	6	46.09±9.66	0.08±0.02
	9	32.69±0.71	0.04±0.02

ผลจากการทดสอบความแข็งแรงจากจานใบหูกวาง โดยการพิจารณาค่าความต้านแรงดึงในรูปแรงดึงสูงสุดต่อพื้นที่ จากเครื่องทดสอบแรงดึงวัสดุ ในตารางที่ 4 มีค่าที่ใกล้เคียงกับงานวิจัยของ S. Soloi และ E. K. Z. Hou ที่พัฒนาการผลิตกระดาษจากใบปาล์มน้ำมัน โดยมีค่าความต้านแรงดึงอยู่ในช่วง 0.05 – 0.19 MPa (Soloi, S. and Hou, E.K.Z., 2019) ซึ่งการพัฒนาดังกล่าวก็เป็นแนวคิดเดียวกันในการนำวัสดุเหลือทิ้งมาใช้ประโยชน์



รูปที่ 7 ความสัมพันธ์ของความต้านแรงดึงกับเวลาในการขึ้นรูปที่อุณหภูมิขึ้นรูป 150 170 และ 190 องศาเซลเซียส

ทั้งนี้ในทุก ๆ อุณหภูมิการขึ้นรูปที่เวลา 3 นาที ผลิตภัณฑ์จะมีความแข็งแรงมากที่สุด และมีแนวโน้มลดลงตามเวลาการขึ้นรูปที่มากขึ้น ดังแสดงในรูปที่ 7 ทั้งนี้ ผลของการใช้เวลาการขึ้นรูปที่นานขึ้นส่งผลให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง ซึ่งผลการทดลองที่เกิดขึ้นสอดคล้องกับงานวิจัยของ X. Mou และคณะ ที่ความต้านทานแรงดึงตามขวางและตามยาวของกาบอ้อยและใบอ้อย จะมีค่าลดลงตามการลดลงของร้อยละความชื้นของวัตถุดิบ (Mou, X. et.al., 2013) ดังนั้นเวลาในการขึ้นรูปจึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อค่าความต้านแรงดึงของจานใบหูกวาง จากรูปที่ 7 พิจารณาในแนวตั้งถึงผลของอุณหภูมิกับความต้านแรงดึง ที่เวลาการขึ้นรูป 6 และ 9 นาที ค่าความต้านแรงดึงจะลดลงตามอุณหภูมิการขึ้นรูปที่สูงขึ้น ซึ่งอุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้ผลิตภัณฑ์ได้รับพลังงานความร้อนสูงขึ้น ส่งผลให้ความชื้นในผลิตภัณฑ์ลดลง แต่ที่เวลา 3 นาที พบว่า ที่อุณหภูมิการขึ้นรูปที่ 170 องศาเซลเซียส เป็นสภาวะที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีความแข็งแรงที่สุด เนื่องจากเป็นสภาวะที่อุณหภูมิและเวลาเหมาะสมสำหรับจานใบหูกวางที่เสริมประสิทธิภาพการทำงานของตัวประสานกับคุณลักษณะของใบไม้คือใบหูกวาง

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ พบว่าเวลาและอุณหภูมิการขึ้นรูปเป็นปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์ ซึ่งทั้งเวลาและอุณหภูมิเป็นปัจจัยที่ส่งผลถึงความชื้นของผลิตภัณฑ์ ถ้าผลิตภัณฑ์มีความชื้นลดลงแล้วความแข็งแรงของผลิตภัณฑ์จะมีค่าลดลง อีกทั้ง เวลาและอุณหภูมิก็เป็นปัจจัยที่เสริมประสิทธิภาพการทำงานของตัวประสานกับคุณลักษณะของใบไม้ โดยการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา-3 นาที เป็นสภาวะที่เหมาะสมสำหรับจานใบหูกวาง ที่ทำให้ได้ผลิตภัณฑ์ที่มีรูปทรงสมบูรณ์และมีความแข็งแรงที่สุด แต่อย่างไรก็ตามหากพิจารณาถึงรูปทรงที่สมบูรณ์แข็งแรงและประหยัดพลังงานในการผลิต จะพบว่าการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 นาที

ก็เป็นสภาวะที่เหมาะสมในเชิงของพลังงานเนื่องจาก มีรูปทรงสมบูรณ์และมีความแข็งแรงรองจากการขึ้นรูปที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เป็นเวลา-3 นาที ซึ่งในงานวิจัยนี้จะถูกนำไปต่อยอดสำหรับเป็นแนวทางการจัดการเรียนการสอนแบบสะเต็มศึกษาในโรงเรียน ในการศึกษาการผลิตจานจากใบไม้ชนิดต่าง ๆ ศึกษาสภาวะการขึ้นรูปที่หลากหลายและปัจจัยที่ส่งผลต่อความแข็งแรงของจาน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอแสดงความขอบคุณแก่ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ผู้ให้ทุนวิจัย และสถาบันวิจัยและพัฒนา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ได้สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และให้ความช่วยเหลือในการทำงานจนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

คณิต อยู่สมบูรณ์, ทรงวุฒิ เอกวุฒิวงศา และอุดมศักดิ์ สาริบุตร. (2558). การศึกษาเชิงปัจจัยเพื่อหาแนวทางการออกแบบภาชนะบรรจุอาหารเพื่อสิ่งแวดล้อม. *วารสารครุศาสตร์อุตสาหกรรม, 14*(3), 328 – 355.

นพดล จันทรลักษณ์ และสมนึก วัฒนศรียกุล. (2555). การออกแบบและสร้างเครื่องขึ้นรูปภาชนะที่ทำจากเส้นใยธรรมชาติ. ใน *การประชุมวิชาการข่ายงานวิศวกรรมอุตสาหการประจำปี พ.ศ. 2555*, (หน้า 1770 - 1775), วันที่ 17-19 ตุลาคม 2555 ชะอำ เพชรบุรี. กรุงเทพ: มหาวิทยาลัยศรีปทุม.

สมเกียรติ สุทธิยาพิวัฒน์ และธมยันตี ประยูรพันธ์. (2563). การออกแบบและพัฒนาบรรจุภัณฑ์อาหารจากกาบหมากเพื่อสร้างมูลค่าเพิ่มที่นำสู่ความเข้มแข็งของชุมชนและเศรษฐกิจฐานราก. *วารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์, 12*(1), 120 - 130.

Jyothi, A. (2019). Leaves as dining plates, food wraps and food packing material: importance of renewable resources in Indian culture. *Bulletin of the National Research Centre, 43*(205), 1 – 15.

Korbelyiova, L., Malefors, C., Lalander, C., Wikström, F. and Eriksson, M. (2021). Paper vs leaf: Carbon footprint of single-use plates made from renewable materials. *Sustainable Production and Consumption*, *2021* (25), 77–90.

Martinus, Haryanto, A., Triono, S. and Telaumbanua, M. (2021). Development of teak leaf plate molding machine for producing plastic alternative products. *Procedia Environmental Science, Engineering and Management, 8*(1), 177-183.

Mou, X., Liu, Q., Ou, Y., Wang, M. and Song, J. (2013). Mechanical properties of the leaf sheath of sugarcane. *Transactions of the ASABE (American Society of Agricultural and Biological Engineers), 56*(3), 801-812.

Poudel, K. (2022). Design and development of foot operated areca-nut leaf plate manufacturing machine. *International Journal for Research in Applied Science & Engineering Technology (IJRASET), 10*(1), 190-193.

Soloi, S. and Hou, E.K.Z. (2019). The potential of oil palm leaf fiber in paper-making Industry. *Journal of Physics: Conference Series,* 1358, 012005. doi:10.1088/1742-6596/1358/1/012005

Venkatesan, K. and Bhaskar, G.B. (2020). Evaluation and comparison of mechanical properties of natural fiber abaca-sisal composite. *Fibers and Polymers, 21*(7), 1523-1534.

Zhang, Y., Ghaly, A.E. and Li, B. (2012). Available and physical properties of residues from major agricultural crops for energy conversion through thermochemical processes. *American Journal of Agricultural and Biological Science, 7* (3), 312-321.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: September 6, 2022 Revised: September 24, 2022
Accepted: October 10, 2022 Published: November 21, 2022

การคำนวณหาความเร็ว และการกระจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกขึ้นอยู่กับเวลาที่สั่นในแกน y

Calculation of velocity and displacement of body in the projectile motion under drag force lift force and a time-dependent external force oscillation vertical

ปิยรัตน์ มูลศรี[1] ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ[2] และ อาทิตย์ หู้เต็ม[1*]
Piyarat Moonsri[1] Sasikarn Panpraneecharoen[2] and Artit Hutem[1*]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์
[2] สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ จังหวัดเพชรบูรณ์
[*] artithutem@pcru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการเคลื่อนที่ของอนุภาคที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์แบบออสซิลเลตที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในของการกระจัดแนวระดับและการกระจัดแนวดิ่ง ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้ใช้กฎนิวตันข้อที่สองในการคำนวณหาการกระจัดในแนวระดับ และแนวดิ่งที่ขึ้นอยู่กับเวลา และคำนวณหาความเร็วในแนวระดับและแนวดิ่งของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอก และเปรียบเทียบกับการเพิ่มแรงภายนอกเข้าไปในแนวดิ่ง จากนั้นนำผลที่ได้สร้างกราฟด้วยโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า กราฟความเร็วและกราฟการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลาที่มีแรงภายนอกมากระทำสูงกว่ากราฟที่ไม่มีแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกมากระทำ

คำสำคัญ: ความเร็ว, การกระจัด, การเคลื่อนที่โพรเจคไทล์, แรงภายนอกที่ขึ้นกับเวลา

Abstract

The purpose of this research was to investigate the horizontal and vertical displacements of an oscillating particle as a function of time in the projectile motion. We can apply Newton's second law of motion to evaluate the time-dependent of the particle's displacements along both horizontal and vertical directions. The time-dependent horizontal and vertical displacement and velocity of the particle were then calculated with the presence of air resistance, lifting force, and external force. The presence of external vertical force was also compared. The obtained data were created and presented in graphs using a computer program. The results show that the vertical velocity and displacement increase with the presence of external forces.

Keywords: velocity, displacement, projectile motion, time-dependent external force

บทนำ

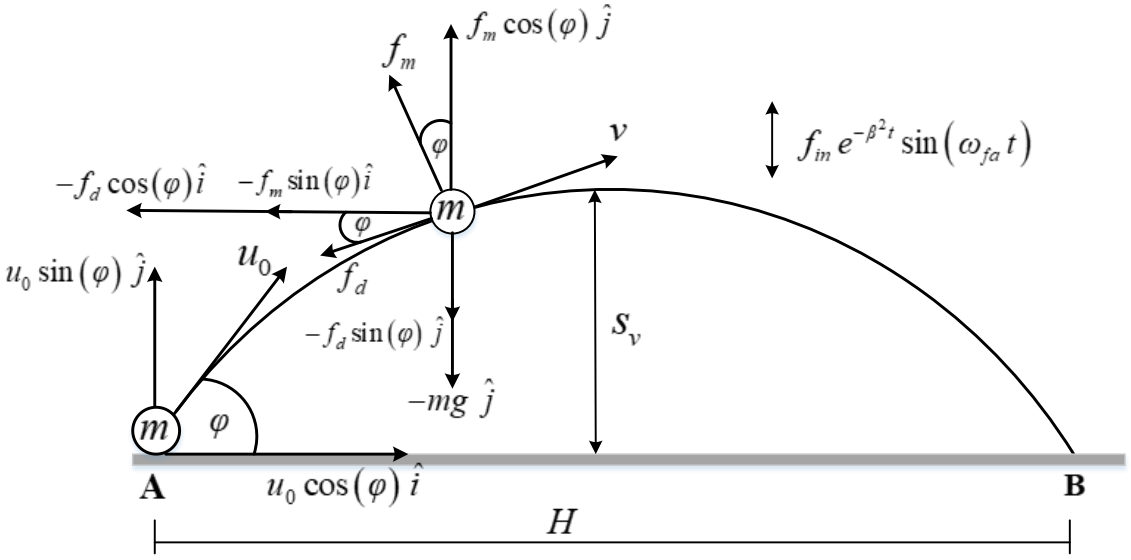
การเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ (projectile motion) เป็นการเคลื่อนที่ของวัตถุใดๆ ที่เคลื่อนที่ลอยอยู่ในอากาศภายใต้แรงต้านอากาศ และแรงยกโดยมีลักษณะการเคลื่อนที่แบบวิถีเส้นโค้ง ในการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ 2 มิตินั้นสามารถพิจารณาการเคลื่อนที่ได้ 2 แกน แกนในแนวระดับ (แกน x) และแกนในแนวดิ่ง (แกน y) (Hutem, A. and Kerdmee, S., 2013) วัตถุใดๆ ที่เคลื่อนที่ในอากาศนั้นจะมีแรงยกและแรงต้านทานอากาศเข้ามาเกี่ยวข้องในความเป็นจริงการออกกำลังกายการตีแบตนินตันในสวนสาธารณะนั้นบางครั้งมีแรงลมมาด้วย ต่อมาในงานวิจัยการคำนวณการกระจัดในเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุ ในแนวระดับ ภายใต้แรงต้านอากาศและแรงภายนอก และแนวดิ่ง ภายใต้แรงต้านอากาศและแรงภายนอก ซึ่งในงานวิจัยของ Kuaykaew S. และคณะ (2016) ได้ทำการแก้สมการด้วยวิธีการแปรตัวพารามิเตอร์ ที่คิดเพียงแรงภายนอกในแนวดิ่ง เท่านั้น จะได้การกระจัดในแนวระดับ ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา และการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันของเวลา (Kuaykaew, S. et.al., 2016) ต่อมาในงานวิจัยของ Dharma (2019) ได้คำนวณการเคลื่อนที่ของวัตถุแบบโพรเจคไทล์ภายใต้แรงต้านอากาศ และแสดงกราฟของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันของเวลาในแกนแนวระดับ และแนวดิ่ง และแสดงความเร็วของวัตถุเป็นฟังก์ชันของเวลาในแกนแนวระดับ และแนวดิ่งด้วยซึ่งในงานวิจัยนี้ไม่ได้คิดแรงยก และแรงภายนอกที่ขึ้นอยู่กับเวลาแบบการสั่น (Dharma, R. P., 2019) ต่อมาในงานวิจัยของ Changkham J. และคณะ (2022) ได้คำนวณหาความเร็วที่เป็นฟังก์ชันของเวลา และการกระจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนแบบโพรเจคไทล์ ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยกและแรงภายนอกในแกน y ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา แต่โดยที่แรงภายนอกในแกน y ที่เป็นฟังก์ชันของเวลาดังกล่าวนี้เป็นฟังก์ชัน Cosine และมีการกำหนดค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยกตามการเคลื่อนที่ของลูกฟุตบอล และเบสบอล

ดังนั้น งานวิจัยนี้ ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาความเร็วที่เป็นฟังก์ชันของเวลา และการกระจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนแบบโพรเจคไทล์ ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยกและแรงภายนอกในแกน y ที่เป็นฟังก์ชันของเวลาและเป็นฟังก์ชัน Sine และมีการหน่วงของวัตถุอันเนื่องมาจากโมเลกุลอากาศที่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นอากาศ โดยการสร้างแบบจำลองทางฟิสิกส์ขึ้นมาโดยใช้กฎการเคลื่อนที่ข้อที่ 2 ของนิวตันและวิธีโดยวิธีสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่งมาแก้ไขระบบสมการ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคำนวณหาความเร็วที่เป็นฟังก์ชันของเวลา และการกระจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เป็นฟังก์ชันของเวลาของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ ภายใต้แรงต้านอากาศ และแรงยก เมื่อมีแรงภายนอกที่เป็นฟังก์ชันของเวลาเป็นฟังก์ชัน Sine มากระทำในแนวดิ่ง ซึ่งเทียบเคียงกับการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วง (Changkham J. et.al., 2022)

วิธีดำเนินการวิจัย



รูปที่ 1 วิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุภายใต้แรงต่างๆ ในการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

จากรูปที่ 1 ในงานวิจัยนี้สามารถคำนวณหาการกระจัดของวัตถุที่มีลักษณะการเคลื่อนที่เป็นแบบโพรเจคไทล์ด้วยความเร็ว ที่มีวิถีการเคลื่อนที่เป็นเส้นโค้งภายใต้แรงภายนอก แรงต้านอากาศ (f_d) และแรงยก (f_m) (Jeffrey, L. L. et.al., 2014) สามารถนำ กฎข้อที่สองของนิวตันมาช่วยแก้ไขสมการเคลื่อนที่เพื่อหาการกระจัดในแนวระดับของวัตถุมวล m นำผลรวมของแรงที่กระทำต่อวัตถุ แทนในกฎข้อที่สองของนิวตัน (Ebaid, A. et.al., 2019) ดังนี้

$$m\left(\frac{dv_H}{dt}\hat{i}+\frac{dv_v}{dt}\hat{j}\right)=-f_d\cos(\varphi)\hat{i}-f_m\sin(\varphi)\hat{i}+f_m\cos(\varphi)\hat{j}-f_d\sin(\varphi)\hat{j}-mg\hat{j}$$
$$+f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin(\omega_{fa}t)\hat{j} \qquad (1)$$

จากสมการที่ (1) v_H คือความเร็วในแนวระดับของวัตถุมวล m ที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ ซึ่งมีหน่วยเป็น m/s, v_v คือความเร็วในแนวดิ่งของวัตถุมวล m ที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ ซึ่งมีหน่วยเป็น m/s และ ω_{fa} คือความถี่ของการสั่นโมเลกุลอากาศ ของแรงภายนอกแรงพายุที่มีความปั่นป่วน $\omega_{fa}=2\pi f$ ซึ่งมีหน่วยเป็น rad/s และ f_{in} คือแรงเริ่มต้นของแรงภายนอกแบบพายุ ซึ่งมีหน่วยเป็น นิวตัน ต่อไป คำนวณหาสมการการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m ในแนวระดับตามเวกเตอร์หนึ่งหน่วย $\hat{i}$ จะได้

$$m\frac{dv_H}{dt}=-f_d\cos(\varphi)-f_m\sin(\varphi) \qquad (2)$$

เรากำหนดให้ $f_d=\rho_d v_H$ โดยที่ ρ_d คือค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และ $f_m=\rho_m v_H$ โดยที่ ρ_m คือค่าสัมประสิทธิ์แรงยกจากสมการที่ (2) สามารถจัดรูปสมการได้เป็นสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่ 1 ได้ดังนี้

$$\frac{dv_H}{dt}+\left\{\frac{\rho_d}{m}\cos(\varphi)+\frac{\rho_m}{m}\sin(\varphi)\right\}v_H=0 \qquad (3)$$

จากสมการที่ (3) เรากำหนดให้ตัวแปร $\tau = \frac{\rho_d}{m}\cos(\varphi) + \frac{\rho_m}{m}\sin(\varphi)$ แทนลงในสมการที่ (3) และทำการอินทิเกรต แล้วใส่เงื่อนไขเริ่มต้นดังนี้ $v_H(0) = u_0\cos(\varphi)$ เราจะได้ ความเร็วในแนวระดับของวัตถุมวล m ที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ดังนี้

$$v_H(t) = u_0\cos(\varphi)\, e^{-\tau t} \tag{4}$$

ต่อไปเราคำนวณหาการกระจัดในแนวระดับของวัตถุมวลที่เป็นฟังก์ชันของเวลาจากนิยาม $v_H = dH/dt$ โดยที่ H คือการกระจัดในแนวระดับของวัตถุมวล m เราใช้การอินทิเกรตและเงื่อนไขเริ่มต้น $H(0) = H_0$ ดังนี้

$$v_H(t) = dH/dt = u_0\cos(\varphi)\, e^{-\tau t}$$

$$H(t) = \frac{u_0}{\tau}\cos(\varphi)\left(1 - e^{-\tau t}\right) + H_0 \tag{5}$$

จากสมการที่ (5) คือการกระจัดในแนวระดับของวัตถุที่เป็นฟังก์ชันของเวลาขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยก จากสมการที่ (4) และสมการที่ (5) สามารถแสดงกราฟของความเร็วในแนวระดับ และกราฟการกระจัดในแนวระดับเทียบกับเวลาได้ ดังรูปที่ 2 (a) และ(b) ตามลำดับ จากสมการที่ (5) เราสามารถคำนวณหาเวลาการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวระดับได้ดังนี้

$$t(H) = -\frac{1}{\tau}\ln\left(1 - \frac{\tau(H - H_0)}{u_0\cos(\varphi)}\right) \tag{6}$$

ต่อไป คำนวณหาสมการการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m ในแนวดิ่งตามเวกเตอร์หนึ่งหน่วย $\hat{j}$ จะได้

$$m\frac{dv_v}{dt} = f_m\cos(\varphi) - f_d\sin(\varphi) - mg + f_{in}\, e^{-\beta^2 t}\sin(\omega_{fa}\, t) \tag{7}$$

เรากำหนดให้ $f_d = \rho_d\, v_H$ โดยที่ ρ_d คือค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และ $f_m = \rho_m\, v_H$ โดยที่ ρ_m คือค่าสัมประสิทธิ์แรงยกจากสมการที่ (7) สามารถจัดรูปสมการได้เป็นสมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่ 1 แบบไม่เอกพันธ์ได้ดังนี้

$$\frac{dv_v}{dt} + \left\{\frac{\rho_d}{m}\sin(\varphi) - \frac{\rho_m}{m}\cos(\varphi)\right\}v_v = -g + \frac{f_{in}}{m}\, e^{-\beta^2 t}\sin(\omega_{fa}\, t) \tag{8}$$

จากสมการที่ (8) เรากำหนดตัวแปร $\delta = \frac{\rho_d}{m}\sin(\varphi) - \frac{\rho_m}{m}\cos(\varphi)$

$$\frac{dv_v}{dt} + \delta\, v_v = -g + \frac{f_{in}}{m}\, e^{-\beta^2 t}\sin(\omega_{fa}\, t) \tag{9}$$

จากสมการที่ (9) จะเรียกว่า สมการเชิงอนุพันธ์เชิงเส้นอันดับที่ 1 แบบไม่เอกพันธ์ ต่อไปเราจะหาผลเฉลยของสมการที่ (9) โดยการใช้เทคนิคการอินทิเกรตทีละส่วน และใช้เงื่อนไขเริ่มต้น $v_v(0) = u_0\sin(\varphi)$ ได้ความเร็วในแนวดิ่งของวัตถุมวล m ที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ที่เป็นฟังก์ชันของเวลา ดังนี้

$$v_v(t) = -\frac{g}{\delta} + \frac{f_{in}}{m}\left\{\frac{e^{-\beta^2 t}\left(\left(\delta - \beta^2\right)\sin(\omega_{fa}\, t) - \omega_{fa}\cos(\omega_{fa} t)\right)}{\left(\delta - \beta^2\right)^2 + \omega_{fa}^2}\right\} + \left(u_0\sin(\varphi) + \frac{g}{\delta}\right)e^{-\delta t}$$

$$+ \frac{f_{in}\,\omega_{fa}\, e^{-\delta t}}{m\left(\left(\delta - \beta^2\right)^2 + \omega_{fa}^2\right)} \tag{10}$$

จากสมการที่ (10) เราจะทำการวิเคราะห์ลักษณะวิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุโดยการพล็อตกราฟความเร็วในแนวดิ่งของวัตถุมวล m ที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เทียบกับเวลาที่วัตถุเคลื่อนที่ซึ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์แรง

ต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยกจะอธิบายอยู่ในส่วนของหัวข้อผลการวิจัยและอภิปรายผล จากสมการที่ (10) เราจะคำนวณหาการกระจัดในแนวดิ่งของวัตถุที่เป็นฟังก์ชันของเวลา (s_v) ซึ่ง s_v จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยกจากนิยาม $v_v(t) = ds_v/dt$ โดยใช้เทคนิคการอินทิเกรตทีละส่วนเพื่อคำนวณหาการกระจัดในแนวดิ่งของวัตถุที่เป็นฟังก์ชันของเวลา และใช้เงื่อนไขเริ่มต้นเป็น $s_v(0) = s_{v0}$ จะได้การกระจัดในแนวดิ่งของวัตถุที่เป็นฟังก์ชันของเวลาดังนี้

$$s_v(t) = \frac{f_{in}\,\omega_{fa}}{m\left(\left(\delta-\beta^2\right)\right)}\left\{\frac{e^{-\beta^2 t}\left(\beta^2\cos\left(\omega_{fa}\,t\right)-\omega_{fa}\sin\left(\omega_{fa}\,t\right)\right)}{\beta^4+\omega_{fa}^2}\right\}-\frac{g}{\delta}t+s_{v0}-\frac{f_{in}\,\omega_{fa}\beta^2}{m\left(\left(\delta-\beta^2\right)^2+\omega_{fa}^2\right)\left(\beta^4+\omega_{fa}^2\right)}$$

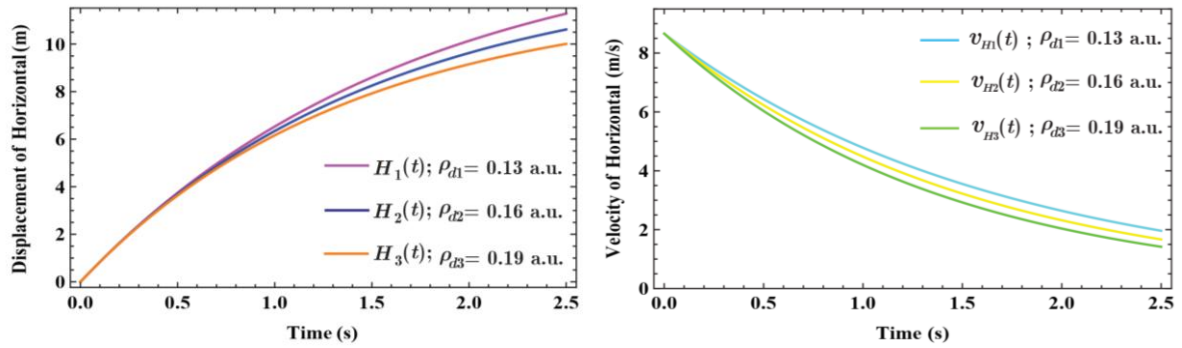
$$-\frac{f_{in}\left(\delta-\beta^2\right)}{m\left(\left(\delta-\beta^2\right)^2+\omega_{fa}^2\right)}\left\{\frac{e^{-\beta^2 t}\left(\beta^2\sin\left(\omega_{fa}\,t\right)+\omega_{fa}\cos\left(\omega_{fa}\,t\right)\right)}{\beta^4+\omega_{fa}^2}\right\}-\left(\frac{u_0\sin(\varphi)}{\delta}+\frac{g}{\delta^2}+\frac{f_{in}\,\omega_{fa}}{m\delta\left(\left(\delta-\beta^2\right)^2+\omega_{fa}^2\right)}\right)e^{-\delta t}$$

$$+\left(\frac{u_0\sin(\varphi)}{\delta}+\frac{g}{\delta^2}+\frac{f_{in}\,\omega_{fa}}{m\delta\left(\left(\delta-\beta^2\right)^2+\omega_{fa}^2\right)}\right)+\frac{f_{in}\,\omega_{fa}\left(\delta-\beta^2\right)}{m\left(\left(\delta-\beta^2\right)^2+\omega_{fa}^2\right)\left(\beta^4+\omega_{fa}^2\right)} \qquad (11)$$

จากสมการที่ (11) เรานำสมการที่ (6) แทนลงในสมการที่ (11) จะได้กราฟของการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับของการเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการคำนวณหาความเร็วในแนวระดับ และการกระจัดในแนวระดับที่เป็นฟังก์ชันของเวลาตามสมการที่ (4) และสมการที่ (5) สามารถแสดงกราฟได้ ดังรูปที่ 2 (a) และ (b) และจากการคำนวณหาความเร็วในแนวดิ่ง และการกระจัดในแนวดิ่งของวัตถุเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ที่เป็นฟังก์ชันของเวลาตามสมการที่ (10) และสมการที่ (11) สามารถแสดงกราฟได้ ดังรูปที่ 3 (a) และ (b) และดังรูปที่ 4 (a) และ (b) และดังรูปที่ 5 (a) และ (b)

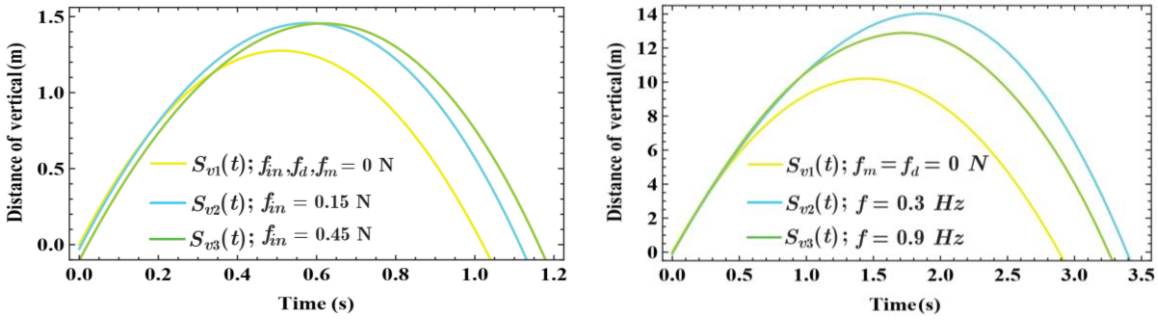


(a) (b)

รูปที่ 2 (a) แสดงกราฟของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวระดับ (b) แสดงกราฟของความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวระดับ

จากรูปที่ 2 (a) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ

ρ_d เส้นกราฟสีชมพูแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ $\rho_d = 0.13\ a.u.$ ต่อไปเส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ $\rho_d = 0.16\ a.u.$ เส้นกราฟสีน้ำตาลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ $\rho_d = 0.19\ a.u.$ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ ρ_d มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้การกระจัดในแนวระดับเทียบกับเวลามีค่าลดลงเพราะค่า ρ_d คือความหนาแน่นของมวลอากาศที่เคลื่อนในอากาศจะทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m เคลื่อนที่ได้การกระจัดในแนวระดับสั้นลดแต่การกระจัดในแนวระดับของการเคลื่อนที่วัตถุมวล m ไม่มีการสั่นอันเนื่องจากแรงภายนอก จากรูปที่ 2 (b) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m โดยมีการเปลี่ยนแปลงค่าพารามิเตอร์ค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ ρ_d เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ $\rho_d = 0.13\ a.u.$ ต่อไปเส้นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ $\rho_d = 0.16\ a.u.$ เส้นกราฟสีเขียวอ่อนแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวระดับเทียบกับเวลาของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m เมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ $\rho_d = 0.19\ a.u.$ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ ρ_d มีค่าเพิ่มขึ้นจะทำให้ความเร็วในแนวระดับเทียบกับเวลามีค่าลดลงเพราะค่า ρ_d คือความหนาแน่นของมวลอากาศที่เคลื่อนในอากาศจะทำให้การเคลื่อนที่ของวัตถุมวล m เคลื่อนที่ได้ความเร็วในแนวระดับสั้นลด



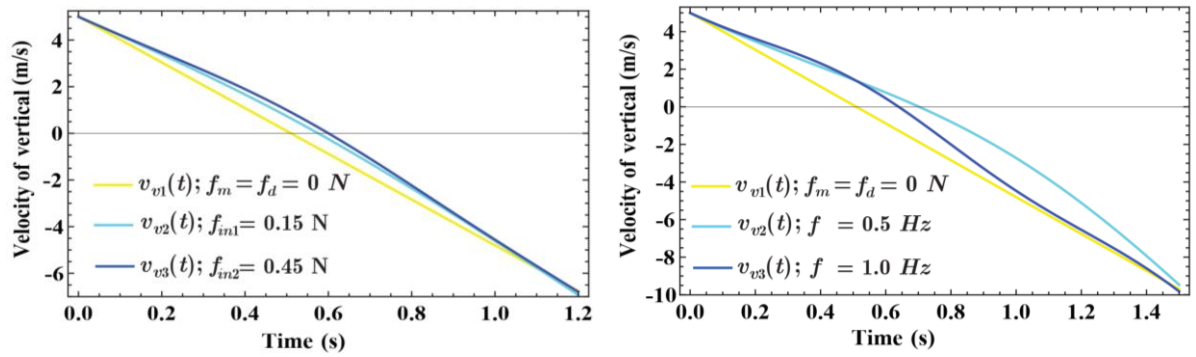
(a) (b)

รูปที่ 3 (a) แสดงกราฟของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งเมื่อแรงภายนอกเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงจาก $f_{in} = 0.15 \rightarrow 0.45\ N.$ (b) แสดงกราฟของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งเมื่อความถี่เปลี่ยนแปลงจาก $f = 0.3 \rightarrow 0.9\,Hz$

จากรูปที่ 3 (a) เป็นกราฟของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เมื่อแรงภายนอกเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงจาก $f_{in} = 0.15 \rightarrow 0.45\ N.$ เส้นกราฟสีเหลืองคือการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งที่ไม่ได้คิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วง เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลเป็นการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เมื่อแรงภายนอกเริ่มต้นเป็น $f_{in} = 0.15\ N$ และขึ้นอยู่กับแรงต้านอากาศ แรงยก ต่อมาเส้นกราฟสีเขียวอ่อนเป็นการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เมื่อแรงภายนอกเริ่มต้นเป็น $f_{in} = 0.45\ N$ และขึ้นอยู่กับแรงต้านอากาศ แรงยก เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเล และสีเขียวอ่อนของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาใน

แนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกจะมีค่าของการกระจัดมากกว่าเส้นกราฟสีเหลืองของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งที่ไม่ได้คิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วง เพราะเส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเล และสีเขียวอ่อนของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาขึ้นอยู่กับแรงภายนอก $f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin\left(\omega_{fa}t\right)$ ถ้าค่าแรงภายนอกเริ่มต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้การกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาของวัตถุมวล m ใช้เวลาการเดินทางมากขึ้นเพราะเกิดการเปลี่ยนเฟสของการเริ่มเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์

จากรูปที่ 3 (b) เป็นกราฟของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เมื่อความถี่เปลี่ยนแปลงเปลี่ยนแปลงจาก $f=0.3\rightarrow 0.9\ N.$ เส้นกราฟสีเหลืองคือการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งที่ไม่ได้คิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วง เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลเป็นการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เมื่อความถี่เป็น $f=0.3\ Hz$ และขึ้นอยู่กับแรงต้านอากาศ แรงยก ต่อมาเส้นกราฟสีเขียวอ่อนเป็นการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์เมื่อความถี่เป็น $f=0.9\ Hz$ และขึ้นอยู่กับแรงต้านอากาศ แรงยก เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเล และสีเขียวอ่อนของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกจะมีค่าของการกระจัดมากกว่าเส้นกราฟสีเหลืองของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งที่ไม่ได้คิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วง เพราะเส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเล และสีเขียวอ่อนของการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาขึ้นอยู่กับแรงภายนอก $f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin\left(\omega_{fa}t\right)$ ถ้าค่าแรงภายนอกเริ่มต้นเพิ่มขึ้นจะทำให้การกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาของวัตถุมวล m ใช้เวลาการเดินทางมากขึ้น และค่าของการกระจัดมีค่ามากขึ้นด้วยเพราะเกิดการเปลี่ยนเฟสของการเริ่มเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์



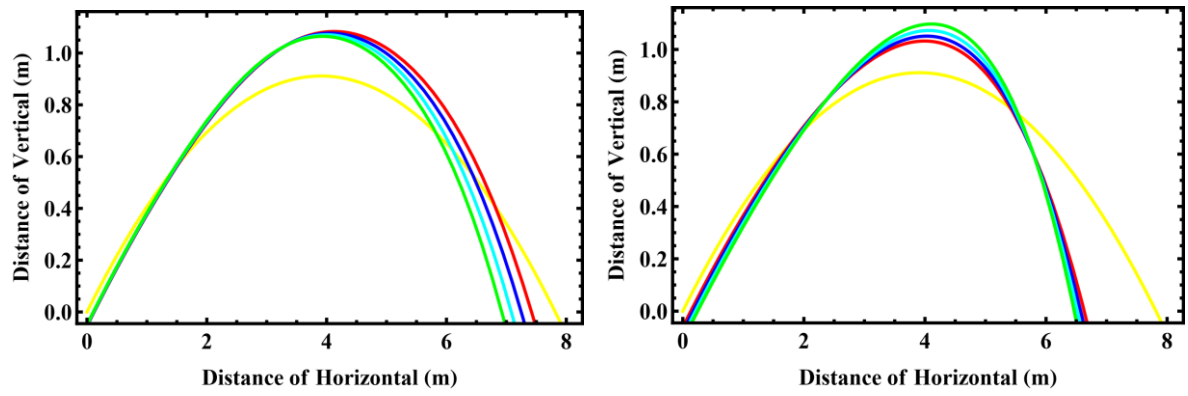
(a) (b)

รูปที่ 4 (a) แสดงกราฟของความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งเมื่อแรงภายนอกเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงจาก $f_{in}=0.15\rightarrow 0.45\ N.$ (b) แสดงกราฟของความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งเมื่อความถี่เปลี่ยนแปลงจาก $f=0.3\rightarrow 0.9\,Hz$

จากรูปที่ 4 (a) แสดงกราฟของความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งเมื่อแรงภายนอกเริ่มต้นเปลี่ยนแปลงค่าจาก $f_{in}=0.15\ N$ ไปเป็น $f_{in}=0.45\ N$ เส้นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาที่ไม่ได้คิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกอยู่ในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วงอย่างเดียวต่อไป เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาที่มีการคิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอก $f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin\left(\omega_{fa}t\right)$ โดยมีค่าแรงภายนอกเริ่มต้นเป็น $f_{in}=0.15\ N$ ต่อมา

เส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาที่มีการคิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอก $f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin\left(\omega_{fa}t\right)$ โดยมีค่าแรงภายนอกเริ่มต้นเป็น $f_{in}=0.45\ N$ ถ้าค่าของแรงภายนอกมีค่าเพิ่มขึ้นจาก $f_{in}=0.15\ N$ ไปเป็น $f_{in}=0.45\ N$ ส่งผลให้ความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งใช่เวลาการเดินทางมากขึ้นเพราะเป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ และแรงยก และเส้นกราฟของสีฟ้าน้ำทะเล และเส้นสีเหลืองมีลักษณะเส้นโค้งเมื่อเทียบกับความเร็วในแนวดิ่งเส้นสีน้ำเงิน

จากรูปที่ 4 (b) แสดงกราฟของความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งเมื่อความถี่เปลี่ยนแปลงค่าจาก $f=0.5\ Hz$ ไปเป็น $f=1\ Hz$ เส้นกราฟสีเหลืองแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาที่ไม่ได้คิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกอยู่ในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วงอย่างเดียวต่อไป เส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาที่มีการคิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอก $f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin\left(\omega_{fa}t\right)$ โดยมีค่าแรงภายนอกเริ่มต้นเป็น $f=0.5\ Hz$ ต่อมาเส้นกราฟสีน้ำเงินแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในแนวดิ่งกับเวลาที่มีการคิดแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอก $f_{in}e^{-\beta^2 t}\sin\left(\omega_{fa}t\right)$ โดยมีค่าแรงภายนอกเริ่มต้นเป็น $f=1\ Hz$ ถ้าค่าของความถี่มีค่าเพิ่มขึ้นจาก $f=0.5\ Hz$ ไปเป็น $f=1\ Hz$ ส่งผลให้ความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งใช่เวลาการเดินทางมากขึ้นเพราะเป็นผลมาจากค่าสัมประสิทธิ์ของแรงต้านอากาศ และแรงยก และเส้นกราฟของสีฟ้าน้ำทะเล และเส้นสีเหลืองมีลักษณะเส้นโค้งและเกิดการสั่นเมื่อเทียบกับความเร็วในแนวดิ่งเส้นกราฟสีน้ำเงิน



(a) (b)

รูปที่ 5 (a) แสดงกราฟของการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับเมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเปลี่ยนแปลงจาก $\rho_d=0.03\rightarrow 0.09\ a.u.$ (b) แสดงกราฟของแสดงกราฟของการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับเมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงยกเปลี่ยนแปลงจาก $\rho_m=0.20\rightarrow 0.32\ a.u.$

จากรูปที่ 5 (a) เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับเมื่อค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเปลี่ยนแปลงจาก $\rho_d=0.03\rightarrow 0.09\ a.u.$ เส้นกราฟสีเหลืองคือการกระจัดของการเคลื่อนที่ของวัตถุในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับปราศจาก แรงต้านอากาศ แรงยก แรงภายนอกอยู่ในกรณีที่มีแรงโน้มถ่วงอย่างเดียว ต่อมาเส้นกราฟสีแดงคือการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเป็น $\rho_d=0.03$ ต่อมาเส้นกราฟสีน้ำเงินคือการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเป็น $\rho_d=0.05$ ต่อมาเส้นกราฟสีฟ้าน้ำทะเลคือการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเป็น $\rho_d=0.07$ ต่อมาเส้นกราฟสีเขียวอ่อนคือการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดใน

แนวระดับเมื่อมีค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเป็น $\rho_d = 0.09$ ถ้าค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศเพิ่มขึ้นการกระจัดในแนวระดับมีค่าลดลงจากเส้นกราฟสีแดงไปยังเส้นสีเขียวอ่อน และค่าการกระจัดในแนวดิ่งมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับเส้นกราฟการกระจัดสีเหลืองที่ไม่มีแรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอก $f_{in} e^{-\beta^2 t} \sin\left(\omega_{fa} t\right)$

สรุปผลการวิจัย

การกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวระดับของการเคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ของวัตถุมวล m จะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยก ซึ่งวิถีการเคลื่อนที่เป็นลักษณะฟังก์ชันเพิ่มต่อมาความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวระดับจะขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยกเมื่อเวลาในการเคลื่อนที่เพิ่มขึ้นความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวระดับมีค่าลดลง ต่อมาการกระจัดที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่งขึ้นอยู่กับค่าสัมประสิทธิ์แรงต้านอากาศ และค่าสัมประสิทธิ์แรงยก และความถี่ของการสั่นโมเลกุลอากาศ และค่าแรงภายนอกเริ่มต้นแปรผันตรงกัน ความเร็วที่เป็นฟังก์ชันเวลาในแนวดิ่ง และการกระจัดในแนวดิ่งที่เป็นฟังก์ชันการกระจัดในแนวระดับ ซึ่งในงานวิจัยดังกล่าวผู้แต่งจะนำไปพิมพ์เป็นหนังสือในรายวิชากลศาสตร์ทั่วไปในระดับปริญญาโท ของสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา และมีการนำงานวิจัยดังกล่าว ใช้ภาษาไพธรอนในการแสดงวิถีการเคลื่อนที่ของวัตถุที่ถูกควบคุมโดยแรงภายนอกที่เป็นฟังก์ชันของเวลาแบบสามมิติต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่ และเวลาในการทำงานวิจัย จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

Changkham J., Moonsri P. and Hutem A., (2022). Modelling the projectile motion under a time – dependent external force, *VRUResearch and Development Journal Science and Technology, 17*(2), 45-59.

Dharma R. P. (2019). Projectile motion using Mathematica. *International Science Community Association, 7*(3), 7-11.

Ebaid A., El-Zahar E. R., Aljohani A. F., Salah, B., Krid, M. and Machado, J. T. (2019). Analysis of the two-dimensional fractional projectile motion in view of the experimental data. *Nonlinear Dynamics*, 97, 1711-1720.

Jeffrey L. L., Donna M. G. C. and Karim R. (2014). Modelling the flight characteristics of a soccer ball. *American Journal of Physics Education*, 8, 4505-1-9.

Hutem A. and Kerdmee S.. (2013). Physics Learning Achievement Study: Projectile, using Mathematica program of Faculty of Science and Technology Phetchabun Rajabhat University Students. *European J of Physics Education*, 4, 22-33.

Kantrowitz R. and Neumann M. M. (2016). Optimization of Projectile Motion Under Air Resistance Quadratic in Speed. *Mediterranean Journal of Mathematics, 14*(1).

Kuaykaew S., Kerdmee S., Banyenugam P., Moonsri P. and Hutem A. (2016). The Analytical Description of Projectile Motion of Cricket Ball in a Linear Resisting Medium the Storm Force**.** *Applied Mechanics and Materials,* 855, 188-191.

Mustafa T. and Tugce A. (2020). Exact and approximate solutions to projectile motion in air incorporating Magnus effect. *The European Physical Journal Plus,* 566.

Pouya, J. L., Patrick K., MohammadHady M. and William W. (2014). Computational aerodynamics of baseball, soccer ball and Volleyball. *American Journal of Sports Science,* 115-121.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: September 6, 2022 Revised: September 28, 2022
Accepted: October 14, 2022 Published: November 21, 2022

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม
Study on Suitable Temperature for Drying of Aromatic Coconut (Cocos nucifera L.) Flesh

นิรุธ ล้ำเลิศ[1] และ วริษา ปานเจริญ[1*]
Niroot Lamlert[1] and Warisa Pancharoen[1*]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[*] Warisa.pan@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม โดยการอบแห้งเนื้อมะพร้าวที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ แล้วทำการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งในด้าน สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน รสชาติ และลักษณะโดยรวม ผลการวิจัยพบว่าอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ความชื้นลดลงมากที่สุด และพบว่าเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสมีความเหมาะสมต่อการบริโภคมากที่สุดเนื่องจากมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้าน รสชาติ เนื้อสัมผัสที่ดี และมีกลิ่นหอมมากที่สุด ในขณะที่เนื้อมะพร้าวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เนื้อสัมผัสรสชาติที่ยังไม่เด่นชัดและยังมีความมันอยู่ที่ผิวของมะพร้าวมาก และเนื้อมะพร้าวที่อบด้วยอุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส มีความแห้งและมีกลิ่นไหม้จากการอบแห้งที่ใช้อุณหภูมิสูงเกินไป

คำสำคัญ: การอบแห้ง, มะพร้าวน้ำหอม, การประเมินทางประสาทสัมผัส

Abstract

In this work, we optimized the temperature for drying aromatic coconut flesh. The 60, 70 and 80 degree of Celsius was used for drying condition. Descriptive sensory evaluation test was used for valued the product of dry aromatic coconut flesh, in terms of color, shape, smell, softness, texture, difficulty in swallowing, taste and overall appearance. Effect of moisture content reduction in drying of aromatic coconut flesh it was found that at 80 degrees of Celsius had the greatest decrease in moisture content. But it wasn't the best condition because the sensory evaluation test shown the dry aromatic coconut flesh at 70 degree of Celsius were greatest in topic of taste, texture and smell. While the coconut flesh is dried at 60 degrees of Celsius, the texture and taste are not pronounced. And there is a lot of oiliness on the surface of the coconut. And coconut meat baked at 80 degrees of Celsius was dry and had a burning smell from drying at too high a temperature.

Keywords: drying, aromatic coconut, sensory evaluation test

บทนำ

มะพร้าวเป็นพืชอีกชนิดหนึ่ง ที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจและถือเป็นพืชเอกลักษณ์ของประเทศไทย มะพร้าวมีบทบาทสำคัญทั้งในเรื่องการนำมาทำอาหาร ทำขนม หรือใช้เพื่อดูแลสุขภาพและความงาม มะพร้าวมีด้วยกันหลายชนิด เช่น มะพร้าวแกง มะพร้าวอ่อน และมะพร้าวน้ำหอม เป็นต้น มะพร้าวมีการบริโภคทั้งแบบผลสด นำมาประกอบอาหาร และแปรรูป มะพร้าวน้ำหอมประกอบไปด้วยสารอาหารที่มีคุณค่าทางโภชนาการมากมายที่ดีต่อสุขภาพ อาทิเช่น วิตามิน บี 2 บี 3 บี 5 บี 6 กรดอะมิโน น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว อย่างกลูโคส สารต้านอนุมูลอิสระและเอมไซน์ เป็นต้น แต่ในน้ำมะพร้าวน้ำหอมและเนื้อมะพร้าวน้ำหอมนั้นมีการเสื่อมเสียค่อนข้างง่ายและมีอายุการเก็บรักษาที่สั้น (แสงชัย เอกประทุมชัย, 2554)

การอบแห้งเป็นการใช้ความร้อนและอุณหภูมิที่เหมาะสมสำหรับการลดความชื้นออกจากเนื้อมะพร้าว ทำให้เนื้อมะพร้าวยังมีรสชาติที่หอมหวาน และยืดอายุการเก็บรักษา ซึ่งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ทางอุตสาหกรรมอาหารได้หลากหลายมากยิ่งขึ้น ซึ่งเทคโนโลยีการอบแห้งนั้นมีความหลากหลาย ขึ้นอยู่กับความต้องการของผู้ใช้งาน โดยคำนึงถึงลักษณะทางกายภาพของผลิตภัณฑ์ ระยะเวลาการอบแห้ง คุณภาพของผลิตภัณฑ์ ต้นทุนการผลิต รวมถึงพลังงานที่ใช้ในการอบแห้ง เป็นต้น ณฐมล จินดาพรรณ และคณะ (2557) ศึกษาผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวขูด รวมทั้งลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งที่ได้ การเตรียมขั้นต้นในการศึกษานี้ ได้แก่ การผสมสารละลายโซเดียมเมตาไบซัลไฟต์ 1 กรัมต่อเนื้อมะพร้าวขูด 1 กิโลกรัม และการลวกโดยใช้ไอน้ำเป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 และ 90 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่องอบแห้งแบบถาด ในระหว่างการอบแห้ง ทำการสุ่มตัวอย่างออกมาวัดปริมาณความชื้น ทุกๆ 30 นาที จนกระทั่งความชื้นของตัวอย่างไม่มีการเปลี่ยนแปลง จากนั้นรายงานปริมาณความชื้นสมดุลของแต่ละตัวอย่างและเวลาที่ใช้อบแห้งเพื่อทำให้แต่ละตัวอย่างมีความชื้นสุดท้ายเท่ากับ 2.48 % (ฐานเปียก) นอกจากนี้ทำการวิเคราะห์ลักษณะคุณภาพบางประการ ได้แก่ วอเตอร์แอคติวิตี้ ความหนาแน่นรวม อัตราการคืนตัวและค่าสีของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งที่เหลือความชื้น 2.48 % (ฐานเปียก) เปรียบเทียบกับตัวอย่างควบคุม จากผลการทดลองพบว่าวิธีการเตรียมขั้นต้นไม่มีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวขูด แต่กระทบต่อลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$) ในขณะที่อุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งมีผลต่อจลนพลศาสตร์ของการอบแห้งเนื้อมะพร้าวขูด รวมทั้งลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้งอย่างมีนัยสำคัญ ($p<0.05$)

Wilton Pereira Da Silva et.al. (2013) ทำการทดลองอบแห้งแบบพาความร้อนที่อุณหภูมิ 50 60 และ 70 องศาเซลเซียส โดยร่วมกับวิธีออสโมซิสด้วยสารละลายซูโครสและน้ำในระดับความเข้มข้น 35 Brix ที่อุณหภูมิ 40 องศา ได้ลักษณะของมะพร้าวที่ดีและเป็นไปตามแบบจำลองที่ศึกษา และจากการศึกษาของ ฤทธิชัย อัศวราชันย์ (2559) ศึกษาผลของอุณหภูมิในการอบแห้ง ที่อุณหภูมิ 70 80 90 และ 100 องศาเซลเซียส ต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกากมะพร้าวแห้งในแง่ของปริมาณน้ำมัน ค่าความขาว และเพื่อกำหนดรูปแบบการทดลองที่เหมาะสม เพื่อลดความชื้นของกากมะพร้าวจากประมาณ 0.84 กรัมของน้ำ/กรัมของวัตถุโดยการอบแห้งแบบลมร้อน เวลาในการอบแห้งอยู่ในช่วง 4.3 ถึง 8.0 นาที พบว่าแบบจำลองของ Page มีความเหมาะสมอย่างยิ่งในการอบแห้งของกากมะพร้าว โดยพบว่าเวลาที่ใช้ในการอบแห้งขึ้นอยู่กับอุณหภูมิที่ใช้ในการอบ กล่าวคือถ้าใช้อุณหภูมิการอบแห้งสูงขึ้น เวลาการอบแห้งจะน้อยลง และยังพบว่าปริมาณน้ำมันมะพร้าวของตัวอย่างมะพร้าวแห้งมีค่าสูงกว่าของกากมะพร้าวสดเล็กน้อย ส่วนค่าความขาวของกากมะพร้าวแห้งมีค่าอยู่ในช่วงเดียวกับกากมะพร้าวสด

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม โดยใช้มะพร้าวน้ำหอมพันธุ์ก้นจีบ (ในระยะเนื้อสองชั้น) โดยทำการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส เพื่อหาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้ง ด้วยการทดสอบความชอบของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งโดยการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา เพื่อช่วยในการแยกแยะลักษณะทางประสาทสัมผัสที่มีผลต่อความชอบของผลิตภัณฑ์ และนำเป็นข้อมูลสำหรับการพัฒนาผลิตภัณฑ์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมในการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม ด้วยการประเมินทางประสาทสัมผัสเพื่อประเมินความชอบของลักษณะเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่ผ่านการอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งกระบวนการในการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน 1) การเตรียมวัตถุดิบเนื้อมะพร้าวน้ำหอม 2) การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และ 3) การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อหาลักษณะของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่อุณหภูมิต่างๆให้มีความเหมาะสมต่อความชอบของผู้บริโภค ซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบ

ผู้วิจัยเลือกมะพร้าวน้ำหอมพันธุ์ก้นจีบ โดยเลือกมะพร้าวที่ให้ลักษณะของเนื้อของมะพร้าวน้ำหอมมีลักษณะเป็นระยะเนื้อสองชั้นโดยการสังเกตจากผิวของมะพร้าวน้ำหอมเมื่อใช้เล็บมือขูดที่ผิวของมะพร้าวน้ำหอมบริเวณฐานของขั้วมะพร้าว (บริเวณปลายลูกศรในรูปที่ 1 ชี้ตำแหน่ง) จะมีลักษณะผิวเป็นสีขาว และเมื่อขูดด้วยเล็บมือนั้นผิวมะพร้าวต้องไม่ติดเล็บมือออกมา ซึ่งการทดสอบในลักษณะนี้จะทำให้ได้เนื้อมะพร้าวน้ำหอมในระยะเนื้อสองชั้น (ธเนศ เคารพาพงศ์ และ ปิยาพัชร ตันตระการสกุล, 2556) จากนั้นทำการผ่าซีก ใช้ทัพพีขูดเนื้อมะพร้าวออกมาโดยหากมีเปลือกติดมาให้ทำการใช้มีดเฉือนออกจนเหลือแต่เนื้อมะพร้าว แล้วนำไปล้างทำความสะอาดด้วยน้ำสะอาดเก็บใส่ภาชนะที่ปิดมิดชิดและแช่เย็น เพื่อนำไปใช้ในขั้นตอนการอบแห้งต่อไป



รูปที่ 1 ลักษณะภายนอกของมะพร้าวน้ำหอมพันธุ์ก้นจีบระยะเนื้อสองชั้น



รูปที่ 2 ลักษณะเนื้อมะพร้าวน้ำหอมระยะเนื้อสองชั้นที่ใช้ในการทดลอง

2) การอบแห้ง

2.1) แช่เนื้อมะพร้าวน้ำหอมระยะเนื้อสองชั้นที่ตัดแต่งเรียบร้อยพร้อมทำการอบแห้งในสารละลายที่ประกอบด้วยน้ำสะอาด 1 ลิตร กรดแอซิติก 2 กรัม โซเดียมคลอไรด์ (เกลือแกง) 10 กรัม โพแทสเซียมเมตะไบซัลไฟต์ 5 มิลลิกรัม เป็นเวลา 1 ชั่วโมง เพื่อป้องกันการเกิดสีคล้ำของเนื้อมะพร้าวน้ำหอม

2.2) เมื่อครบเวลา 1 ชั่วโมง นำเนื้อมะพร้าวน้ำหอมขึ้นจากสารละลาย และนำมาซับให้แห้งด้วยกระดาษทิชชูอเนกประสงค์และกระดาษซับมัน

2.3) ตั้งอุณหภูมิของเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

2.4) เมื่ออุณหภูมิเครื่องอบลมร้อน มีอุณหภูมิคงที่ที่ 60 องศาเซลเซียส นำเนื้อมะพร้าวน้ำหอมตัวอย่าง 100 กรัม เข้าอบเพื่อหามวลที่ลดลงตามเวลา โดยนำตัวอย่างออกมาชั่งมวลทุกๆ 30 นาที ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 3 ตำแหน่ง และบันทึกผล ทำการชั่งมวลตัวอย่างจนกระทั่งมวลของมะพร้าวน้ำหอมคงที่

2.5) ทำการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียสซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อใช้ในการยืนยันข้อมูลการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม

2.6) ทำการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมตามขั้นตอนที่ 2.1-2.5 โดยการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

2.7) นำเนื้อมะพร้าวน้ำหอมตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส อบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง และคำนวณหาร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียกจากสมการ (Bala, B.K., 1997)

$$M_w = \frac{m - m_d}{m} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%, wb)

m คือ มวลของผลิตภัณฑ์ในปริมาตรที่พิจารณา (กิโลกรัม)

m_d คือ มวลของของแข็ง (มวลแห้ง) ในปริมาตรที่พิจารณา (กิโลกรัม)

2.8) นำข้อมูลที่ได้จากการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อุณหภูมิต่างๆ มาเขียนกราฟการลดลงของความชื้น (Drying curve) เพื่อศึกษาการลดลงของความชื้นของเนื้อมะพร้าวที่เวลาต่างๆ และทำการเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของเนื้อมะพร้าวที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

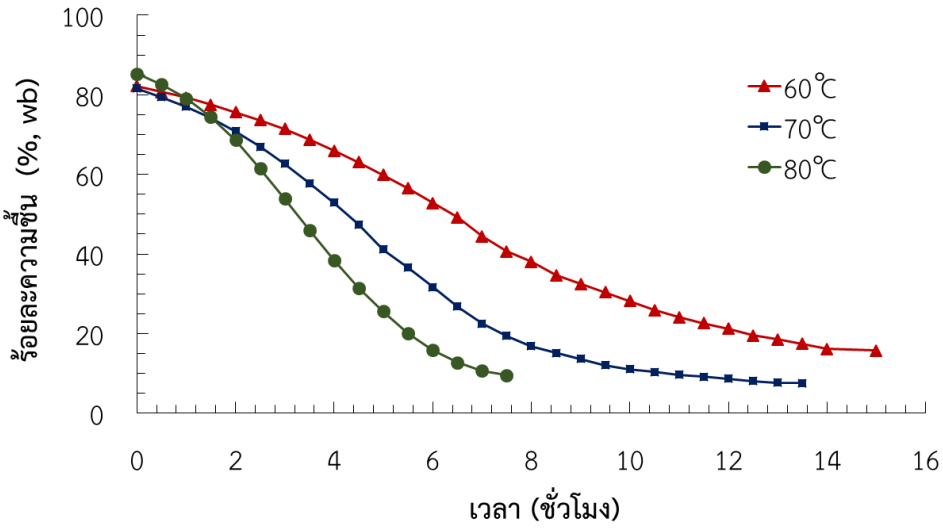
3) การประเมินทางประสาทสัมผัสแบบเชิงพรรณนา

นำเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่ได้จากการอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส มาประเมินประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2556 และ ไพโรจน์ วิริยจารี, 2561) เพื่อทดสอบความชอบของผู้ประเมินต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อบแห้งในแต่ละอุณหภูมิ โดยกลุ่มผู้ประเมินคือ บุคลากรในคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี จำนวน 40 คน โดยให้คะแนนความชอบแบบ 9 Point hedonic scale โดยมีหัวข้อพิจารณาในด้าน สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน รสชาติ และลักษณะโดยรวม โดยให้คะแนนตามความชอบในระดับ 1-9 โดย ให้คะแนนระดับ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนระดับ 9 คือ ชอบมากที่สุด จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ โดยใช้เกณฑ์คะแนนดังตารางที่ 1 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลจากการประเมินประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาต่อไป

ตารางที่ 1 ระดับความชอบและระดับคะแนนความพึงพอใจของผู้บริโภคที่มีต่อผลิตภัณฑ์มะพร้าวน้ำหอมอบแห้ง

คะแนนเฉลี่ย	ระดับความชอบ
1.00 – 1.49	ไม่ชอบมากที่สุด
1.50 – 2.49	ไม่ชอบมาก
2.50 – 3.49	ไม่ชอบปานกลาง
3.50 – 4.49	ไม่ชอบเล็กน้อย
4.50 – 5.49	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
5.50 – 6.49	ชอบเล็กน้อย
6.50 – 7.49	ชอบปานกลาง
7.50 – 8.49	ชอบมาก
8.50 – 9.00	ชอบมากที่สุด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล



รูปที่ 3 การลดลงของความชื้นในการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

รูปที่ 3 แสดงการลดลงของความชื้นของแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อบแห้งด้วยอุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และเวลาในการอบแห้งจนกระทั้งมวลของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมคงที่ใช้เวลา 15 13.5 และ 7.5 ชั่วโมง ตามลำดับ ซึ่งสามารถอภิปรายผลการทดลองได้ดังนี้

การอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เวลาในการอบแห้งจนมวลของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมคงที่ใช้เวลา 15 ชั่วโมง ซึ่งเป็นเวลาที่นานที่สุด เนื่องจากการอบแห้งที่อุณหภูมิที่มีระดับความร้อนที่ต่ำ ทำให้น้ำในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมนั้นระเหยได้น้อย จึงส่งผลให้ความชื้นในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมลดลงช้า และยังคงความมันของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอยู่มากตลอดจนทำให้กลิ่นของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อบแห้งได้ยังมีกลิ่นหอมไม่เด่นชัด ในขณะที่เนื้อมะพร้าวอบแห้งด้วยอุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ใช้เวลาในการอบแห้งจนมวลของเนื้อมะพร้าวคงที่ใช้เวลา 13.5 ชั่วโมง ทั้งนี้เนื่องมาจากอุณหภูมิความร้อนสูงขึ้น ทำให้น้ำในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมนั้นระเหยได้เร็วขึ้น ซึ่งมีผลให้ความชื้นในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมลดลงได้ดีกว่าอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส อีกทั้งทำให้เนื้อมะพร้าวน้ำหอมมีความแห้งมากขึ้น ส่งผลให้กลิ่นหอมของเนื้อมะพร้าวออกมาได้ดีมากยิ่งขึ้น และจากการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส ใช้เวลาเพียง 7 ชั่วโมง เพราะเป็นอุณหภูมิที่มีความร้อนสูงที่สุดในการอบแห้ง ทำให้น้ำในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมนั้นระเหยได้มาก ซึ่งมีผลให้ความชื้นในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมลดลงได้รวดเร็วกว่าที่สุด ทำให้เนื้อมะพร้าวน้ำหอมมีความแห้งมาก ส่งผลให้กลิ่นของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมเกิดกลิ่นไหม้เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงเกินไป

ตารางที่ 2 ร้อยละความชอบของผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ร้อยละความชอบ									คะแนนความชอบโดยเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
สี	0	0	2.5	25.0	32.5	32.5	7.5	0	0	5.18
รูปร่าง	0	0	5.0	25.0	32.5	32.5	5.0	0	0	5.08
กลิ่น	0	0	5.0	32.5	35.0	20.0	7.5	0	0	4.93
ความเหนียวนุ่ม	0	0	5.0	27.5	32.5	30.0	5.0	0	0	5.03
เนื้อสัมผัส	0	2.5	5.0	30.0	37.5	15.0	10.0	0	0	4.88
ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน	0	0	0	42.5	45.0	2.5	10.0	0	0	4.80
รสชาติ	0	0	2.5	35.0	35.0	22.5	5.0	0	0	4.93
ลักษณะโดยรวม	0	0	0	37.5	30.0	30.0	2.5	0	0	4.98

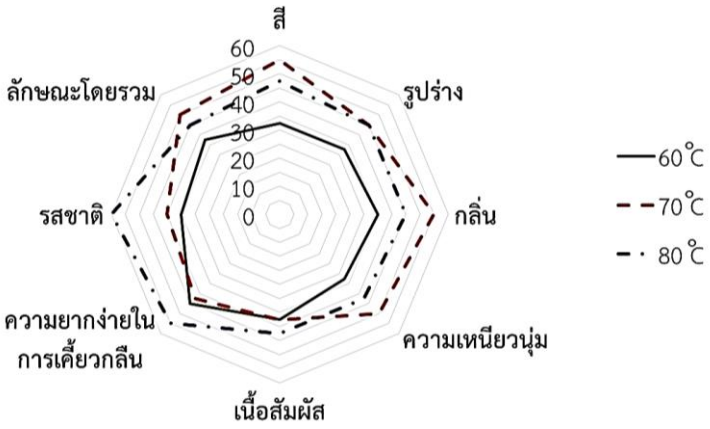
ตารางที่ 3 ร้อยละความชอบของผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ร้อยละความชอบ									คะแนนความชอบโดยเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
สี	0	0	0	0	0	2.5	10.0	32.5	55.0	8.40
รูปร่าง	0	0	0	0	0	5.0	17.5	45.0	32.5	8.05
กลิ่น	0	0	0	0	0	7.5	15.0	55.0	22.5	7.93
ความเหนียวนุ่ม	0	0	0	0	0	2.5	27.5	50.0	20.0	7.88
เนื้อสัมผัส	0	0	0	0	2.5	0.0	35.0	37.5	25.0	7.83
ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน	0	0	0	0	0	5.0	25.0	42.5	27.5	7.93
รสชาติ	0	0	0	0	0	2.5	27.5	40.0	30.0	7.98
ลักษณะโดยรวม	0	0	0	0	0	0	20.0	30.0	50.0	8.30

ตารางที่ 4 ร้อยละความชอบของผู้ประเมินทางประสาทสัมผัสที่มีต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส

ลักษณะทางประสาทสัมผัส	ร้อยละความชอบ									คะแนนความชอบโดยเฉลี่ย
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
สี	0	20.0	47.5	32.5	0	0	0	0	0	3.13
รูปร่าง	0	37.5	45.0	17.5	0	0	0	0	0	2.80
กลิ่น	2.5	45.0	45.0	5.0	2.5	0	0	0	0	2.60
ความเหนียวนุ่ม	7.5	42.5	35.0	10.0	5.0	0	0	0	0	1.31
เนื้อสัมผัส	17.5	42.5	32.5	7.5	0	0	0	0	0	2.30
ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน	15.0	55.0	12.5	12.5	2.5	0	2.5	0	0	2.43
รสชาติ	15.0	60.0	22.5	2.5	0	0	0	0	0	2.13
ลักษณะโดยรวม	22.5	45.0	20	2.5	10.0	0	0	0	0	2.33

ตารางที่ 2-4 แสดงผลการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส ในหัวข้อในการประเมินลักษณะทางประสาทสัมผัส ดังนี้ สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน รสชาติ และลักษณะโดยรวม โดยผู้ทดสอบให้คะแนนความชอบที่ระดับความชอบ 1-9 ตามความพึงพอใจที่ต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งในแต่ละอุณหภูมิ จากตารางแสดงค่าร้อยละความชอบของเนื้อมะพร้าวอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส สามารถนำมาเขียนกราฟร้อยละความชอบได้ดังแสดงในรูปที่ 4



รูปที่ 4 ร้อยละความชอบที่มากที่สุดของผู้ทดสอบมีต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส

รูปที่ 4 แสดงผลการประเมินทางด้านประสาทสัมผัสลักษณะของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้ง ที่แยกลักษณะออกเป็น 8 ด้านดังนี้ คือ สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน รสชาติ และลักษณะโดยรวม โดยการนำค่าร้อยละความชอบที่มากที่สุดในแต่ละลักษณะของผู้ทดสอบที่มีต่อเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส พบว่าที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส คุณลักษณะในทุกด้านไม่มีความเด่นชัด ส่วนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส คุณลักษณะด้าน สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม และลักษณะโดยรวมมีคะแนนความชอบที่มากที่สุด และที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียส คุณลักษณะด้าน รูปร่าง เนื้อสัมผัส ความยากง่ายในการกลืน และรสชาติ มีคะแนนความชอบที่มากที่สุด คุณลักษณะโดยรวมที่มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือ เนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่ผ่านการอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยมีคะแนนความชอบที่มากที่สุด 5 ด้านจากการประเมินทั้งหมด 8 ด้าน

สรุปผลการวิจัย

การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอมที่อุณหภูมิ 60 70 และ 80 องศาเซลเซียส และทำการทดสอบความชอบโดยวิธีการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา พบว่าการอบแห้งที่อุณหภูมิ 80 องศาเซลเซียสใช้เวลาในการอบแห้งน้อยที่สุด แต่เมื่อทำการทดสอบความชอบโดยการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาทั้ง 8 ด้าน (รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส ความยากง่ายในการเคี้ยวกลืน รสชาติ และลักษณะโดยรวม) พบว่าผู้ทดสอบการประเมินประสาทสัมผัสมีความพึงพอใจในเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ในระดับคะแนนชอบมากที่สุด เนื่องจาก มีรสชาติ เนื้อสัมผัสที่ดีและมีกลิ่นหอม ทั้งนี้อาจจะมีการศึกษากลุ่มตัวอย่างผู้ทดสอบการประเมินประสาทสัมผัสเพิ่มเติมเพื่อให้มีความหลากหลายในผลการยอมรับที่มากยิ่งขึ้น และควรศึกษาในส่วนของคุณค่าทางอาหารของเนื้อมะพร้าวน้ำหอมอบแห้ง พร้อมทั้งการยืดอายุการเก็บรักษา เพื่อต่อยอดไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

เอกสารอ้างอิง

ณฐมล จินดาพรรณ, กาญจนาลักษณ์ ศรีภาเลิศ, ธิดารัตน์ อินทร์แก้ว, ณัฏฐิกา ศิลาลาย และธัญญภรณ์ ศิริเลิศ. (2557). ผลของการเตรียมขั้นต้นและอุณหภูมิของการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งและลักษณะคุณภาพบางประการของเนื้อมะพร้าวขูดอบแห้ง. *รายงานการประชุม การประชุมวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระหว่างสถาบัน ครั้งที่ 2 ASTC2014* (น. 317-323). กรุงเทพฯ: โรงแรมมิราเคิล แกรนด์ คอนเวนชั่น.

ธเนศ เคารพาพงศ์ และปิยาพัชร ตันตระการสกุล. (2556). *เครื่องตรวจสอบชั้นเนื้อมะพร้าวน้ำหอมบนต้น.* สำนักงานวิจัยและพัฒนา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2556). *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค* **(**พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2561). *การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation).* มหาวิยาลัยเชียงใหม่: ศูนย์บริหารงานวิจัยมหาวิยาลัยเชียงใหม่.

ฤทธิชัย อัศวราชันย์. (2559). ผลกระทบของอุณหภูมิและชั้นความหนาต่อจลนพลศาสตร์การอบแห้งกากเนื้อมะพร้าว. *วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย*. *22* (1), 28-38.

แสงชัย เอกประทุมชัย. (2554). *การพัฒนาการผลิตเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากน้ำมะพร้าว*. สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี.

Bala, B.K. (1997). *Drying and storage of cereal grains*. New Delhi: Oxford & IBN Publishing Co. Pvt. Ltd.

Wilton Pereira da Silva, Denise Silva do Amaral, Maria Elita M Duarte, Mário ERMC Mata, Cleide MDPS e Silva, Rubens MM Pinheiro and Taciano Pessoa. (2013). Description of the osmotic dehydration and convective drying of coconut (Cocos nucifera L.) pieces: a three-dimensional approach. *Journal of Food Engineering*. *115* (1), 121-131.

Received: September 6, 2022 Revised: September 28, 2022
Accepted: October 14, 2022 Published: November 21, 2022

การศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลและความหนาของเนื้อตาลที่เหมาะสมต่อการอบแห้ง
Study of Sugar Concentration and Sugar Plam Thickness Suitable for Drying

วริษา ปานเจริญ[1] และ นิรุธ ล้ำเลิศ[1*]
Warisa Pancharoen[1] and Niroot Lamlert[1*]

[1] สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[*] root_229@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลในการเชื่อมลูกตาลและความหนาของเนื้อลูกตาลที่เหมาะสมกับการอบแห้งเนื้อลูกตาลเชื่อมที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส โดยความเข้มข้นของน้ำตาลที่ใช้ในการทดลองคือ 30 40 และ 50 Brix และเนื้อตาลความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร ตามลำดับ ซึ่งผลการประเมินการยอมรับผลิตภัณฑ์ลูกตาลเชื่อมอบแห้งโดยใช้การประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา 7 คุณลักษณะ คือ สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส รสชาติ และลักษณะโดยรวม พบว่าเนื้อลูกตาลที่ความหนา 12 มิลลิเมตร และและระดับความเข้มข้นน้ำตาล 40 Brix ระดับความชอบของผู้ทดสอบชอบมากที่สุด เนื่องจากมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี ร้อยละ 60 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) คุณลักษณะที่ปรากฏ ร้อยละ 40 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) ความเหนียวนุ่ม ร้อยละ 50 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) เนื้อสัมผัส ร้อยละ 32.5 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) รสชาติ ร้อยละ 42.5 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) และลักษณะโดยร้อยละ 55 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก)

คำสำคัญ: การอบแห้ง, ลูกตาล, การประเมินทางประสาทสัมผัส

Abstract

The aims of this research, dried sugar palm in syrup, was to study the sugar concentration of the sugar palm in syrup and the thickness of the sugar palm suitable for drying at 70 degree of Celsius. The sugar concentrations used in the experiment were 30, 40 and 50 Brix and the sugar palm thickness was 8, 12 and 15 millimeter, respectively. The nine point hedonic scale sensory evaluation test was used for valued the product of dried sugar palm, in terms of color, shape, smell, softness, texture, taste and overall appearance. From the test, it was found that the sensory evaluation results the preference of the testers was the sugar concentration level of 40 Brix, thickness 12 millimeter were the most. Because there

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

was a sensory propensity score in terms of color 60 percent of all assessors at the level of liking at level 8 (like it very much), in terms of shape 40 percent of all assessors at the level of liking at level 8 (like it very much), in terms of softness 50 percent of all assessors at the level of liking at level 9 (like the most), in terms of texture 32.5 percent of all assessors at the level of liking at level 9 (like the most), in terms of taste 42.5 percent of all assessors at the level of liking at level 9 (like the most) and in terms of overall appearance 55 percent of all assessors at the level of liking at level 8 (like it very much).

Keywords: drying, sugar palm, sensory evaluation test

บทนำ

"เพชรบุรี" เป็นแหล่งปลูกต้นตาลที่มีชื่อเสียงมาอย่างยาวนาน และผลผลิตที่ได้จากต้นตาลโดยเฉพาะน้ำตาลโตนด ยังเป็นส่วนผสมที่สำคัญในการทำขนมหวานเมืองเพชรตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ชาวบ้านได้นำผลผลิตจากต้นตาล มาประกอบอาหารทั้งคาว หวาน และยังแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ ได้อีกมากมายเป็นการสร้างรายได้ และชื่อเสียงให้กับชาวเพชรบุรี ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ชาวบ้านในชุมชนท้องถิ่น ยังคงอนุรักษ์การปลูกตาลโตนด และส่งต่อวิถีชีวิต รวมถึงการแปรรูปจากตาลโตนด จากรุ่นสู่รุ่น (อุบล สมทรง และศิริวรรณ แดงฉ่ำ, 2558 สุนี คำนวลศิลป์, 2559 และ จุฑารัตน์ นกแก้ว, 2564)

ลูกตาลเป็นผลผลิตทางการเกษตร สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อย่างกว้างขวาง ซึ่งผลตาลจะมีจำนวนมากเฉพาะตามฤดูกาลเท่านั้น โดยส่วนมากมักจะมีระยะเวลาในการเก็บรักษาที่สั้น การเสื่อมเสียเริ่มหลังจากผลตาลหล่นจากต้นหรือการเก็บเกี่ยวลงมา กลิ่น รส ที่ผิดปกติและไม่ปลอดภัยต่อการบริโภค การที่มีผลตาลมากจนเกินไปทำให้นำมาใช้ประโยชน์ไม่ทันต่อจำนวนผลตาลที่เก็บเกี่ยว จึงทำให้สูญเสียผลตาลไปโดยเปล่าประโยชน์ นอกจากนี้การขนส่งยังใช้พื้นที่มากไม่สามารถทับซ้อนกันได้ จากการที่ผลผลิตตาลมากจนเกินไป จึงต้องมีวิธีการยืดอายุการเก็บรักษาผลตาลให้สามารถนำไปใช้ได้ระยะเวลายาวนาน มีการทำวิจัยที่ศึกษาการอบแห้งเนื้อตาลนำมาใช้ประโยชน์โดยการเพิ่มคุณค่าทางโภชนาการ และสร้างมูลค่าเพิ่มให้กับผลตาลที่ล้นตลาด โดยการอบแห้งแปรรูปผลิตภัณฑ์ เพื่อให้เก็บรักษาได้นานยิ่งขึ้น และง่ายต่อการขนส่ง ซึ่งสอดคล้องกับการดำรงชีวิตของชาวบ้านที่ต้องการความสะดวกสบายและรวดเร็ว (Kongsamran P. et.al., 2019 Kokkaew J., 2020 ประพาภรณ์ ศิลารักษ์ และคณะ, 2558 วิชมณี ยืนยงพุทธกาล และคณะ, 2560 และ จิตตะวัน กุโบลา และคณะ, 2561)

จากปัญหาที่ได้กล่าวมาข้างต้นผู้วิจัยจึงทำการศึกษาความหนาของเนื้อลูกตาลและความเข้มข้นของน้ำตาลที่เหมาะสมกับการอบแห้งเนื้อลูกตาลเชื่อม เพื่อเป็นการถนอมอาหารสามารถยืดอายุการเก็บรักษา และเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์โดยการใช้การประเมินทางประสาทสัมผัส

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาล และความหนาของเนื้อลูกตาลที่เหมาะสมกับการอบแห้ง

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ แบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ 1) การเตรียมวัตถุดิบเนื้อลูกตาลเชื่อม 2) การอบแห้งเพื่อหาความชื้นของเนื้อลูกตาลเชื่อม และ 3) การนำผลิตภัณฑ์ที่ได้มาทำการประเมินทางประสาทสัมผัส เพื่อหาลักษณะของเนื้อลูกตาลเชื่อมอบแห้งที่ความหวานและความหนาต่างๆให้มีความเหมาะสมต่อความชอบของผู้บริโภคซึ่งแต่ละขั้นตอนมีรายละเอียดดังนี้

1) การเตรียมวัตถุดิบเนื้อลูกตาลเชื่อม

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เนื้อตาลที่ระยะความหนาของเนื้อลูกตาล สองชั้น ถึง สองชั้นครึ่ง ซึ่งเป็นความหนาของเนื้อลูกตาลที่เหมาะสมสำหรับการอบแห้ง ซึ่งใช้วิธีการเลือกผลตาลให้ได้เนื้อลูกตาลในระยะความหนาของเนื้อลูกตาล สองชั้นถึงสองชั้นครึ่ง สามรถสังเกตจากสีของผลตาลจะแบ่งเป็น 2 ชั้น โดยบริเวณด้านล่างของผลตาลสีจะค่อนข้างเป็นสีเขียวเข้ม และบริเวณด้านบนของผลตาลจะเป็นสีขาว (อุบล สมทรง และศิริวรรณ แดงฉ่ำ, 2558) ดังแสดงในรูปที่ 1 นำลูกตาลที่ได้มาปอกเปลือก แล้วหันตามขวางให้มีความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร แล้วแช่น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 30 40 และ 50 Brix เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำเนื้อตาลไปใส่ตะกร้าตั้งทิ้งไว้เพื่อให้เนื้อตาลเชื่อมสะเด็ดน้ำ



รูปที่ 1 ลักษณะผลตาลและเนื้อของลูกตาลที่มีความหนาของเนื้อตาลสองชั้น ถึง สองชั้นครึ่ง ที่ใช้ในการทดลอง

2) การอบแห้งเพื่อหาความชื้นของเนื้อลูกตาลเชื่อม

2.1) ทำการชั่งมวลตัวอย่างเนื้อลูกตาลเชื่อมที่ได้จากขั้นตอนที่ 1 ทั้งหมด 9 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 100 กรัม (ความหนาเนื้อลูกตาล 8 12 และ 15 มิลลิเมตร และแช่น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 30 40 และ 50 Brix)

2.2) ตั้งอุณหภูมิของเครื่องอบลมร้อน (hot air oven) ที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ผู้วิจัยเลือกอุณหภูมิที่ใช้ในการอบแห้งที่ 70 องศาเซลเซียส เพราะการอบแห้งผลไม้ที่มีน้ำตาลสูงไม่ควรที่จะอบแห้งที่อุณหภูมิเกิน 75 องคาเซลเซียส เพราะจะทำให้ผนังเซลล์ของอาหารหดตัวเร็วมากจนทำให้ผิวหน้าของอาหารแข็ง มีผลทำให้น้ำหรือความชื้นของอาหารที่อยู่ ด้านในไม่สามารถผ่านหรือระเหยออกมาได้ และเกิดการไหม้เกิดขึ้นได้

2.3) เมื่ออุณหภูมิเครื่องอบลมร้อน มีอุณหภูมิคงที่ที่ 70 องศาเซลเซียส นำเนื้อลูกตาลเชื่อมทั้ง 9 ตัวอย่าง เข้าอบเพื่อหามวลที่ลดลงตามเวลา โดยนำตัวอย่างออกมาชั่งมวลทุกๆ 30 นาที ด้วยเครื่องชั่งดิจิตอล 3 ตำแหน่ง และบันทึกผล ทำการชั่งมวลตัวอย่างจนกระทั่งมวลของเนื้อลูกตาลเชื่อมคงที่

2.4) ทำการอบแห้งเนื้อลูกตาลเชื่อม ทั้ง 9 ตัวอย่างที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียสซ้ำอีก 2 ครั้ง เพื่อใช้ในการยืนยันข้อมูลการอบแห้งเนื้อลูกตาลเชื่อม

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

2.5) นำเนื้อลูกตาลเชื่อมตัวอย่างที่ผ่านการอบแห้งที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ทั้งหมดอบด้วยเครื่องอบลมร้อนที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เพื่อหามวลแห้ง และคำนวณหาร้อยละความชื้นมาตรฐานเปียกจากสมการ (Bala, B.K., 1997)

$$M_w = \frac{m - m_d}{m} \times 100 \qquad (1)$$

เมื่อ M_w คือ ความชื้นมาตรฐานเปียก (%, wb)
m คือ มวลของผลิตภัณฑ์ในปริมาตรที่พิจารณา (กิโลกรัม)
m_d คือ มวลของของแข็ง (มวลแห้ง) ในปริมาตรที่พิจารณา (กิโลกรัม)

2.6) นำข้อมูลที่ได้จากการอบแห้งเนื้อลูกตาลเชื่อมที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส ของตัวอย่างของเนื้อลูกตาลเชื่อมที่มีความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร และแช่น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 30 40 และ 50 Brix มาเขียนกราฟการลดลงของความชื้น (Drying curve) เพื่อศึกษาการลดลงของความชื้นของเนื้อลูกตาลเชื่อมที่เวลาต่างๆ และทำการเปรียบเทียบการลดลงของความชื้นของเนื้อลูกตาลเชื่อมที่มีความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร และแช่น้ำเชื่อมที่มีความเข้มข้น 30 40 และ 50 Brix ตามลำดับ

3) การประเมินทางประสาทสัมผัสแบบเชิงพรรณนา

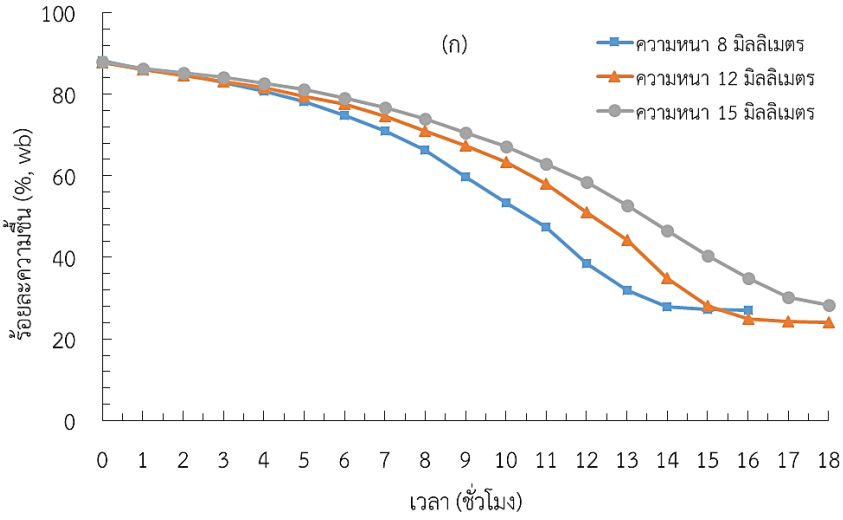
นำเนื้อลูกตาลเชื่อมอบแห้งมาประเมินประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา (เพ็ญขวัญ ชมปรีดา, 2556 และไพโรจน์ วิริยจารี, 2561) เพื่อทดสอบความชอบของกลุ่มผู้ประเมินได้แก่ บุคคลทั่วไป จำนวน 40 คนต่อเนื้อลูกตาลเชื่อมอบแห้ง ด้วยแบบประเมินคุณลักษณะ 7 ด้าน คือ สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส รสชาติ และลักษณะโดยรวมของเนื้อลูกตาลเชื่อมอบแห้ง ที่มีคะแนนตามความชอบในระดับ 1-9 โดยคะแนนระดับ 1 คือ ไม่ชอบมากที่สุด และคะแนนระดับ 9 คือ ชอบมากที่สุด จากนั้นนำผลมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้เกณฑ์คะแนนดังตารางที่ 1 แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลจากการประเมินประสาทสัมผัสเชิงพรรณนาต่อไป

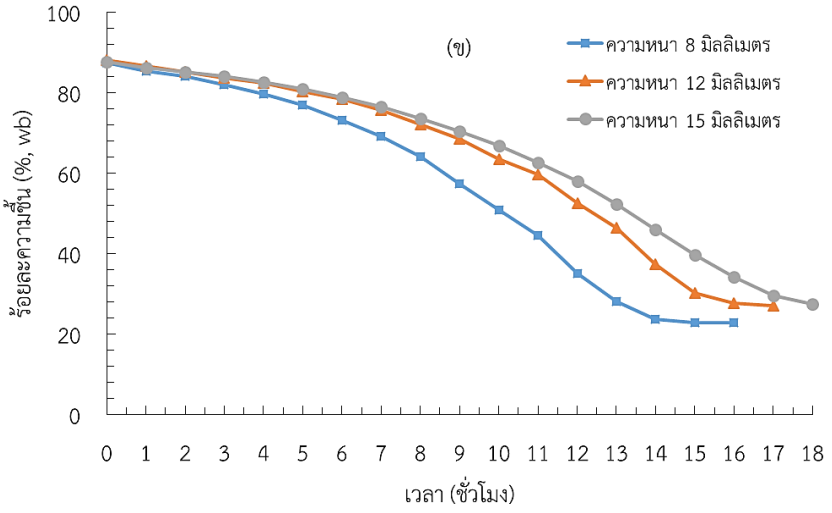
ตารางที่ 1 ระดับความชอบและระดับคะแนนความพึงพอใจของผู้ประเมินที่มีต่อผลิตภัณฑ์ลูกตาลเชื่อมอบแห้ง

คะแนนเฉลี่ย	ระดับความชอบ
1.00 – 1.49	ไม่ชอบมากที่สุด
1.50 – 2.49	ไม่ชอบมาก
2.50 – 3.49	ไม่ชอบปานกลาง
3.50 – 4.49	ไม่ชอบเล็กน้อย
4.50 – 5.49	บอกไม่ได้ว่าชอบหรือไม่ชอบ
5.50 – 6.49	ชอบเล็กน้อย
6.50 – 7.49	ชอบปานกลาง
7.50 – 8.49	ชอบมาก
8.50 – 9.00	ชอบมากที่สุด

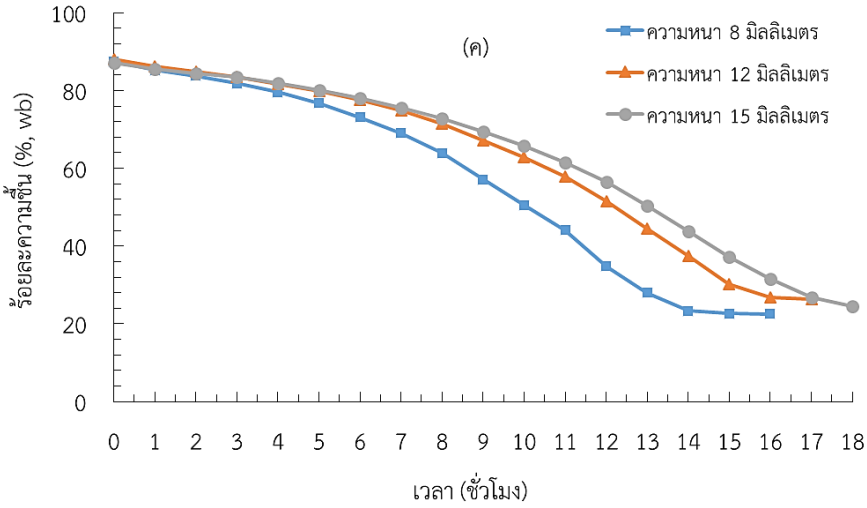
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในการศึกษาความหนาและความเข้มข้นของลูกตาลเชื่อมอบแห้ง โดยการนำเนื้อลูกตาลหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร แช่ในน้ำเชื่อมที่มีที่ระดับความเข้มข้นของน้ำตาล 30 40 และ 50 Brix แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิที่ 70 องศาเซลเซียส ผลการทดลองพบว่า ที่ความเข้มข้นของน้ำตาลเท่ากันความหนาของเนื้อลูกตาลมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง โดยเนื้อลูกตาลยิ่งมีความหนามากเท่าไรอัตราการลดลงของความชื้นจะใช้เวลานานกว่าเนื้อลูกตาลที่มีความหนาน้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 2

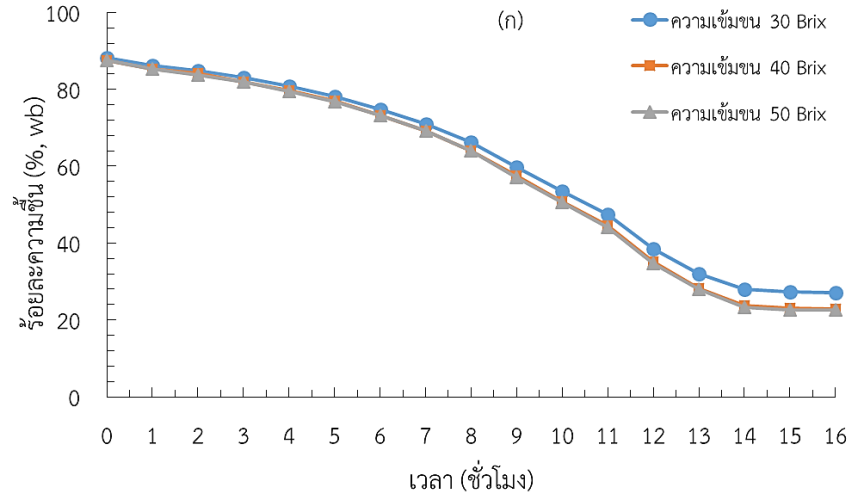


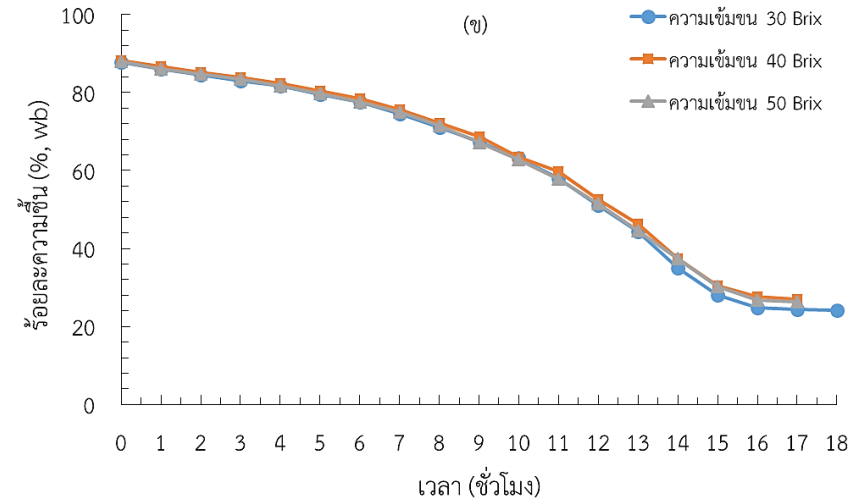


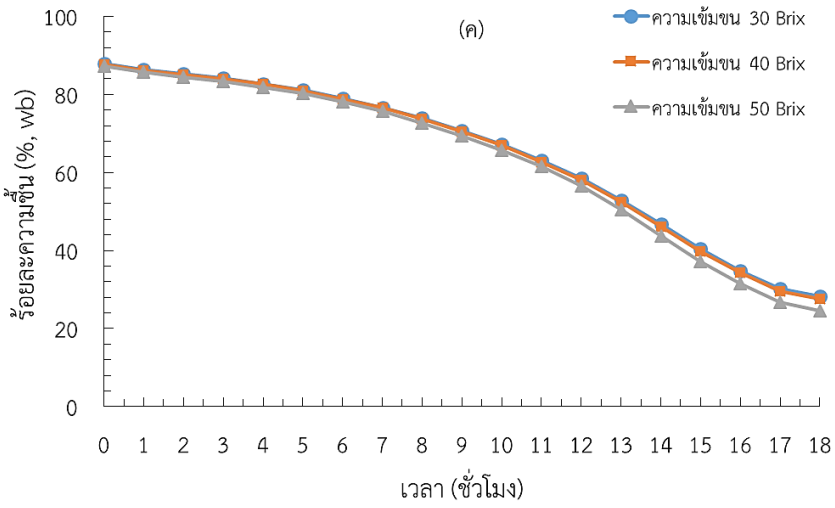
Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)



รูปที่ 2 ร้อยละความชื้นของการอบแห้งลูกตาลหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร ด้วยความเข้มข้นของน้ำตาล (ก) 30 Brix (ข) 40 Brix และ (ค) 50 Brix



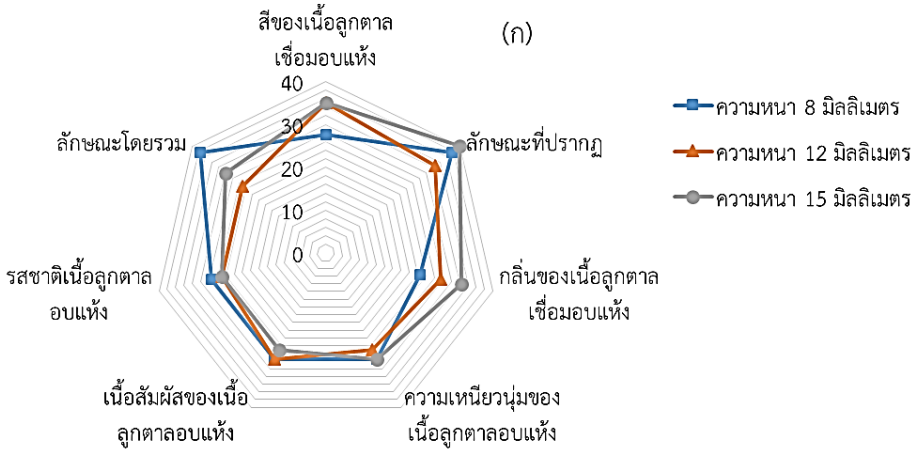




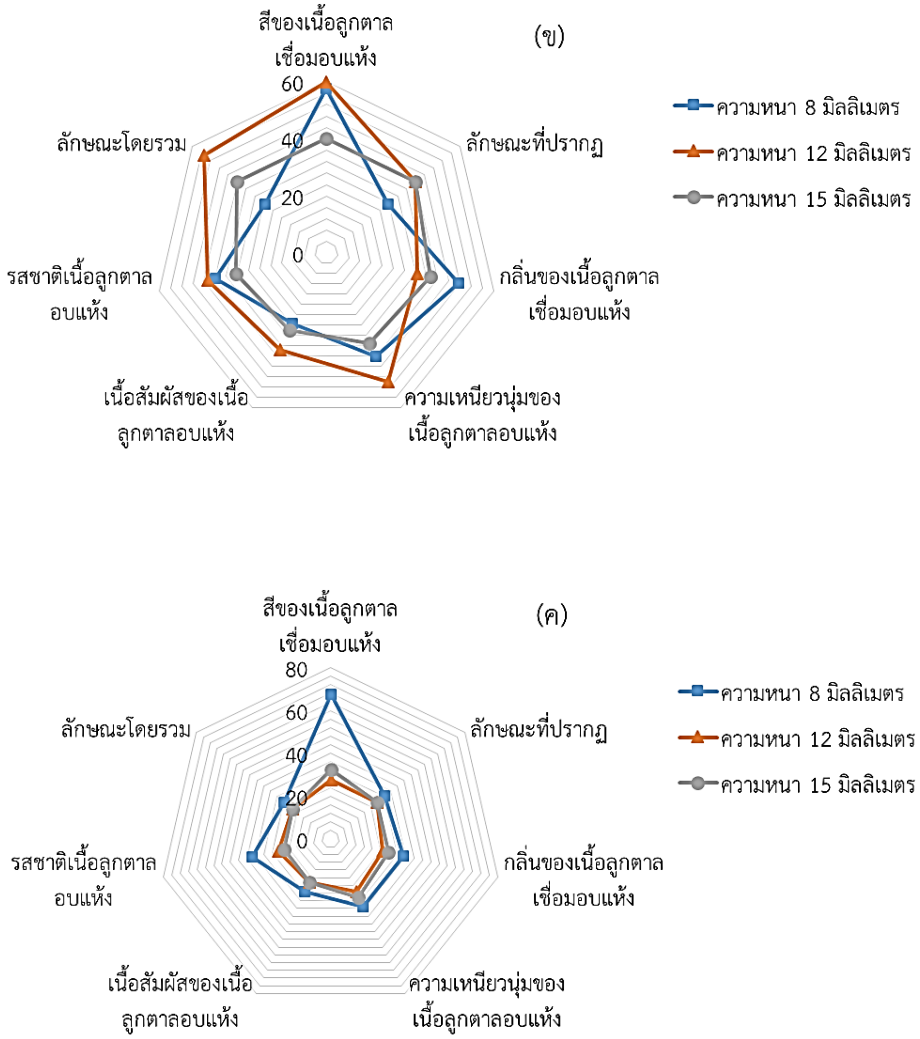
รูปที่ 3 ร้อยละความชื้นของการอบแห้งลูกตาลหนา (ก) 8 มิลลิเมตร (ข) 12 มิลลิเมตร และ (ค) 15 มิลลิเมตร ด้วยความเข้มข้นของน้ำตาล 30 40 และ 50 Brix

ดังนั้นในการอบแห้งเนื้อลูกตาลนั้นปัจจัยในด้านความหนาของชิ้นเนื้อลูกตาลที่นำมาอบแห้งมีผลต่อเวลาที่ใช้ในการอบแห้ง มากกว่า ความเข้มข้นของน้ำตาลที่ใช้ในการเชื่อมเนื้อลูกตาล ดังแสดงในรูปที่ 3 จากกราฟการลดลงของความชื้นที่ความหนาเท่ากันทุกความเข้มข้นของน้ำตาล 30 40 และ 50 Brix จะมีค่าใกล้เคียงกัน

รูปที่ 4 ในการทดสอบทางประสาทสัมผัสของลูกตาลเชื่อมอบแห้ง ตามลักษณะต่างๆที่ปรากฏและการรับรู้ทางประสาทสัมผัส ซึ่งประกอบด้วย สี ลักษณะที่ปรากฏ กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส รสชาติ และลักษณะโดยรวม โดยผู้ประเมินให้คะแนนความชอบที่ระดับความชอบ 1-9 ตามความพึงพอใจที่มีต่อลูกตาลเชื่อมอบแห้ง ในแต่ละระดับความเข้มข้นของน้ำตาลและระดับความหนาของเนื้อลูกตาลเชื่อมอบแห้ง ได้ผลดังนี้



Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)



รูปที่ 4 ร้อยละความชอบที่มากที่สุดของผู้ประเมินที่มีต่อลูกตาลเชื่อมอบแห้งที่ความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร และระดับความเข้มข้นน้ำตาล (ก) 30 Brix (ข) 40 Brix และ (ค) 50 Brix

จากรูปที่ 4 แสดงค่าร้อยละความชอบที่มากที่สุดในแต่ละลักษณะของผู้ประเมินที่มีต่อลูกตาลเชื่อมอบแห้งที่ความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร และระดับความเข้มข้นน้ำตาล 30 Brix 40 Brix และ 50 Brix โดยการประเมินทางประสาทสัมผัสเชิงพรรณนา 7 คุณลักษณะ คือ สี รูปร่าง กลิ่น ความเหนียวนุ่ม เนื้อสัมผัส รสชาติ และลักษณะโดยรวม พบว่าเนื้อลูกตาลที่ความหนา 12 มิลลิเมตร และระดับความเข้มข้นน้ำตาล 40 Brix มีร้อยละความชอบของผู้ทดสอบชอบมากที่สุด 6 คุณลักษณะ โดยมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี ร้อยละ 60 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) ด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ ร้อยละ 40 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) ด้านความเหนียวนุ่ม ร้อยละ 50 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) ด้านเนื้อสัมผัส ร้อยละ 32.5 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) ด้านรสชาติ ร้อยละ 42.5 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) และลักษณะโดยร้อยละ 55 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบ

ระดับ 8 (ชอบมาก) ส่วนคุณลักษณะในด้านกลิ่นที่มีคะแนนความชอบมากที่สุด คือเนื้อลูกตาลอบแห้งความหนา 8 มิลลิเมตร ที่ระดับความเข้มข้น 40 Brix ที่ร้อยละ 47.5 โดยมีคะแนนความชอบที่ระดับ 6 (ชอบเล็กน้อย)

สรุปผลการวิจัย

จากการทดลองอบแห้งเนื้อลูกตาลความหนา 8 12 และ 15 มิลลิเมตร และระดับความเข้มข้นน้ำตาล 30 Brix 40 Brix และ 50 Brix พบว่าความหนาของเนื้อลูกตาลมีผลต่อเวลาในการอบแห้งมากกว่าระดับความเข้มข้นน้ำตาล ยิ่งความหนาของเนื้อลูกตาลมีค่ามากขึ้น เวลาที่ใช้ในการอบแห้งจนกระทั้งความชื้นลดลงคงที่จะใช้เวลาที่มากขึ้น ส่วนระดับความเข้มข้นของน้ำตาลที่ต่างกันไม่มีผลต่ออัตราการลดลงของความชื้น ดังนั้นปัจจัยที่มีผลต่อการอบแห้งของเนื้อลูกตาลในงานวิจัยนี้ คือความหนาของเนื้อลูกตาลที่ใช้ในการอบแห้ง และจากการประเมินความชอบทางประสาทสัมผัสนั้น พบว่าเนื้อลูกตาลที่ความหนา 12 มิลลิเมตร และระดับความเข้มข้นน้ำตาล 40 Brix มีร้อยละความชอบของผู้ทดสอบชอบมากที่สุด 6 คุณลักษณะจาก 7 คุณลักษณะ โดยมีคะแนนความชอบทางประสาทสัมผัสในด้าน สี ร้อยละ 60 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) ด้านคุณลักษณะที่ปรากฏ ร้อยละ 40 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) ด้านความเหนียวนุ่ม ร้อยละ 50 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) ด้านเนื้อสัมผัส ร้อยละ 32.5 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) ด้านรสชาติ ร้อยละ 42.5 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 9 (ชอบมากที่สุด) และลักษณะโดยร้อยละ 55 ของผู้ประเมินทั้งหมดที่ระดับความชอบระดับ 8 (ชอบมาก) ทั้งนี้อาจจะต้องมีการเก็บข้อมูลทางด้านการประเมินประสาทสัมผัสในกลุ่มตัวอย่างที่หลากหลาย หรือในกลุ่มอาชีพที่เกี่ยวข้องในการนำเนื้อลูกตาลเชื่อมอบแห้งไปประยุกต์ใช้ให้มากยิ่งขึ้น เพื่อนำผลที่ได้นำไปใช้ประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

จุฑารัตน์ นกแก้ว. (2564). ภูมิปัญญาท้องถิ่นตาลโตนดของไทย:การสังเคราะห์องค์ความรู้จากงานวิจัย. *วารสารห้องสมุด, 65*(1), 35-56.

จิตตะวัน กุโบลา, ชุลีพร บุ้งทอง, เทวิกา กีรติบูรณะ, เพียรพรรณ สุภะโคตร, จตุพัฒน์ สมัปปิโต และกมลพร สิทธิไตรย์. (2561). การผลิตเนื้อลูกตาลสุกผงโดยการทำแห้งแบบโฟมแมท และการประยุกต์ใช้ในขนมไทย. *วารสารการเกษตรราชภัฏอุบลราชธานี, 17*(1), 17-26.

ประพาภรณ์ ศิลารักษ์, สาลินี อาจารีย์ และดุสิต งามรุ่งโรจน. (2558). การศึกษากระบวนการทำเนื้อตาลอบแห้งด้วยเครื่องอบแห้งไมโครเวฟ. *ในการประชุมวิชาการระดับชาติราชภัฏเพชรบุรีวิจัยเพื่อแผ่นดินไทยที่ยั่งยืน ครั้งที่ 5 "สหวิทยาการและนวัตกรรมเพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืนสู่เอเชีย-แปซิฟิก"*. (97-103). วันเสาร์ที่ 4 กรกฎาคม พ.ศ.2558. มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี.

เพ็ญขวัญ ชมปรีดา. (2556). *การประเมินคุณภาพทางประสาทสัมผัสและการยอมรับของผู้บริโภค* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ไพโรจน์ วิริยจารี. (2561). *การประเมินทางประสาทสัมผัส (Sensory Evaluation).* มหาวิยาลัยเชียงใหม่: ศูนย์บริหารงานวิจัยมหาวิยาลัยเชียงใหม่.

วิชมณี ยืนยงพุทธกาล, สันทัด วิเชียรโชต และ ธีรารัตน์ อิทธิโสภณกุล. (2560). *การพัฒนาผลิตภัณฑ์ลูกตาลอ่อนกึ่งแห้งให้เป็นอาหารเพื่อสุขภาพมูลค่าสูง ด้วยวิธีการออสโมซิสในสภาวะสุญญากาศร่วมกับการทำแห้ง* (รายงานผลการวิจัย). ชลบุรี: มหาวิทยาลัยบูรพา.

สุนี คำนวลศิลป์. (2559). *การศึกษาภูมิรู้เรื่องตาลของคนเพชรบุรีผ่านระบบคำ* (รายงานผลการวิจัย). นครปฐม: มหาวิทยาลัยศิลปากร.

อุบล สมทรง และศิริวรรณ แดงฉ่ำ. (2558). *ตาลทรัพย์สินเมืองเพชร.* นครปฐม:บริษัทเพชรเกษมพริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด.

Bala, B.K. (1997). *Drying and storage of cereal grains*. New Delhi: Oxford & IBN Publishing Co. Pvt. Ltd.

Nokkaew, J. (2020). *A study of palmyra palm as local wisdom for self-management community in Huai Krot Subdistrict, Sankhaburi District, Chai Nat Province* (progress research report). Bangkok: Research and Development Institute, Chandrakaserm Rajabhat University.

Kongsamran, P., Chitraniratana, N., Boonprakarn, K. and Khemakunasai, P. (2019). Wisdom of making palm sugar products for enhancing foodsecurity under the way of life of palm sugar in Sathing Phra District, Songkhla Province. *The 10th National and International Hat Yai Academic Conference*. 12 February 2021. Songkha.

Received: September 9, 2022 Revised: September 22, 2022
Accepted: October 10, 2022 Published: November 21, 2022

การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V415 Vir
The study of period change of V415 Vir binary stars

สุภาณี ใหม่จันทร์ดี[1] ตอริก เฮ็งปิยา[2] และ วริษา ปานเจริญ[3*]
Supanee Maichandee[1] Torik Hengpiya[2] and Warisa Pancharoen[3]

[1] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา
[2] หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
[3] คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[*] warisa.pan@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ ทำการศึกษาคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ V415 Vir ซึ่งเป็นดาวคู่อุปราคาประเภทแบบใกล้ชิดชนิดอุปราคา ประเภท W Uma type จัดเป็นดาวคู่อุปราคา แบบแตะกัน (Contact Binary System) โดยใช้ข้อมูลจากฐานข้อมูล TESS Eclipsing Binary Catalog ซึ่งเป็นข้อมูลที่ได้จากถ่ายภาพด้วยดาวเทียม TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) โดยใช้ข้อมูลที่ได้ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 21- 23 มีนาคม 2563 ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้กระบวนการโฟโตเมตรี (Photometry) และเขียนกราฟระหว่างฟลักซ์และเวลา เพื่อทำการหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด จากนั้นนำข้อมูลจากฐานข้อมูลที่แสดงใน American Association of Variable Star Observers (AAVSO) และงานวิจัยนี้มาสร้างแผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ V415 Vir ได้แผนภาพ O-C มีลักษณะเป็นพาราโบลาหงาย แสดงให้เห็นว่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.12×10^{-2} วินาทีต่อปี

คำสำคัญ: ดาวคู่, แผนภาพ O-C, อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบ, V415 Vir

Abstract

In this research, the W Uma type of the eclipsing binary system V415 Vir was studied by using the photometry technique. The observation data from the TESS Eclipsing Binary Catalog database, which was observed on 21-23 March 2020, was used to determine the time of minimum. The data were used to plot the O-C curve. The upward parabolic curve means the period is increased at the rate of 3.12×10^{-2} seconds/year.

Keywords: binary star, O-C diagram, period change, V415 Vir

บทนำ

ระบบดาวคู่ (Binary Systems) เป็นระบบของดาวที่ประกอบด้วยสมาชิกสองดวง โคจรรอบจุดศูนย์กลางของมวลร่วมกัน และอยู่ภายใต้แรงโน้มถ่วงซึ่งกันและกัน (วิระภรณ์ ไหมทอง และ อมรรัตน์ ตาจุมปา , 2562) การที่นักดาราศาสตร์ศึกษาระบบดาวคู่ทำให้ทราบถึงคุณสมบัติทางกายภาพของดาวฤกษ์ และสามารถอธิบายแนวโน้มของวิวัฒนาการของดาวฤกษ์ได้ (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550) ระบบดาวคู่แบ่งได้เป็น 2 ประเภทใหญ่ๆ นั่นคือ แบบที่มองเห็นแยกจากกันชัดเจนเมื่อมองผ่านกล้องโทรทรรศน์ (Visual Binary Systems) และแบบที่มองเห็นเป็นดาวดวงเดียวกัน เนื่องจากเป็นระบบดาวคู่ที่อยู่ใกล้กันมาก (Close Binary Systems) ต้องอาศัยเทคนิคการวิเคราะห์ในรูปแบบอื่นๆ จึงสามารถทราบได้ว่าเป็นระบบดาวคู่ สำหรับการจำแนกประเภทของระบบดาวคู่จะต้องทำการสร้างกราฟแสง ซึ่งเป็นข้อมูลการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของแสงจากระบบดาวคู่ที่เวลาต่าง ๆ กันลักษณะของกราฟแสงที่มีการลดลงของเส้นกราฟ หมายถึงมีการโคจรบังกันภายในระบบดาวคู่ตามแนวสังเกตการณ์ซึ่งการโคจรรอบกันของระบบดาวคู่หนึ่งรอบจะเกิดการบังกันที่ทำให้ปริมาณของแสงลดลงสองครั้ง ทำให้เราสามารถหาคาบเวลาที่ระบบดาวคูโคจรรอบกันครบรอบโดยสมบูรณ์ ทำให้นักดาราศาสตร์สามารถวิเคราะห์วงโคจร และองค์ประกอบทางกายภาพของระบบดาวคู่ที่นำมาเป็นหลักฐานในการศึกษา วิวัฒนาการของการเปลี่ยนแปลงในระบบดาวคู่ได้ (อรดี พิลาโฮม และคณะ, 2561)

ดาวคู่ V415 Vir เป็นดาวคู่แบบใกล้ชิดชนิดอุปราคา ประเภท W Uma type จัดเป็นดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน (Contact Binary System) โดยมีชนิดของสเปกตรัม (Spectral Type) G0 มีพิกัดอยู่ที่ตำแหน่ง RA. 12 h 45 m 01.58 s Dec. +07° 57’ 05.06” มีคาบการโคจรอยู่ที่ 0.373705 วัน (SIMBAD Astronomical Database,2000) ในงานวิจัยนี้ ทำการศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงจากแผนภาพ O-C เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบของระบบดาวคู่ V415 Vir เพื่อเป็นฐานข้อมูลในการศึกษาเกี่ยวกับวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ V415 Vir ต่อไปในอนาคต

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

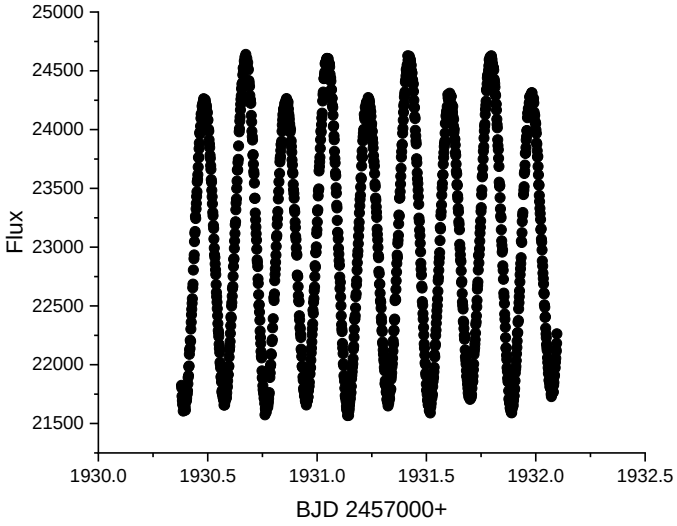
เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงจากแผนภาพ O-C เพื่อคำนวณอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบของระบบดาวคู่ V415 Vir

วิธีดำเนินการวิจัย

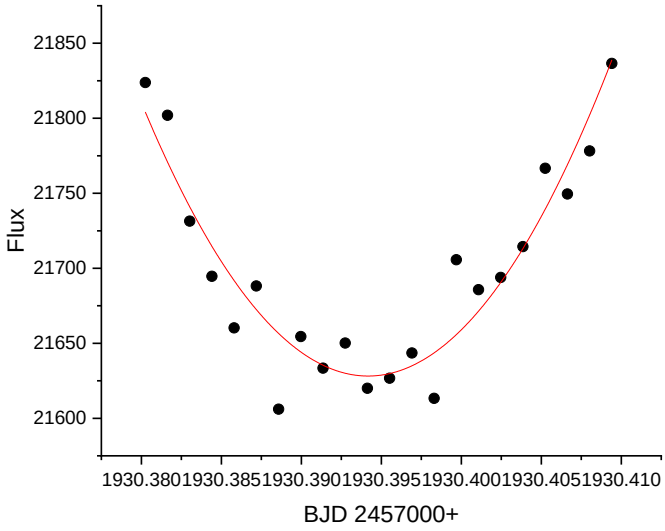
ในการศึกษาการแปรแสงของระบบดาวคู่ V415 Vir ได้ทำการเก็บข้อมูลของระบบดาวคู่จากฐานข้อมูล TESS Eclipsing Binary Catalog ซึ่งเป็นถ่ายภาพด้วยดาวเทียม TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) โดยใช้ข้อมูลที่ได้ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 21- 23 มีนาคม 2563 นำมาเขียนกราฟระหว่างฟลักซ์ (flux, f) และเวลา ซึ่งจะได้กราฟที่มีค่าต่ำสุดของแสงออกมาในรูปของคาบ ดังรูปที่ 1 จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light) เมื่อหาค่าเวลาที่แสงมีค่าน้อยที่สุดได้แล้ว จึงหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบของดาวคู่ V415 Vir โดยใช้แผนภาพ O-C ใช้สมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second Order Polynomial Fitting) ในการหาความสัมพันธ์ระหว่าง O–C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ และคำนวณคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรจากการหาอนุพันธ์ของความสัมพันธ์ระหว่าง O–C กับ Epoch (dP/dE)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

เมื่อทำการเขียนกราฟระหว่างฟลักซ์และเวลาจะได้กราฟดังรูปที่ 1 เป็นกราฟแสงของระบบดาวคู่ V415 Vir โดยแกนตั้งแทนค่าฟลักซ์และแกนนอนแทนค่าเวลาเป็น BJD (Barycentric Julian Date) ซึ่งเป็นเวลาจูเลียนที่อ้างอิงจุดศูนย์กลางมวลของระบบสุริยะโดยคิดรวมความคลาดเคลื่อนเนื่องจากการเคลื่อนที่ของแสงและปัจจัยอื่นๆที่เกี่ยวข้อง (Eastman, J. et.al., 2010) นำค่าที่ได้ไปคำนวณค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (Time of Minimum Light) ซึ่งในงานนี้ได้คำนวณจากสมการเชิงอนุพันธ์สามัญอันดับหนึ่ง โดยทำการเลือกข้อมูลบริเวณที่แสงลดลงต่ำที่สุดนำมาเขียนกราฟได้ดังรูปที่ 2 จากนั้นหาจุดวกกลับของเส้นโค้งซึ่งได้จากการฟิตกราฟได้ดังสมการที่ 1



รูปที่ 1 กราฟแสงของระบบดาวคู่ V415 Vir



รูปที่ 2 กราฟแสดงช่วงเวลาที่แสงน้อยที่สุดของดาวคู่ V415 Vir

$$y = 907252.02628x^2 - 3.50271x10^9 + 3.3808x10^{12} \quad (1)$$

จากกราฟแสงจากรูปที่ 1 เราจะเห็นถึงการลดลงของแสงในช่วงการเกิดอุปราคาปฐมภูมิ และทุติยภูมิ เมื่อทำการวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด โดยการสร้างกราฟพาราโบลา (parabola graph) ในช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาปฐมภูมิ (Primary eclipse) และช่วงเวลาที่เกิดอุปราคาทุติยภูมิ (Secondary eclipse) หาจุดต่ำสุดของกราฟ โดยใช้สมการของ Bob Nelson ที่แสดงใน American Association of Variable Star Observers (AAVSO) ในปีค.ศ. 2017 (American Association of Variable Star Observers, 2019) โดยทำการเปลี่ยนเปลี่ยนวันจูเลียนสุริยะ (HJD) ให้เป็นวันจูเลียนศูนย์กลางมวล (BJD)

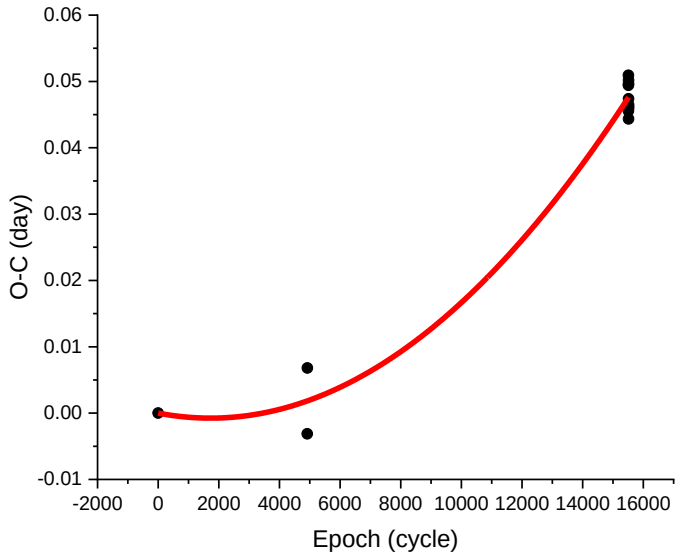
$$\text{Min. I} = \text{BJD } 53133.62072 + 0.373705\ E \quad (2)$$

เมื่อ Min. I คือ เวลา BJD ที่แสงน้อยที่สุด
E คือ จำนวนรอบของการโคจรของระบบดาวคู่

ตารางที่ 1 ค่า O–C ของระบบดาวคู่ V415 Vir

เวลาที่แสงน้อยที่สุด (BJD)	Epoch	O-C	Source
53133.62072	Epoch	O-C	GCVS 4
54971.49878	0	3×10^{-6}	IBVS 5918
54972.44298	4918.0	-0.003130	IBVS 5918
58930.39525	4920.5	0.006808	This work
58930.57824	15511.5	0.049420	This work
58930.77046	15512.0	0.045556	This work
58930.95073	15512.5	0.050927	This work
58931.14341	15513.0	0.044344	This work
58931.32631	15513.5	0.050171	This work
58931.51657	15514.0	0.046223	This work
58931.70117	15514.5	0.049630	This work
58931.88713	15515.0	0.047375	This work
58932.07345	15515.5	0.046479	This work

นำเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่ได้จากการสังเกตการณ์ (O) ไปคำนวณหาค่า Epoch และคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (C) จากนั้นนำค่าผลต่างที่ได้ไปสร้างเป็นกราฟ O-C เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบของดาวคู่V415 Vir ได้ดังรูปที่ 3 ซึ่งเป็นรูปกราฟพาราโบลาหงาย นั่นแสดงถึงแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคาบของดาวคู่ V415 Vir มีอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบที่เพิ่มขึ้น



รูปที่ 3 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O–C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ V415 Vir

พิจารณากราฟความสัมพันธ์ระหว่าง O–C กับ Epoch ของระบบดาวคู่ V415 Vir ในรูปที่ 3 ด้วยสมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second Order Polynomial Fitting)) และใช้วิธีการฟิตกราฟด้วยสมการพหุนามกำลังสอง (Quadratic Polynomial Fitting Method) ด้วยสมการ

$$O - C = 2.54336\times10^{-10}E^2 - 8.77022\times10^{-7}\,E \qquad (3)$$

สามารถคำนวณหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร (dP/dE) ของระบบดาวคู่ V415 Vir ได้จากสมการ

$$(dP/dE) = 2(2.54\times10^{-10}) = 5.09\times10^{-10} \text{ วัน/รอบ} = 3.12\times10^{-02} \text{ วินาที/ปี}$$

จะเห็นได้ว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่ V415 Vir (dP/dE) มีค่าเป็นบวก ซึ่งตีความได้ว่า คาบวงโคจรของดาวคู่ V415 Vir มีค่าเพิ่มขึ้นในอัตรา 3.12×10^{-2} วินาที/ปี แสดงให้เห็นว่าระยะห่างระหว่างดาวทั้งสองดวงมีค่าเพิ่มขึ้น จึงทำให้คาบของการโคจรเพิ่มขึ้นตามทฤษฎี Thermal Relaxation Oscillator (TRO) ซึ่งกล่าวถึงการถ่ายเทพลังงานระหว่างมวลระหว่างดาวคู่ ซึ่งมีผลต่อคาบกสนการโคจรของระบบ ถ้าพิจารณาว่ามวลและโมเมนตัมเชิงมุมของระบบมีค่าคงที่ เมื่อคาบการโคจรของดาวคู่มากขึ้น แสดงว่าระยะทางระหว่างดาวทั้งสองมีค่ามากขึ้นไปด้วย และถ้าระยะห่างระหว่างดาวทั้งสองมีค่าเพิ่มขึ้นไปเรื่อยๆ ก็จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงประเภทของระบบดาวคู่เป็นแบบกึ่งแตะกัน และ แตะกันสลับกับไปเรื่อยๆ (ปกิจ สังสิริ, 2552)

สรุปผลการวิจัย

ในการศึกษาการแปรแสงของระบบดาวคู่ V415 Vir ซึ่งทำการเก็บข้อมูลของระบบดาวคู่จากฐานข้อมูล TESS Eclipsing Binary Catalog ซึ่งเป็นถ่ายภาพด้วยดาวเทียม TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) โดยใช้ข้อมูลที่ได้ที่ได้จากการสังเกตการณ์ในวันที่ 21- 23 มีนาคม 2563 มาทำการสร้างกราฟแสงเพื่อวิเคราะห์หาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด แล้วทำการสร้างแผนภาพ O-C เมื่อพิจารณาแผนภาพและใช้วิธีการฟิตกราฟด้วยสมการพหุนามกำลังสอง พบว่าคาบวงโคจรของดาวคู่ V415 Vir มีค่าเพิ่มขึ้น ในอัตรา 3.12×10^{-2} วินาที/ปี เมื่อพิจารณาจาก Thermal Relaxation Oscillator (TRO) หมายความว่าระยะห่างระหว่างดาวทั้งสองดวงมีค่าเพิ่มขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ The National Aeronautics and Space Administration ในการอนุเคราะห์ข้อมูลผ่านฐานข้อมูล TESS Eclipsing Binary Catalog

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). *ดาราศาสตร์ฟิสิกส์.* เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ปกิจ สังสิริ. (2552). *การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่แบบแตะกัน 5 ระบบ คือ CE Leonis, DF Hydrae, FZ Orion, YY Eridani และ FG Hydrae*. นครสวรรค์: มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.

วิระภรณ์ ไหมทอง และ อมรรัตน์ ตาจุมปา (2019). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบและวัตถุที่สามในระบบดาวคู่ V781 Tauri.*วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี, 7*(2), 179-187.

อรดี พิลาโฮม, เชิดตระกูล หอมจำปา, ธีรธาร ศรีมหา และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม. (2561). การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ DF Hydrae. *วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ, 1*(1), 47-54.

Bob Nelson’s Database of Eclipsing Binary O-C Files, AAVSO. Accessed on 2 Sep 2022. from https://www.aavso.org/bob-nelsons-o-c- files

Eastman, J., Sivert, R. and Guadi, B. S. (2010). Achieving Better Than 1 Minute Accuracy in Heliocentric and Barycentric Julian Dates. *The Astronomical Society of pacific,*122, 935-946.

Kreiner, J. M. (2004). An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars. *Acta Astronomica*, 54, 207-210.

Lucy, L. B. (1976). Ursae Majoris systems with marginal contact. *Astrophysics Journal,* 205, 208-216.

Penélope Alejandra Longa-Peña. (2015). *Orbital Parameters Estimation for Compact Binary Stars*. Doctor of Philosophy: Department of Physics University of Warwick.

Shu, F.H., Lubow, S.H. and Anderson, L. (1976). On the structure of contact binaries, I - The contact discontinuity. *Astrophysics Journal*, 209, 536.

SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg). Accessed on 2 Sep 2022. from http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

TESS Eclipsing Binary Catalog. Accessed on 1 Sep 2022. from http://tessebs.villanova.edu/

Wilson, R. E. and Devinney, E. J. (1971). Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *Astrophysics Journal*, 166, 605-619.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: September 15, 2022 Revised: October 10, 2022
Accepted: October 14, 2022 Published: November 21, 2022

การศึกษาพฤติกรรมของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมเสมือนภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร

The studying the behavior of the electric charge, electric field, and electric potential of the virtual-conductor under the volume charge density

อาทิตย์ หู้เต็ม[1] และ ณัฐณิชา มะสูงเนิน[2*]
Artit Hutem[1] and Nutnicha Masoongnoen[2]

[1] สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์
[2] ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
[*] thdgam@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ คณะผู้จัดทำได้ศึกษากลุ่มอนุภาคประจุไฟฟ้าที่ฉาบลงบนผิวฉนวนทรงกลม โดยสร้างแบบจำลองฟังก์ชันทางคณิตศาสตร์ของความหนาแน่นของประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรขึ้นมา 4 ชนิด ได้ผลลัพธ์เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้ากับระยะทาง, กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับระยะทาง และกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับระยะทาง โดยแต่ละกราฟความสัมพันธ์จะให้ผลลัพธ์ออกมา 2 ลักษณะพบว่าเลขชี้กำลังของ r_σ แปรผันตรงกับแอมพลิจูดการสั่นของประจุไฟฟ้า แต่แปรผกผันกับความถี่การสั่นของสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า ในขณะที่ค่าคงที่ ω_f แปรผันตรงกับความถี่ของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า แต่แปรผกผันกับความยาวคลื่น และแอมพลิจูดการสั่นของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า

คำสำคัญ: ประจุไฟฟ้า, สนามไฟฟ้า, ศักย์ไฟฟ้า, ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร

Abstract

In this study, we calculated 4 volume electric densities in polynomial and trigonometry form to see the effects of the oscillation of charge, electric field, and electric potential. We investigate the relation between the electric charge - the distance, the electric field - the distance, and the electric potential – distance. The results show that the exponent of the variable affects the oscillation of electric charge, electric field, and electric potential. The value of variable exponent is directly related to the amplitude of charge oscillation, electric field oscillation, and potential oscillation. However, the calculated results show the inversely proportional to the

frequency of charge oscillation, electric field oscillation, and potential oscillation. Another result gives that in each volume electric density, ω_f constant is directly related to the frequency of charge oscillation, electric field oscillation, and potential oscillation. But inversely to the wavelength and the oscillate amplitude of charge, electric field, and potential.

Keywords: electric charge, electric field, electric potential, volume charge density

บทนำ

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาพฤติกรรมอนุภาคประจุไฟฟ้าที่กระจายตัวอยู่ใกล้กันมาก เมื่อเปรียบเทียบกับระยะทาง r_σ เมตร ที่อนุภาคประจุกลุ่มนั้นห่างจากตำแหน่งที่ใช้ในการพิจารณาหาค่าสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า โดยคณะผู้จัดทำพิจารณาอนุภาคประจุไฟฟ้าเป็นกลุ่มประจุไฟฟ้าที่เป็นฟังก์ชันแบบต่อเนื่อง โดยกลุ่มประจุดังกล่าวมีการกระจายตัวรอบพื้นผิวฉนวนทรงกลมแบบสมมาตรภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร ในหนังสือฟิสิกส์ 3 ของสมพงษ์ ใจดี (2543) ได้อธิบายลักษณะของความหนาแน่นประจุเชิงปริมาตรเป็นแบบฟังก์ชันที่ขึ้นอยู่กับแนวรัศมีของตัวนำทรงกลมเท่านั้น และงานวิจัยของ Masoongnoen N. และคณะ (2021) ได้แสดงวิธีการคำนวณหาประจุไฟฟ้าภายใต้ความหนาแน่นเชิงเส้นเป็นฟังก์ชันไซน์ ซึ่งในงานวิจัยนี้ได้แสดงวิธีการคำนวณหาประจุไฟฟ้าภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร นำสู่การทำเป็นสื่อการเรียนการสอนในรายวิชา ฟิสิกส์ 2 เรื่อง กฎเกาส์ และเรื่องศักย์ไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร $\rho(r_\sigma)$ และรายวิชาแม่เหล็กไฟฟ้า ต่อไปผู้วิจัยจะนำงานวิจัยนี้มาทำสื่อการเรียนการสอน โดยใช้ภาษาไพธรอนในการสร้างแบบจำลองวิถีของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนั้นอาจเป็นการสั่นภายในตัวนำทรงกลมเสมือนนั้นซึ่งความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรได้แสดงออกโดยฟังก์ชันตรีโกณมิติเป็นฟังก์ชันไซน์ต่อไป

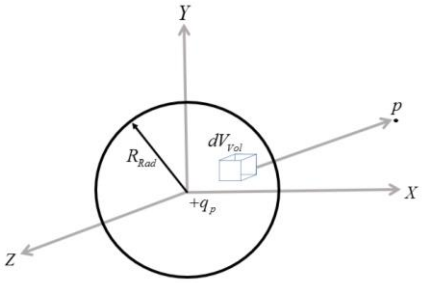
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อคำนวณและการศึกษาพฤติกรรมของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมเสมือนภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้พิจารณาความหนาแน่นของประจุไฟฟ้า 4 รูปแบบ คือ $\rho_1(r_\sigma)$, $\rho_2(r_\sigma)$, $\rho_3(r_\sigma)$ และ $\rho_4(r_\sigma)$ ที่ขึ้นอยู่กับระยะทางที่ใช้ในการหาค่าสนามไฟฟ้า (E_p) และศักย์ไฟฟ้า (V_p) เป็นระยะ r_σ เมตร ในรูปฟังก์ชันพหุนามและตรีโกณมิติ เพื่อวิเคราะห์ประจุไฟฟ้าวงปิด สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าบนผิวฉนวนทรงกลมรัศมี R_{rad} ที่ถูกฉาบด้วยประจุไฟฟ้ากระจายตัวอย่างสม่ำเสมอทั่วผิวปิด จนมีพฤติกรรมเป็นตัวนำเสมือนทรงกลม ซึ่งอยู่บนระนาบพิกัดฉาก XYZ ที่มีจุด O เป็นจุดศูนย์กลาง (Lorrain, P. and Corson, D. R., 1972)

ในระบบนี้ คณะผู้จัดทำจะพิจารณาปริมาตรการกระจายตัวของอนุภาคประจุไฟฟ้าดังรูปที่ 1



รูปที่1 ตัวนำไฟฟ้าทรงกลมเสมือน ประจุ q_p คูลอมบ์ในระบบพิกัดฉาก XYZ

จากรูปด้านบน ผู้วิจัยได้คำนวณหาปริมาณอนุภาคประจุวงปิดทั้งหมดที่กระจายตัวอยู่บริเวณจุด P ได้ จากความสัมพันธ์ของประจุไฟฟ้ากับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร (Thongsit, N. et.al., 2019) ในสมการที่ (1) ด้านล่าง

$$q_p = \int \rho(r_\sigma).\, dV_{vol} \tag{1}$$

กล่าวคือ q_p เป็นค่าของอนุภาคประจุไฟฟ้าน้อยยิ่งที่บริเวณจุด P โดยทางคณะผู้จัดทำกำหนดให้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร $\rho(r_\sigma)$ ขึ้นอยู่กับระยะที่ใช้ในการหาค่าสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า (r_σ) โดยใช้สมการความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้าวงปิด (q_p) กับระยะทางน้อยยิ่ง ซึ่งกำหนดให้ระยะทางเริ่มต้นจากจุดศูนย์กลางทรงกลมตัวนำเสมือนเป็น $R_{rad} = 0$ ดังนั้นจากสมการที่ (1) จะได้ว่า

$$q_p = \int_0^{R_{rad}} 4\pi\, \rho(r_\sigma)\, r_\sigma^2\, dr_\sigma \tag{2}$$

ในงานวิจัยนี้ ทางคณะผู้จัดทำกำหนดสมการของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรในรูปของฟังก์ชันพหุนามและตรีโกณมิติ 4 รูปแบบ (Masoongnoen, N. et.al., 2021) โดยพิจารณากรณีที่ปริมาตรของประจุไฟฟ้ากระจายตัวอย่างสม่ำเสมอรอบตัวนำทรงกลมเสมือน ซึ่งเป็นไปตามกฎของเกาส์

$$\rho_1(r_\sigma) = C_{con} r_\sigma \sin(\omega_f r_\sigma) \tag{3}$$

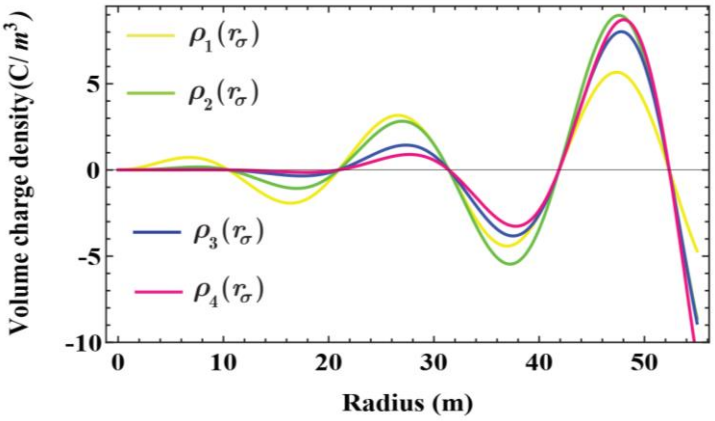
$$\rho_2(r_\sigma) = C_{con} r_\sigma^2 \sin(\omega_f r_\sigma) \tag{4}$$

$$\rho_3(r_\sigma) = C_{con} r_\sigma^3 \sin(\omega_f r_\sigma) \tag{5}$$

และ

$$\rho_4(r_\sigma) = C_{con} r_\sigma^4 \sin(\omega_f r_\sigma) \tag{6}$$

โดยที่ C_{con} เป็นค่าคงที่ (Zuo, F., 2014), ω_f เป็นพารามิเตอร์ที่เพิ่มจำนวนลูกคลื่นของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรฟังก์ชันไซน์ ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 แสดงกราฟของความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรที่เป็นฟังก์ชันไซน ทั้ง 4 แบบ

ในสมการที่ (3) ถึงสมการที่ (6) ซึ่งอิเล็กตรอนที่ฉาบบนฉนวนกลายเป็นตัวนำทรงกลมเสมือนนั้น วิถีของการเคลื่อนที่ของอิเล็กตรอนนั้นอาจเป็นการสั่นภายในตัวนำทรงกลมเสมือนนั้นซึ่งความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรได้แสดงออกโดยฟังก์ชันตรีโกณมิติเป็นฟังก์ชันไซน์ จากสมการที่ (3) ถึง (6) สามารถคำนวณหาอนุภาคประจุไฟฟ้าวงปิดรอบพื้นผิวตัวนำทรงกลมเสมือนได้ โดยการ แทนค่าลงในสมการที่ (2) และโดยใช้เทคนิคการอินทิเกรตแบบทีละส่วน ซึ่งในงานวิจัยนี้ทางคณะผู้จัดทำต้องการหาค่าประจุไฟฟ้าวงปิดที่ขึ้นอยู่กับระยะทางจากจุดศูนย์กลางทรงกลม q_p ดังนั้น

$$q_{p1} = 4\pi C_{con}\left[\frac{-R_{rad}^3}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{3R_{rad}^2}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{6R_{rad}}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{6}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right] \quad (7)$$

$$q_{p2} = 4\pi C_{con}\left[\frac{-R_{rad}^4}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{4R_{rad}^3}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{12R_{rad}^2}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{24R_{rad}}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{24}{\omega_f^5}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{24}{\omega_f^5}\right] \quad (8)$$

$$q_{p3} = 4\pi C_{con}\left[\frac{-R_{rad}^5}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{5R_{rad}^4}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{20R_{rad}^3}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{60R_{rad}^2}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{120R_{rad}}{\omega_f^5}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{120R_{rad}}{\omega_f^6}Sin(\omega_f R_{rad})\right] \quad (9)$$

$$q_{p4} = 4\pi C_{con}\left[\frac{-R_{rad}^6}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{6R_{rad}^5}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{30R_{rad}^4}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{120R_{rad}^3}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{360R_{rad}^2}{\omega_f^5}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{720R_{rad}}{\omega_f^6}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{720}{\omega_f^7}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{720}{\omega_f^7}\right] \quad (10)$$

จากสมการที่ (7) ถึง (10) เป็นประจุไฟฟ้าวงปิดทั้ง 4 รูปแบบที่เป็นผลเฉลยมาจากสมการรูปแบบของความหนาแน่นประจุเชิงปริมาตรทั้ง 4 รูปแบบ ทั้งนี้เพื่อให้สามารถอธิบายผลลัพธ์ของการวิเคราะห์พฤติกรรมของประจุไฟฟ้าวงปิดได้ ทางคณะผู้จัดทำจึงนำเข้าข้อมูลที่คำนวณได้ลงในโปรแกรมการคำนวณเพื่อพล็อตออกมาเป็นกราฟ

ความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้าวงปิดกับระยะทางดังรูปที่ 2 ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งการศึกษาออกเป็น 2 กรณี กรณีที่ 1) ให้ประจุไฟฟ้าวงปิดขึ้นอยู่กับค่าคงที่ C_{con} และกรณีที่ 2) ให้ประจุไฟฟ้าวงปิดขึ้นอยู่กับค่าคงที่ ω_f โดยในกรณีแรกนั้นสามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้เป็นตารางดังตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ ซึ่งตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม, และตัวแปรควบคุมตามตารางที่1 นั้นผู้วิจัยจะนำไปพล๊อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้ากับระยะทางของรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน

ตารางที่1 แจกแจงตัวแปรจากสมการประจุไฟฟ้าข้างต้น

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$C_{con}=1.55\times10^{-4}\ a.u.$ $C_{con}=1.25\times10^{-5}\ a.u.$ $C_{con}=0.85\times10^{-6}\ a.u.$ $C_{con}=0.85\times10^{-7}\ a.u.$	ประจุไฟฟ้าวงปิด (q_p) มีหน่วยคูลอมบ์	ระยะทางจากจุกศูนย์กลางทรงกลมตัวนำเสมือน (R_{rad}) ระยะทางที่ในการหาค่าสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า (r_{σ}) ค่าคงที่ (ω_f)

ตารางที่1a แจกแจงตัวแปรจากสมการประจุไฟฟ้าข้างต้น กรณีที่ประจุไฟฟ้าวงปิดขึ้นอยู่กับค่าคงที่ C_{con}

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$\omega_f=1.2\ a.u.$ $\omega_f=1.4\ a.u.$ $\omega_f=1.6\ a.u.$ $\omega_f=1.8\ a.u.$	ประจุไฟฟ้าวงปิด (q_p) มีหน่วยคูลอมบ์	ระยะทางจากจุกศูนย์กลางทรงกลมตัวนำเสมือน (R_{rad}) ระยะทางที่ในการหาค่าสนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า (r_{σ}) ค่าคงที่ (C_{con})

ตารางที่1b แจกแจงตัวแปรจากสมการประจุไฟฟ้าข้างต้น กรณีที่ประจุไฟฟ้าวงปิดขึ้นอยู่กับค่าคงที่ ω_f

ตารางข้างบนจะนำมาพิจารณาในขั้นตอนถัดไปเพื่อหาค่าและพิจารณาสนามไฟฟ้า ที่เป็นผลมาจากความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรในสมการที่ (3)-(6) โดยทางคณะผู้จัดทำสามารถคำนวณหาค่าสนามไฟฟ้าได้ โดยอาศัยสมการประจุไฟฟ้าวงปิดจากสมการที่ (7)-(10) และกฎของเกาส์ในการคำนวณและกำหนดทรงกลมสมมติ

$$\oint E_p \bullet dl = \frac{q_p}{\varepsilon_0} = E_p\left(4\pi R_{rad}^2\right) \tag{11}$$

เนื่องจากใช้กฎของเกาส์ในการกำหนดทรงกลมสมมติและการคำนวณ ทางคณะผู้จัดทำจึงเลือกศึกษาในกรณีที่รัศมีของทรงกลมสมมติ R_{sf} มีขนาดน้อยกว่ารัศมีของทรงกลมตัวนำเสมือน $\left(R_{sf} < R_{rad}\right)$ ทำให้ผลเฉลยของสนามไฟฟ้าสามารถคำนวณได้ออกมาเป็นดังสมการ (12)-(15)

$$E_{p1} = \frac{C_{con}}{R_{sf}^2 \varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^3}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{3R_{rad}^2}{\omega_f^2} Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{6R_{rad}}{\omega_f^3} Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{6}{\omega_f^4} Sin(\omega_f R_{rad})\right] \quad (12)$$

$$E_{p2} = \frac{C_{con}}{R_{sf}^2 \varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^4}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{4R_{rad}^3}{\omega_f^2} Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{12R_{rad}^2}{\omega_f^3} Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{24R_{rad}}{\omega_f^4} Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{24}{\omega_f^5} Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{24}{\omega_f^5}\right] \quad (13)$$

$$E_{p3} = \frac{C_{con}}{R_{sf}^2 \varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^5}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{5R_{rad}^4}{\omega_f^2} Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{20R_{rad}^3}{\omega_f^3} Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{60R_{rad}^2}{\omega_f^4} Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{120R_{rad}}{\omega_f^5} Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{120R_{rad}}{\omega_f^6} Sin(\omega_f R_{rad})\right] \quad (14)$$

$$E_{p4} = \frac{C_{con}}{R_{sf}^2 \varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^6}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{6R_{rad}^5}{\omega_f^2} Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{30R_{rad}^4}{\omega_f^3} Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{120R_{rad}^3}{\omega_f^4} Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{360R_{rad}^2}{\omega_f^5} Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{720R_{rad}}{\omega_f^6} Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{720}{\omega_f^7} Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{720}{\omega_f^7}\right] \quad (15)$$

เราสามารถอธิบายความหมายและผลพฤติกรรมของสนามไฟฟ้าทั้ง 4 รูปแบบนี้ได้จากการพล็อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ดังรูปที่ 3 โดยทางคณะผู้จัดทำได้ทำการแบ่งกรณีศึกษาพฤติกรรมของสนามไฟฟ้าที่มีผลมาจากความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรทั้ง 4 รูปแบบ ออกเป็น 2 กรณี ได้แก่ สนามไฟฟ้าที่ขึ้นอยู่กับค่าคงที่ C_{con} และ ω_f สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้เป็นตารางดังตารางที่ 2 ซึ่งตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม, และตัวแปรควบคุมตามตารางที่ 2 นั้นผู้วิจัยจะนำไปพล๊อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประจุไฟฟ้ากับระยะทางของรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน

ตารางที่2 แจกแจงตัวแปรจากสมการสนามไฟฟ้าข้างต้น

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$C_{con} = 0.1\times10^{-10} a.u.$	สนามไฟฟ้า (E_p) มีหน่วย	ระยะทางจากจุดศูนย์กลางทรงกลม
$C_{con} = 0.1\times10^{-11} a.u.$	N/C	ตัวนำเสมือน (R_{rad})
$C_{con} = 0.1\times10^{-12} a.u.$		รัศมีของทรงกลมสมมติ (R_{sf})
$C_{con} = 0.1\times10^{-13} a.u.$		ค่าความซึมซาบได้ของสุญญากาศ (ε_0)
		ค่าคงที่ (ω_f)

ตารางที่2a แจกแจงตัวแปรจากสมการสนามไฟฟ้าข้างต้น กรณีที่สนามไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ C_{con}

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$\omega_f = 2.4\ a.u.$	สนามไฟฟ้า (E_p)มีหน่วย	ระยะทางจากจุกศูนย์กลางทรงกลม
$\omega_f = 2.6\ a.u.$	N/C	ตัวนำเสมือน (R_{rad})
$\omega_f = 2.8\ a.u.$		รัศมีของทรงกลมสมมติ (R_{sf})
$\omega_f = 3.0\ a.u.$		ค่าความซึมซาบได้ของสุญญากาศ(ε_0)
		ค่าคงที่ (C_{con})

ตารางที่2b แจกแจงตัวแปรจากสมการสนามไฟฟ้าข้างต้น กรณีที่สนามไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ ω_f

ดังนั้น เราสามารถพิจารณาสนามไฟฟ้าโดยใช้สมการ (12)-(15) มาใช้ในการนำเข้าข้อมูลเพื่อพล็อตออกมาเป็นกราฟความสัมพันธ์เพื่อใช้ในการอธิบายต่อไป ซึ่งจากความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับศักย์ไฟฟ้า เราพบว่าสนามไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับเกรเดียนของศักย์ของตัวนำเสมือน ดังสมการที่ (16)

$$E_p = -\nabla V_p = -\frac{dV_p}{dR_{rad}} \tag{16}$$

โดยสามารถเขียนจัดรูปสมการให้ศักย์ไฟฟ้า (V_p) อยู่ในรูปปริภูมิของสนามไฟฟ้า,

$$-V_p = \int_0^{R_{sf}} E_p \, dR_{rad} \tag{17}$$

ดังนั้น ผลเฉลยของศักย์ไฟฟ้าในแต่ละรูปแบบสามารถเขียนได้ว่า

$$V_{p1} = \frac{C_{con}}{R_{sf}\varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^3}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{3R_{rad}^2}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{6R_{rad}}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{6}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right] \tag{18}$$

$$V_{p2} = \frac{C_{con}}{R_{sf}\varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^4}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{4R_{rad}^3}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{12R_{rad}^2}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{24R_{rad}}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{24}{\omega_f^5}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{24}{\omega_f^5}\right] \tag{19}$$

$$V_{p3} = \frac{C_{con}}{R_{sf}\varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^5}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{5R_{rad}^4}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{20R_{rad}^3}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{60R_{rad}^2}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{120R_{rad}}{\omega_f^5}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{120R_{rad}}{\omega_f^6}Sin(\omega_f R_{rad})\right] \tag{20}$$

$$V_{p4} = \frac{C_{con}}{R_{sf}\varepsilon_0}\left[\frac{-R_{rad}^6}{\omega_f}\mathrm{Cos}(\omega_f R_{rad}) + \frac{6R_{rad}^5}{\omega_f^2}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{30R_{rad}^4}{\omega_f^3}Cos(\omega_f R_{rad}) - \frac{120R_{rad}^3}{\omega_f^4}Sin(\omega_f R_{rad})\right.$$
$$\left. - \frac{360R_{rad}^2}{\omega_f^5}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{720R_{rad}}{\omega_f^6}Sin(\omega_f R_{rad}) + \frac{720}{\omega_f^7}Cos(\omega_f R_{rad}) + \frac{720}{\omega_f^7}\right] \tag{21}$$

ศักย์ไฟฟ้าทั้ง 4 รูปแบบนี้สามารถอธิบายได้ผ่านการวิเคราะห์ผ่านกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ที่พล็อตได้ในรูปที่ 4 ปริมาณศักย์ไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือนที่เปลี่ยนแปลงตาม C_{con} และ ω_f สามารถอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต่างๆ ได้เป็นตารางดังตารางที่ 3 ซึ่งตัวแปรต้น, ตัวแปรตาม, และตัวแปรควบคุมตามตารางที่3 นั้นผู้วิจัยจะนำไปพล๊อตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ประจุไฟฟ้ากับระยะทางของรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน

ตารางที่3 แจกแจงตัวแปรจากสมการศักย์ไฟฟ้าข้างต้น

ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$C_{con} = 0.15\times10^{-11} a.u.$	ศักย์ไฟฟ้า (V_p) มีหน่วยโวลต์	ระยะทางจากจุดศูนย์กลางทรงกลมตัวนำเสมือน (R_{rad})
$C_{con} = 0.15\times10^{-12} a.u.$		รัศมีของทรงกลมสมมติ (R_{sf})
$C_{con} = 0.15\times10^{-13} a.u.$		ค่าความซาบซึมได้ของสุญญากาศ (ε_0)
$C_{con} = 0.15\times10^{-14} a.u.$		ค่าคงที่ (ω_f)

ตารางที่ 3a แจกแจงตัวแปรจากสมการศักย์ไฟฟ้าข้างต้น กรณีที่ศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ C_{con}

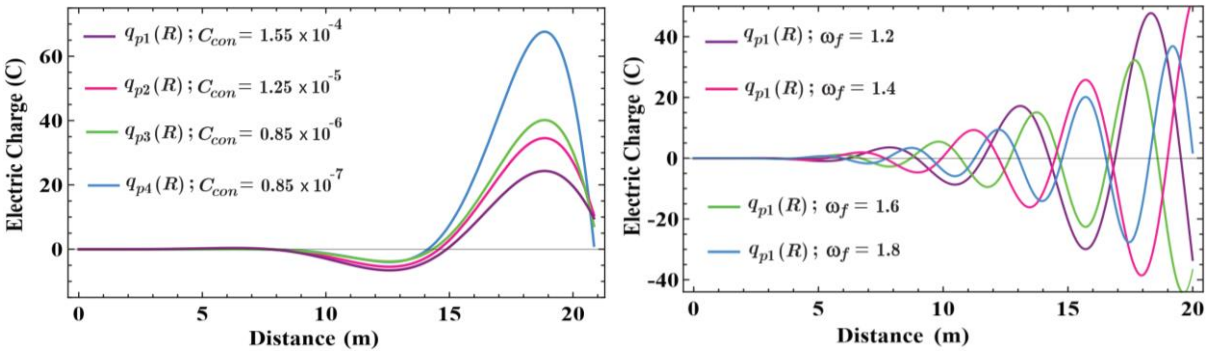
ตัวแปรต้น	ตัวแปรตาม	ตัวแปรควบคุม
$\omega_f = 2.3\ a.u.$	ศักย์ไฟฟ้า (V_p) มีหน่วยโวลต์	ระยะทางจากจุกศูนย์กลางทรงกลมตัวนำเสมือน (R_{rad})
$\omega_f = 2.5\ a.u.$		รัศมีของทรงกลมสมมติ (R_{sf})
$\omega_f = 2.7\ a.u.$		ค่าความซาบซึมได้ของสุญญากาศ (ε_0)
$\omega_f = 2.9\ a.u.$		ค่าคงที่ (C_{con})

ตารางที่ 3b แจกแจงตัวแปรจากสมการศักย์ไฟฟ้าข้างต้น กรณีที่ศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ ω_f

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

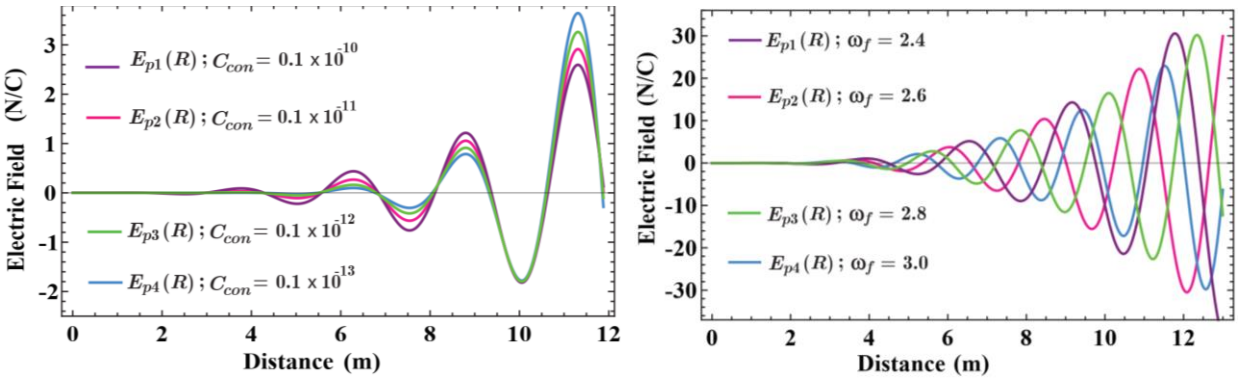
แสดงผลการวิจัยที่ได้จากกระบวนการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัยที่ได้มาจากการดำเนินงานวิจัย



(3a) (3b)

รูปที่3 แสดงความสัมพันธ์ของประจุไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน โดยรูปที่ (3a) แสดงถึงความสัมพันธ์ของประจุไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ในกรณีที่ค่าของประจุไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยมีการปรับค่าคงที่ C_{con} เพื่อปรับสเกลของกราฟให้อยู่ในกรอบเดียวกันได้ และง่ายต่อการพิจารณา $\rightarrow$ $C_{con}=1.55\times10^{-4}$ เป็นเส้นสีม่วง, $C_{con}=1.25\times10^{-5}$ เป็นเส้นสีชมพู, $C_{con}=0.85\times10^{-6}$ เป็นเส้นสีเขียว, และ $C_{con}=0.85\times10^{-7}$ เป็นเส้นสีฟ้า และ (3b) แสดงถึงความสัมพันธ์ของประจุไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ในกรณีที่ค่าของประจุไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ $\omega_f \rightarrow \omega_f=1.2$ เป็นเส้นสีม่วง, $\omega_f=1.4$ เป็นเส้นสีชมพู, $\omega_f=1.6$ เป็นเส้นสีเขียว, และ $\omega_f=1.8$ เป็นเส้นสีฟ้า

จากรูปที่ 3a และ 3b เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างประจุไฟฟ้าในวงปิดกับระยะทางจากจุดศูนย์กลางของทรงกลมตัวนำเสมือนที่มีผลมาจาก ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร $\rho_1(r_\sigma)$, $\rho_2(r_\sigma)$, $\rho_3(r_\sigma)$ และ $\rho_4(r_\sigma)$ ตามลำดับ โดยในกรณีที่ประจุไฟฟ้าในวงปิดขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยมีการปรับค่าคงที่ C_{con} เพื่อปรับสเกลของกราฟให้อยู่ในกรอบเดียวกันได้ และ เพื่อให้สามารถวิเคราะห์ผลต่างของกราฟแต่ละเส้นได้ ซึ่งทางคณะผู้จัดทำพบว่า เมื่อเลขยกกำลังมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลดค่าของ C_{con} ลง จะทำให้แอมพลิจูดการสั่นของประจุวงปิดมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความยาวคลื่นและความถี่ในการสั่นมีค่าคงที่ ส่วนอีกกรณีที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรค่าคงที่ ω_f พบว่า เมื่อเพิ่มค่าคงที่ ω_f จะส่งผลให้ค่าความยาวคลื่นและแอมพลิจูดการสั่นลดลง แต่ความถี่ของการสั่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น

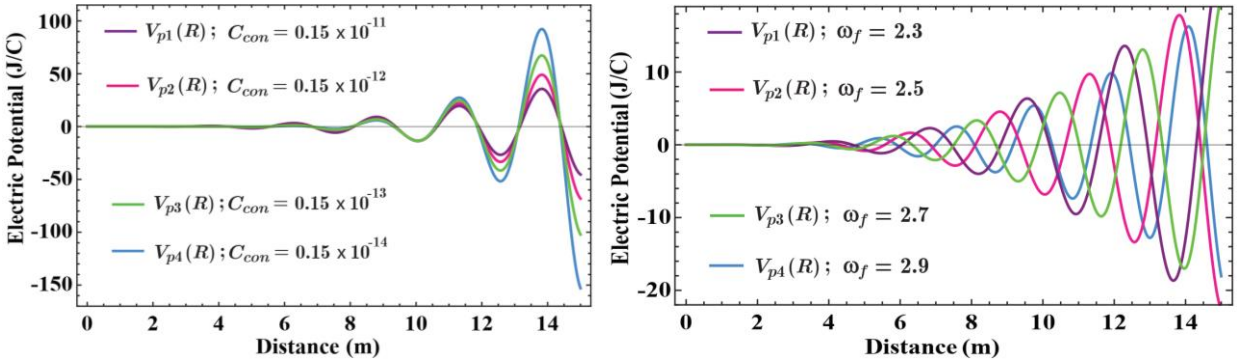


(4a) (4b)

รูปที่4 แสดงความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน โดยรูปที่ (4a) แสดงถึงความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ในกรณีที่ค่าของสนามไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยมีการปรับค่าคงที่ $C_{con} \rightarrow C_{con} = 0.1\times10^{-10}\,a.u.$ เป็นเส้นสีม่วง, $C_{con} = 0.1\times10^{-11}$ เป็นเส้นสีชมพู, $C_{con} = 0.1\times10^{-12}$ เป็นเส้นสีเขียว, และ $C_{con} = 0.1\times10^{-13}$ เป็นเส้นสีฟ้า และ (4b) แสดงถึงความสัมพันธ์ของสนามไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ในกรณีที่ค่าของสนามไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ $\omega_f \rightarrow \omega_f = 2.4$ เป็นเส้นสีม่วง, $\omega_f = 2.6$ เป็นเส้นสีชมพู, $\omega_f = 2.8$ เป็นเส้นสีเขียว, และ $\omega_f = 3.0$ เป็นเส้นสีฟ้า

จากรูปที่ 4a และ 4b เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสนามไฟฟ้ากับรัศมีของทรงกลมตัวนำเสมือน ที่มีผลมาจาก ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยในกรณีที่สนามไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยมีการปรับค่าคงที่ C_{con} เพื่อปรับสเกลแอมพลิจูดการสั่นของสนามไฟฟ้าให้สามารถอยู่ในกราฟเดียวกันได้ และง่ายต่อการพิจารณา ซึ่งทางคณะผู้จัดทำพบว่า เมื่อเลขยกกำลังมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลดค่าคงที่ C_{con} จะส่งผลให้แอมพลิจูดการสั่นของสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความถี่ของการสั่นจะมีค่าลดลง แต่ค่าความยาวคลื่นมีค่าคงที่ ในอีกกรณีที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรค่าคงที่ ω_f พบว่า เมื่อเพิ่มค่าคงที่ ω_f จะทำให้ความถี่การสั่นของสนามไฟฟ้าเพิ่มขึ้น แต่ความยาวคลื่นและแอมพลิจูดการสั่นของสนามไฟฟ้ามีค่าลดลง

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)



(5a) (5b)

รูปที่5 แสดงความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน โดยรูปที่ (5a) แสดงถึงความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ในกรณีที่ค่าของศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ C_{con} $\rightarrow$ $C_{con} = 0.15\times10^{-11}$ เป็นเส้นสีม่วง, $C_{con} = 0.15\times10^{-12}$ เป็นเส้นสีชมพู, $C_{con} = 0.15\times10^{-13}$ เป็นเส้นสีเขียว, และ $C_{con} = 0.15\times10^{-14}$ เป็นเส้นสีฟ้าและ (5b) แสดงถึงความสัมพันธ์ของศักย์ไฟฟ้ากับรัศมีตัวนำทรงกลมเสมือน ในกรณีที่ค่าของศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับค่าคงที่ ω_f $\rightarrow$ $\omega_f = 2.3$ เป็นเส้นสีม่วง, $\omega_f = 2.5$ เป็นเส้นสีชมพู, $\omega_f = 2.7$ เป็นเส้นสีเขียว, และ $\omega_f = 2.9$ เป็นเส้นสีฟ้า

จากรูปที่ 5a และ 5b เป็นกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างศักย์ไฟฟ้ากับรัศมีของทรงกลมตัวนำเสมือน ที่มีผลมาจาก ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยในกรณีที่ศักย์ไฟฟ้าขึ้นอยู่กับความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร โดยมีการปรับค่าคงที่ C_{con} เพื่อให้ง่ายต่อการเปรียบเทียบเส้นกราฟ พบว่า เมื่อเลขยกกำลังมีค่าเพิ่มขึ้น ในขณะที่ลดค่าคงที่ C_{con} จะทำให้ความถี่การสั่นของศักย์ไฟฟ้าลดลง แต่แอมพลิจูดการสั่นมีค่าเพิ่มขึ้น ในอีกกรณีที่ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรค่าคงที่ ω_f พบว่า เมื่อเพิ่มค่าคงที่ ω_f จะทำให้ความถี่ในการสั่นเพิ่มขึ้น ในขณะที่ความยาวคลื่นและแอมพลิจูดการสั่นจะลดลง

สรุปผลการวิจัย

ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรที่ขึ้นอยู่กับระยะ r_σ ในรูปแบบฟังก์ชันตรีโกณมิติและพหุนาม มีผลต่อการสั่นของประจุไฟฟ้าวงปิด สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า โดยพบว่าเลขชี้กำลังของ r_σ ที่ผกผันกับค่าคงที่ C_{con} จะแปรผันตรงกับแอมพลิจูดของการสั่นของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้าและศักย์ไฟฟ้า ในขณะเดียวกันก็จะแปรผกผันกับความถี่ของการสั่นของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้า อีกกรณีหนึ่งที่ศึกษาจากการเลือกความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตรมาพิจารณาหาความสัมพันธ์กับค่าคงที่ ω_f พบว่า ω_f จะแปรผันตรงกับความถี่ของการสั่นประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และ ศักย์ไฟฟ้า แต่จะผกผันกับความยาวคลื่นและแอมพลิจูดของการสั่น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์ และที่ให้การสนับสนุนด้านสถานที่และเวลาในการทำงานวิจัย จนกระทั่งงานสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

สมพงษ์ ใจดี. (2543). *ฟิสิกส์ มหาวิทยาลัย 3*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Atamp, A. (1990). *Introduction to classical mechanics*. United States America: Prentice-Hall.

David, J. G. (1999*). Introduction to electrodynamics*, (3th ed.). New Jersey: Prentice-Hall International.

Generazio, E.R. (2017). Electric Potential and Electric Field Imaging. *AIP Conference Proceeding*, 1806, 0200251-02002512, Published by AIP Publishing

Gerald, L. P. and Daniel, R. S. (2007). A finite line of charge. *American Journal of Physics*, 75, 485–486.

Hutem, A., Suwanwon, S., Ellis, T. and Masoongnoen, N. (2021). Determination of the Time-Dependent Velocity for Charged Particle via Cosine Electrostatic Function. *Journal of Earth Science, Astronomy and Space, 4*(1), 46-57.

Lorrain, P. and Corson, D. R. (1972). *Electromagnetic fields and wave* (2rd ed.), San Francisco: W.H. Freeman and company.

Maglaras, A. and Maglaras, L. (2004). Modeling and analysis of electric field distribution in air gaps, stressed by breakdown voltages., *International Conference WSEAS MMACTEE* (pp. 1-7). Greece Athens: T.E.I. of Larissa.

Masoongnoen, N., Moonsri, P., Ellis, T., Suwanwong, S. and Hutem, A. (2021). Calculation of Electric Field from Continuous Charge Distribution on Linear Charge Density of Sine Function for Damped-Oscillatory Motion. *Journal of Earth Science, Astronomy and Space, 4*(1), 57-69.

Riley, K.F. and Hobson, M.P. (2006). *Mathematical Methods for Physics and Engineering*. (3th ed.). New York: Cambridge University.

Thongsit, N., Sangnok, Y. and Hutem, A. (2019). Mathematical modeling and the physics of electric field on non-symmetric linear charge density for damped-oscillatory motion*. Journal of Earth Science, Astronomy and Space, 1*(1), 64-72.

Zuo, F. (2014). A geometric method to determine the electric field due to a uniformly charged line segment. *American Journal of Physics*, 83, 567-569.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: October 3, 2022 Revised: October 10, 2022
Accepted: October 17, 2022 Published: November 21, 2022

แบบจำลองแรกของระบบดาวคู่ V415 Virginis
The First Model of a Binary Star V415 Virginis

กฤษฎา บุญชม[1] ตอริก เฮ็งปิยา[2] และ วิระภรณ์ ไหมทอง[1*]
Kritsada Boonchom[1] Torik Hengpiya[2] and Wiraporn Maithong[1*]

[1] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
[2] หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
[*] wiraporn_mai@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Virginis (V415 Vir) โดยใช้ข้อมูลกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์เมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2563 ด้วยดาวเทียมสำรวจดาวเคราะห์นอกระบบ (Transiting Exoplanet Survey Satellite, TESS) เมื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพด้วยโปรแกรม Wilson-Devinney ในช่วงความยาวคลื่นแสงสีแดง (R) พบว่าระบบดาวคู่นี้เป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน ประมาณ 1.9 % และดาวทั้ง 2 ดวงของระบบดาวคู่นี้มีอุณหภูมิพื้นผิว กับมวลที่ใกล้เคียงกัน

คำสำคัญ: V415 Vir, แบบจำลอง, TESS

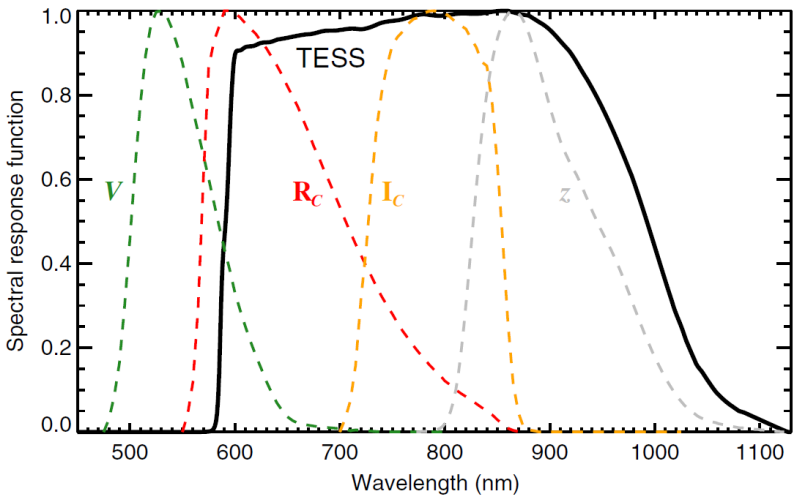
Abstract

The purpose of this research is to construct a model of a binary star system V415 Virginis (V415 Vir). The data of the light curve was observed on 22 March, 2020 by the satellite TESS, NASA. The physical parameters were analyzed in red (R) wavelength by Wilson-Devinney software. The results show that this system is a contact binary which a degree of contact is 1.9% and the effective temperature and the mass of both stars in this binary system are similar.

Keywords: V415 Vir, model, TESS

บทนำ

ดาวคู่ V415 Virginis (V415 Vir) เป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบใกล้ชิด ประเภทดับเบิลยู เออร์ซา เมเจอริส (W Ursa Majoris, W Uma) อยู่ที่ตำแหน่ง RA. 12 h 45 m 01.58 s และ Dec. +07° 57’ 05.06” ซึ่งมีชนิดของสเปกตรัม (Spectral Type) เป็น G0 สำหรับระบบดาวคู่นี้ยังไม่เคยมีการวิเคราะห์ถึงสมบัติทางกายภาพ และสร้างแบบจำลอง ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงทำการศึกษาพารามิเตอร์ทางกายภาพ พร้อมทั้งสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Vir ขึ้นเป็นครั้งแรก ซึ่งได้ใช้ข้อมูลกราฟแสงจากดาวเทียม TESS (Transiting Exoplanet Survey Satellite) ขององค์การอวกาศ NASA ที่สามารถเข้าถึงได้จากเวบไซต์ http://tessebs.villanova.edu โดย TESS ทำการสังเกตการณ์ดาวเคราะห์นอกระบบ ดาวแปรแสง รวมทั้งระบบดาวคู่ โดยเก็บข้อมูลในช่วงความยาวคลื่น 600 – 1,000 นาโนเมตร ซึ่งครอบคลุมบางช่วงความยาวคลื่นของระบบ UBV Johnson เช่นความยาวคลื่น R และ I ดังรูปที่ 1 ในงานนี้จึงได้ทำการดาวน์โหลดกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์เมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2563 แล้ววิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพ โดยใช้ช่วงความยาวคลื่น R เนื่องจากเป็นดาวฤกษ์ชนิดสเปกตรัม G ซึ่งมีอุณหภูมิผิวไม่สูง ด้วยโปรแกรม Wilson-Devinney (1971) เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Vir



รูปที่ 1 ช่วงความยาวคลื่นที่ TESS สามารถตรวจวัดได้ (เส้นสีดำ)
ที่มา: Ricker, G. R. et al. (2015: 014003-3)

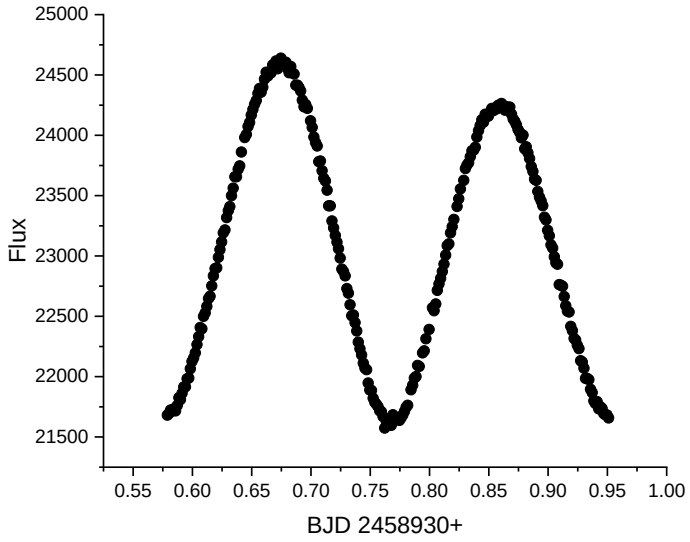
วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาผลเฉลยที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ทางกายภาพ และสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Vir

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษาระบบดาวคู่ V415 ที่ได้จากการสังเกตการณ์ด้วยดาวเทียม TESS ในโครงการ Explorers Program องค์การอวกาศ NASA สหรัฐอเมริกา ในงานนี้ได้ทำการวิเคราะห์กราฟแสงของระบบดาวคู่นี้ที่ได้จากการเก็บข้อมูลเมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2563 ดังรูปที่ 2 เพื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพด้วยโปรแกรม Wilson-Devinney ในช่วงความยาวคลื่น R ของระบบ UBV Johnson และทำการ

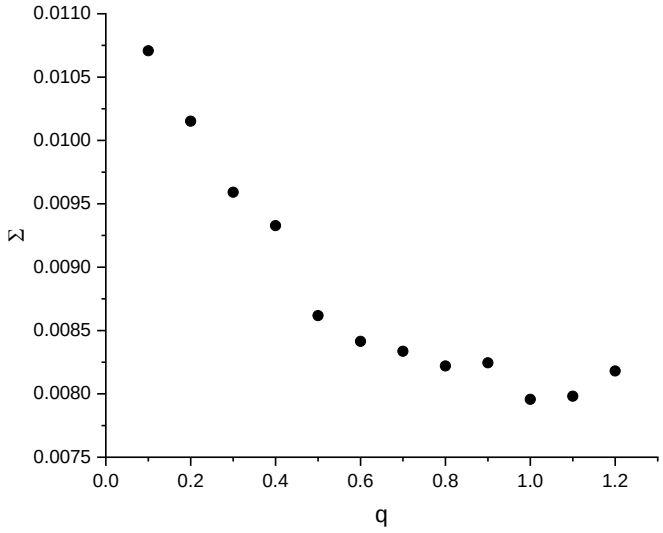
สร้างแบบจำลองของระบบคู่นี้ ซึ่งระบบดาวคู่นี้ ยังไม่เคยมีการศึกษาถึงแบบจำลองมาก่อน ดังนั้นข้อมูลที่ใช้เป็นค่าตั้งต้นในการวิเคราะห์ด้วยโปรแกรม Wilson-Devinney ในงานนี้จึงใช้พารามิเตอร์ตั้งต้นจากระบบดาวคู่ YY Eri (Warisa Pancharoen and Wiraporn Maithong, 2021) ซึ่งเป็นดาวชนิดสเปกตรัมใกล้เคียงกันคือ G3 จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์โดยในขั้นแรก กำหนดให้ค่าอัตราส่วนมวล (q= m2/m1) คงที่เพื่อหาค่าอัตราส่วนมวลที่ดีที่สุด แล้วจึงวิเคราะห์โดยการแปรค่าอัตราส่วนมวลต่อไป เพื่อหาผลเฉลยที่ดีที่สุด แล้วสร้างแบบจำลอง



รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ V415 Vir

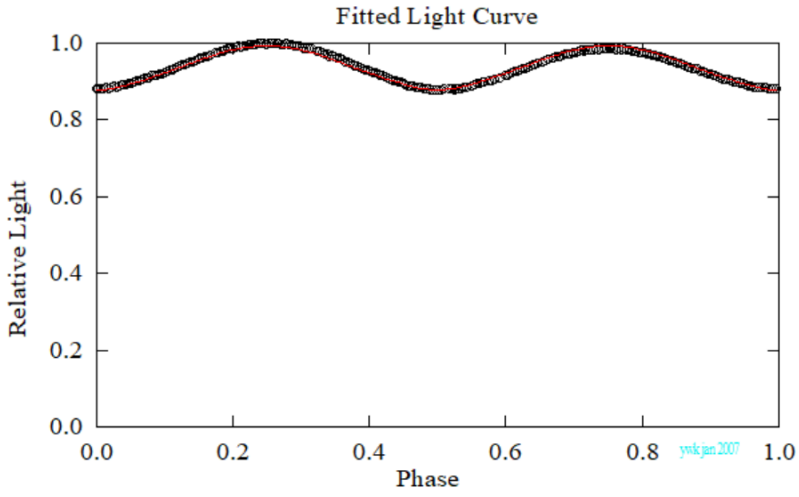
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพ เพื่อสร้างแบบจำลองระบบดาวคู่ V415 Vir ในครั้งนี้ ได้ใช้พารามิเตอร์ตั้งต้น จากระบบดาวคู่ YY Eri (Warisa Pancharoen and Wiraporn Maithong, 2021) เมื่อวิเคราะห์หาอัตราส่วนมวล (q= m2/m1) ตั้งต้น สำหรับในการศึกษาครั้งนี้เริ่มจาก q = 0.10, 0.20, 0.30, 0.40, 0.50, 0.60. 0.70, 0.80, 0.90, 1.00, 1.10 และ 1.20 โดยพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างความคลาดเคลื่อนจากการคำนวณ (Σ) กับอัตราส่วนมวล จากโปรแกรม Wilson-Devinney ได้ดังรูปที่ 3 เพื่อเลือกใช้อัตราส่วนมวลที่มีความคลาดเคลื่อนต่ำที่สุด เป็นค่าตั้งต้นในการคำนวณที่แปรค่าอัตราส่วนมวลต่อไป



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบค่าความคลาดเคลื่อนที่อัตราส่วนมวลต่างๆ ของระบบดาวคู่ V415 Vir

จากรูปที่ 3 อัตราส่วนมวลที่ให้ค่าความคลาดเคลื่อนน้อยที่สุดคือ q = 1.0 ดังนั้นเมื่อแปรค่าอัตราส่วนมวล และวิเคราะห์หาผลเฉลยที่ดีที่สุดของพารามิเตอร์ทางกายภาพแล้ว ได้ผลดังตารางที่ 1 โดยมีกราฟแสงสังเคราะห์ (เส้นสีแดง) ที่สอดคล้องกับข้อมูล (จุดสีดำ) แสดงดังรูปที่ 4

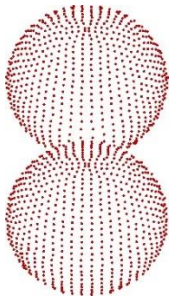


รูปที่ 4 กราฟแสงสังเคราะห์ของระบบดาวคู่ V415 Vir

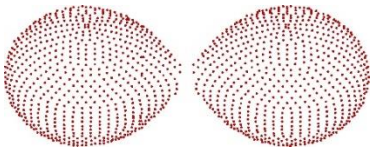
ตารางที่ 1 ผลเฉลยที่ดีที่สุดของระบบดาวคู่ V415 Vir

พารามิเตอร์	ผลเฉลยที่ดีที่สุด
i	$47.75^0 \pm 0.68$
g_1	0.32
g_2	0.32
$\Omega_1 = \Omega_2$	3.749111 ± 0.014454
Ω_{in}	3.759728
Ω_{out}	3.200705
T_1 (K)	5709 ± 202
T_2 (K)	5688 ± 189
A_1	0.50
A_2	0.50
q	1.00611 ± 0.00522
$L_1/(L_1+L_2)_R$	0.50450 ± 0.09659
Degree of Contact (%)	1.9 %

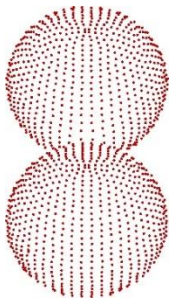
พารามิเตอร์จากตารางที่ 1 สามารถสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Vir ได้ดังรูปที่ 5



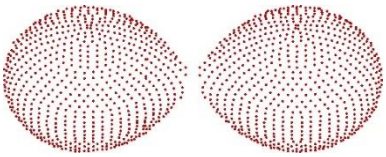
Phase 0.0



Phase 0.25



Phase 0.5



Phase 0.75

รูปที่ 5 แบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Vir

สรุปผลการวิจัย

ระบบดาวคู่ V415 Vir ที่ใช้ศึกษาในครั้งนี้ ได้ใช้ข้อมูลจากการสังเกตการณ์ของดาวเทียม TESS เมื่อวันที่ 22 มีนาคม 2563 ที่ดาวน์โหลดเวลาที่ใช้สังเกตการณ์ BJD และ flux ของแสงดาวได้โดยไม่มีค่าใช้จ่ายที่ http://tessebs.villanova.edu เมื่อวิเคราะห์พารามิเตอร์ทางกายภาพด้วยโปรแกรม Wilson-Devinney โดยใช้ช่วงความยาวคลื่น R ของระบบ UBV Johnson เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ V415 Vir เป็นครั้งแรก โดยจากการศึกษาพบว่าดาวทั้ง 2 ดวงของระบบดาวคู่นี้มีมวลใกล้เคียงกัน โดยมีอัตราส่วนมวลประมาณ 1.00611 และมีลักษณะการแตะกันเพียงเล็กน้อยประมาณ 1.9 % จึงเป็นไปได้ว่าระบบดาวคู่ V415 Vir นี้อยู่ในช่วงของ Marginal Contact ที่ในอนาคตอาจแยกห่างออกจากกันมากยิ่งขึ้น ทั้งนี้ควรศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงเพิ่มเติม เพื่อให้วิเคราะห์วิวัฒนาการของระบบดาวคู่นี้ได้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ Explorers Program, NASA ที่เอื้อเฟื้อข้อมูลกราฟแสงจากดาวเทียม TESS

เอกสารอ้างอิง

Ricker, G.R. et al. (2015). Transiting Exoplanet Survey Satellite. *Journal of Astronomical Telescopes, Instruments, and Systems, 1*(1), 014003.

Wilson, R. E. and Devinney, E. J. (1971). Realization of Accurate Close-Binary Light Curves: Application to MR Cygni. *Astrophysics Journal*, 166, 605-619

SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg). Accessed on 2 Sep 2022. from http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

TESS Eclipsing Binary Catalog. Accessed on 18 Aug 2022. from http://tessebs.villanova.edu/

Warisa Pancharoen and Wiraporn Maithong. (2021). Synthetic Light-Curve Analysis of a Short Period Binary System YY Eri. *Psychology and Education*, *58*(1), 5454-5456.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: October 4, 2022 Revised: October 9, 2022
Accepted: October 18, 2022 Published: November 21, 2022

การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี
Period Change Analysis of the Binary System GW Cnc

สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1] และ กฤษฎา บุญชม[2*]
Somakorn Chaiwarakorn[1] and Kritsada Boonchom[2*]

[1] หลักสูตรฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา 95000
[2*] ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50300
[1] Physics Program, Faculty of Science Technology and Agriculture, Yala Rajabhat University, Yala, Thailand, 95000
[2*] Department of Physics and General Science, Faculty of Science and Technology,
Chiang Mai Rajabhat University, Chiang Mai, Thailand, 50300
*kritsada_boo@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

การวิจัยระบบดาวคู่ GW Cnc ครั้งนี้ ได้วิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร โดยใช้ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดจากกราฟแสงของระบบดาวคู่ด้วยข้อมูลภาพถ่ายที่ได้บันทึก ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จ.เชียงใหม่ ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ ซีซีดี โฟโตเมตรี (CCD Photometry) ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) เมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ.2560 เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด ในการสร้างแผนภาพ O-C จากข้อมูลสังเกตการณ์ตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน ซึ่งจากการคำนวณพบว่าการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรมีการลดลงด้วยอัตรา $dP/dt = -1.76 \times 10^{-4}$ วินาที/ปี และมีแนวโน้มลดลงอย่างต่อเนื่องของระบบดาวคู่ที่สอดคล้องกับทฤษฎีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านแรงไทดัล

คำสำคัญ: จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี, ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด, กราฟแสง, ซีซีดี โฟโตเมตรี, การเปลี่ยนแปลงคาบการ การโคจรของระบบดาวคู่

Abstract

This study of the GW Cnc binary star system analyzed the orbital period change by used the minimum light time from the light curve of the binary star system from the Thai National Observatory (TNO), Thailand. The CCD Photometric System was used to observed the data via reflecting telescope in the blue wavelength (B) and yellow wavelength (V) on 28 January 2017. The time of minimum light was determined to create the O-C diagram that combined with the data in the past. The calculation shows that the orbital period change is decreasing which

the rate of dP/dt = -1.76x10^{-4} s/yr. There is a continuous decreasing that corresponding to the theory of the angular momentum loss through tidal forces.

Keywords: GW Cnc, time of minimum light, Light curve, CCD photometry, O-C

บทนำ

GW Cnc จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี เป็นระบบดาวคู่อุปราคา (Eclipsing Binary) ประเภท W Uma อยู่ในกลุ่มดาวปู (Cancer) เป็นดาวฤกษ์ที่มีความสว่างปรากฏประมาณ 12.77 มีพิกัด R.A. 08^h 48^m 12.69^s และ Dec $+21^0$ $07'$ $13.798''$ การศึกษาระบบดาวคู่ประเภทนี้สามารถสังเกตการณ์เพื่อวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ โดยนำข้อมูลความสว่างที่สังเกตการณ์มาเขียนกราฟแสง (Light Curve) แสดงการลดลงหรือเพิ่มขึ้นของความสว่างเทียบกับเวลาขณะที่ดาวทั้งสองดวงบังกัน (Zeilik, M. and Gregory, S. A., 1992) ระบบดาวคู่ GW Cnc นี้มีการวิเคราะห์โฟโตเมตรีครั้งแรกโดย Terrell และคณะ ในปี ค.ศ. 2005 มีคาบการโคจรของระบบดาว 0.281415 วัน มีประเภทสเปกตรัมคือ G8V และห่างจากระบบสุริยะเป็นระยะทาง 319 pc ในปี ค.ศ. 2016 Gurol และคณะ ได้ศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่นี้ โดยวิเคราะห์ข้อมูลโฟโตเมตรีในปี 2010 และ 2011 ที่หอดูดาวมหาวิทยาลัยอังการา Ankara University Observatory (AUO) และข้อมูลทางสเปกโตรสโกปี ในปี 2010 ที่ TUBITAK National Observatory (TUG) แสดงค่าพารามิเตอร์ของระบบดาวคู่ GW Cnc นี้ ว่าเป็นระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน ประเภท W Uma โดยดาวสมาชิกดวงที่ 1 และดวงที่ 2 มีมวล 0.257 และ 0.971 เท่าของมวลดวงอาทิตย์ มีรัศมี 0.526 และ 0.961 เท่าของรัศมีดวงอาทิตย์ ตามลำดับ มีอัตราส่วนมวล q = 3.773 ± 0.007 ด้วยค่าความเอียงของวงโคจร (i) = 83.38^0 ± 0.25 (Gurola, B. et al., 2016)

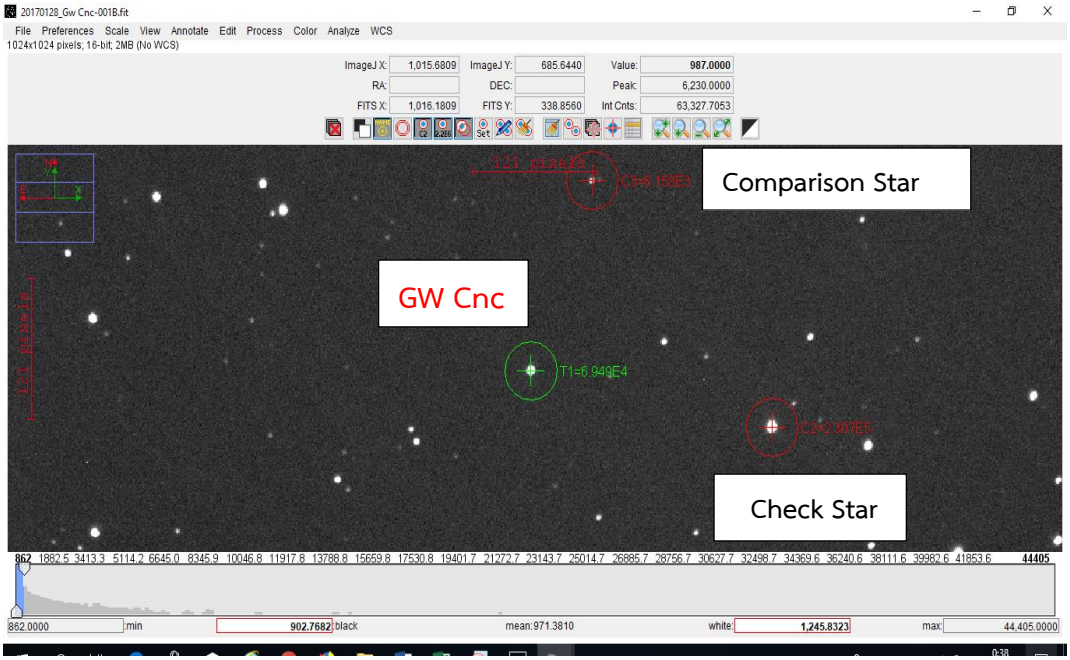
การศึกษาระบบดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน GW Cnc ในครั้งนี้ใช้วิธีการเปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรจากการสังเกตการณ์โดยเทคนิค ซีซีดี โฟโตเมทรี (CCD Photometry) เชื่อมต่อกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (Blue) และสีเหลือง (Visual) แล้วนำข้อมูลที่ได้จากการถ่ายภาพมาวิเคราะห์ผ่านโปรแกรม Astroimage J เพื่อหาค่าฟลักซ์ของแสงดาวและค่า HJD เพื่อใช้สร้างกราฟแสง และคำนวณค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด (time of minima light) แล้วสร้างแผนภาพ O-C (Liu, W. P. et al., 2013) เพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ GW Cnc

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ GW Cnc

วิธีดำเนินการวิจัย

การศึกษานี้ได้ทำการวิเคราะห์ข้อมูลภาพถ่ายที่บันทึก ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา จ.เชียงใหม่ ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพ ซีซีดี โฟโตเมตรี (CCD Photometry) ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ทำการสังเกตการณ์เมื่อวันที่ 28 มกราคม พ.ศ.2560 โดยตัวอย่างภาพถ่ายดาวแสดงดังรูปที่ 1 และข้อมูลพื้นฐานของดาวจากฐานข้อมูล SIMBAD Astronomical Database แสดงดังตารางที่ 1



รูปที่ 1 ภาพถ่ายระบบดาวคู่แบบแตะกัน Gw Cnc ดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบ

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลดาว GW Cnc ดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบ ตาม Epoch ค.ศ. 2000

Star	R.A.(h m s)	Dec.(° ' ")
Gw Cnc	08 48 12.69	+21 07 13.798
Comparison Star K1	08 47 36.94	+21 00 02.6
Check Star K2	08 47 42.61	+21 07 25.0

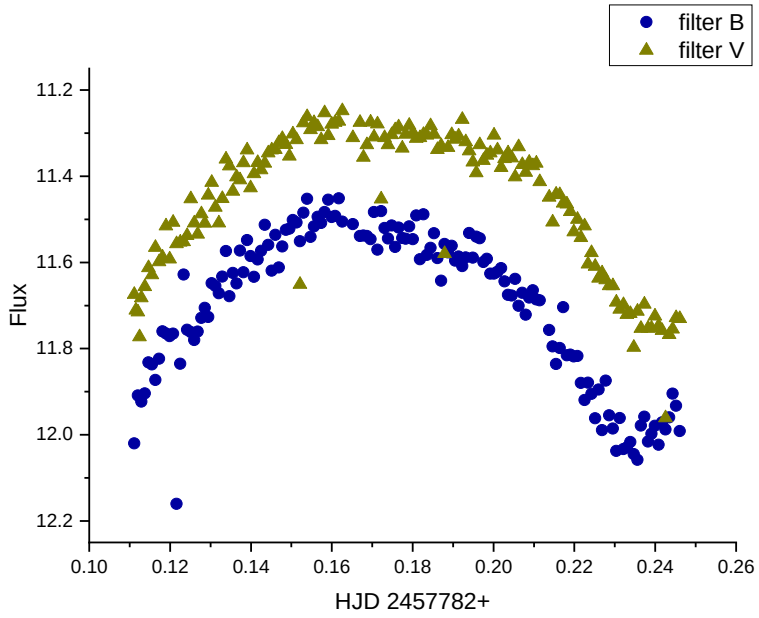
ข้อมูลภาพถ่ายที่ผ่านกระบวนการรีดักชั่นภาพ (Image Reduction) และขั้นตอนโฟโตเมตรี ที่ใช้เทคนิคการสังเกตการณ์เปรียบเทียบ (differential observation) จากโปรแกรม AstroImageJ จำนวน 311 ภาพ สามารถคำนวณค่าฟลักซ์ (Flux) ของปริมาณแสงต่อพื้นที่ต่อเวลา ตามสมการที่ 1 เมื่อ m คือ ผลต่างของแมกนิจูดของระบบดาวคู่ GW Cnc กับดาวเปรียบเทียบ (Comparison Star)

$$f = 10^{-m/2.5} \qquad (1)$$

เมื่อวิเคราะห์ข้อมูลฟลักซ์ และวันจูเลียนศูนย์สุริยะ (Heliocentric Julian Date, HDJ) ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) แล้วสร้างกราฟแสง เพื่อหาค่าเวลาที่แสงต่ำที่สุด เพื่อสร้างแผนภาพ O-C ในการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V) ระบบดาวคู่แบบแตะกัน GW Cnc ถูกนำมาสร้างกราฟแสง ดังรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟแสงของระบบดาวคู่ Gw Cnc ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) และสีเหลือง (V)

จากรูปที่ 2 สามารถวิเคราะห์หาค่าเวลาที่สว่างน้อยที่สุด และเมื่อพิจารณาค่าต่ำสุดของกราฟแสง คำนวณหาค่า Epoch กราฟแสงจะมีค่าแปรตามจำนวนเท่าของคาบตามสมการเชิงเส้นเอฟรีเมอริส (linear ephemeris equation) จากฐานข้อมูล AAVSO ดังสมการที่ 2 โดยเวลาที่แสงน้อยที่สุดที่จากอดีตของนักดาราศาสตร์คนอื่น ๆ กับงานวิจัยนี้ ดังแสดงตารางที่ 2

$$Min.I = HJD2454172.2949 + 0.28141358\ E \qquad (2)$$

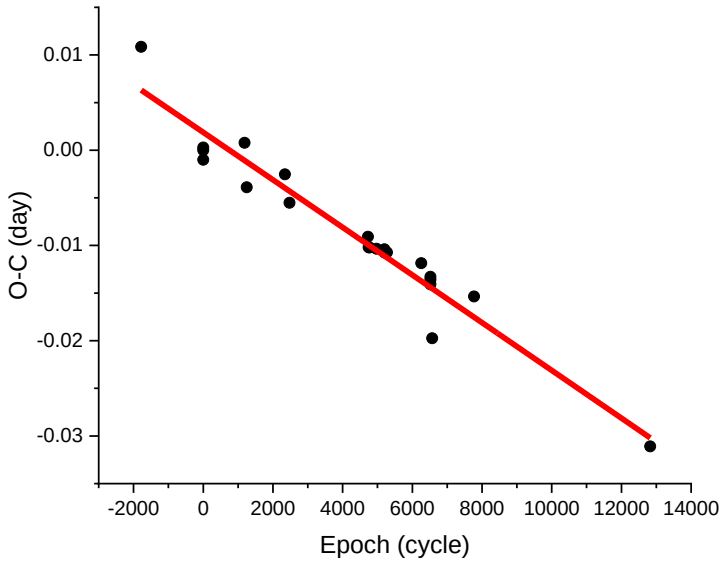
ตารางที่ 2 ค่า O-C ของดาวคู่ GW Cnc ตั้งแต่อดีตจนปัจจุบัน

Epoch	O-C	Source	Date
-1780	0.010852	OEJV 0074	27/10/2005
0	0	IBVS 5802	12/3/2007
0.5	-0.00101	IBVS 5802	12/3/2007
1	0.000286	IBVS 5802	13/3/2007
1187	0.000781	IBVS 5918	9/2/2008
1248	-0.0039	OEJV 0094	26/2/2008
2344	-0.00253	IBVS 5871	31/12/2008
2476	-0.00552	VSB 50	6/2/2009
4727	-0.00909	IBVS 6039	2/11/2010

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 5 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

4748.5	-0.01018	IBVS 6039	8/11/2010
4773.5	-0.01022	IBVS 6039	15/11/2010
4973.5	-0.01034	IBVS 5992	10/1/2011
5199	-0.0104	IBVS 6039	14/3/2011
5202.5	-0.01075	IBVS 6039	15/3/2011
5275	-0.01073	IBVS 5992	5/4/2011
6256.5	-0.01186	IBVS 6011	6/1/2012
6521	-0.01409	OEJV 0160	20/3/2012
6521	-0.01359	OEJV 0160	20/3/2012
6521	-0.01329	OEJV 0160	20/3/2012
6572	-0.01975	IBVS 6029	4/4/2012
7773	-0.01536	IBVS 6092	8/3/2013
12828	**-0.03109**	**งานวิจัยนี้**	**28/1/2017**

จากข้อมูลตารางที่ 2 สามารถสร้างแผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ GW Cnc และเมื่อวิเคราะห์เชิงตัวเลขด้วยสมการโพลิโนเมียลลำดับที่ 2 (Second-Order Polynomial Fitting) เพื่อดูแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของดาวคู่ Gw Cnc ได้ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 แผนภาพ O-C ของระบบดาวคู่ GW Cnc

จากรูปที่ 3 จะได้ความสัมพันธ์ดังสมการที่ 3

$$O\text{-}C = -7.8654\times10^{-13}\,E^2 - 2.49095\times10^{-6}E + 0.00188 \qquad (3)$$

เมื่อดิฟเฟอเรนชิเอทสมการที่ (3) เทียบกับ E สามารถเทียบสัมประสิทธิ์ของทั้งสองข้างสมการ ทำให้ได้อัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ dP/dE คือ -1.6x10-^{12} day/cycle นั่นหมายถึง การเปลี่ยนแปลงคาบมีการลดลงอย่างต่อเนื่อง ด้วยอัตราโดยประมาณ 2.04x10^{-9} วัน/ปี หรือ 1.76x10^{-4} วินาที/ปี

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ข้อมูลของระบบดาวคู่ GW Cnc ด้วยกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง พร้อมด้วย ซีซีดี ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) แล้วทำการวิเคราะห์ความสว่างด้วยเทคนิคโฟโตเมตรี เพื่อหาค่าโชติมาตรปรากฏ กับค่า HJD และสร้างกราฟแสงเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ดังกล่าว โดยใช้แผนภาพ O-C พบว่าคาบการโคจรของดาวคู่ GW Cnc มีค่าลดลงในอัตรา 1.76x10^{-4} วินาทีต่อปี ซึ่งหมายถึงระยะห่างระหว่างดาวสมาชิกทั้งสองดวงของระบบดาวคู่นี้จะลดลง นั่นคือ สมาชิกของดาวคู่ Gw Cnc มีแนวโน้มที่จะรวมกันเป็นดาวดวงเดียวซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสูญเสียโมเมนตัมเชิงมุมผ่านแรงไทดัล ทำให้ระบบดาวคู่มีระยะระหว่างดาวลดลงอย่างต่อเนื่อง และมีแนวโน้มที่จะหลอมรวมเป็นดาวดวงเดียวกัน

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่อนุเคราะห์อุปกรณ์ และสถานที่ในการสังเกตการณ์

เอกสารอ้างอิง

ดำรงศักดิ์ มณีพงษ์สวัสดิ์. (2548). *ดาราศาสตร์ฟิสิกส์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

Bradstreet, D. H. and Guinan, E. F. (1994). Stellar mergers and acquisitions: The formation and evolution of W Ursae majoris binaries, interacting binary stars. *California Astronomical Society of the Pacific*, 56, 228-243.

Bob Nelson's Database of Eclipsing Binary O-C Files, AAVSO. Accessed on 29 Jan 2022. from https://www.aavso.org/bob-nelsons-o-c- files

Gurola, B. and Gokaya, G. (2016). Absolute and Geometric Parameters of Contact Binary GW Cnc. *New Astronomy*, 46, 31-39.

Karen, A. C., John, F. K., Keivan, G. S. (2017). Astroimagej: Image Processing and Photometric Extraction for Ultra-Precise Astronomical Light Curves. *The Astrophysical Journal*, *115*(2).

Kreiner, J. M. (2004). An Atlas of O-C Diagrams of Eclipsing Binary Stars. *Acta Astronomica*, 54, 207-210.

Latkovic, O., Zboril, M. and Djurasevic, G. (2009). Light Curve Analysis of the Late Type Binary V523 Cassiopeiae., *Serb. Astron. J.*, 178, 45-48.

Lister, T. A., Mcdermid R. M., and Hilditch, R. W. (2000). A Photometric Study of the Contact Binaries V523 Cas and TY Uma. *Mon. Not. R. Astron. Soc.,* 317, 111-119.

Liu, W. P., Qian, S. B., Zhao, E. G. and Jiang, L. Q. (2013). First photometric study of W UMa binary star LU Lac. *New Astronomy*, 31, 65-68.

Palmen, J. and Davenhall, A. C. (2001). *The CCD photometric calibration cookbook*. Rutherford Appleton Laboratory Particle Physics & Astronomy Research Council Starlink Project: starlink project 6.4.

SIMBAD Astronomical Database - CDS (Strasbourg). Accessed on 29 Jan 2022. from http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/

Tanrıver, M. (2013). The first photometric solution and period variation of BG Vul binary star. *New Astronomy*, 28, 79–84.

Terrell, D., Gross, J. and Cooney, W. (2005). *GW CANCRI: A W-TYPE W UMa SYSTEM WITH COMPLETE ECLIPSE*. IBVS 5625, 1.

Vilhu, O. (1982). Detact Contact scenario for the origin of W UMa stars. *Astronomy and Astrophysics*, 103.

Zeilik, M., Gregory, S. A., and Smith, E. P. (1992). *Introductory astronomy and astrophysics*. Philadelphia, PA: Saunders College, 235-248.

Zubairi, A. W., Goderya, S. and Khan, F. M. (2019). Photometricstudy of contact binary star MW. *New Astronomy*, 66, 68-73.

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา
Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE

ที่ตั้ง: คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
เลขที่ 41 หมู่ 5 ตำบลท่าช้าง อำเภอเมือง จังหวัดจันทบุรี 22000

บทความวิชาการ

• การจำแนกประเภทข่าวปลอมตามหมวดหมู่ทางวิทยาศาสตร์ในช่วงปี 2565
สุภัทร สายรัตนอินทร์

บทความวิจัย

• การศึกษาคาบการโคจรและรัศมีของดาวเคราะห์นอกระบบสุริยะ WASP–50b
เบญจวรรณ บุ้งกระโทก พัฒนพงษ์ จำรัสประเสริฐ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม ดวงสุดา โชคเฉลิมวงศ์ และ แววดาว ดาทอง
• ผลของอุณหภูมิและเวลาในการขึ้นรูปต่อความแข็งแรงของจานใบหูกวาง
กฤษฎา บุญชม ปริยาพร กองคำ ไกรสร เราเท่า และ อรรถพล วงค์ตั้ง
• การคำนวณหาความเร็ว และการกระจัดการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เคลื่อนที่แบบโพรเจคไทล์ ภายใต้แรงต้านอากาศ แรงยก และแรงภายนอกขึ้นอยู่กับเวลาที่สั่นในแกน y
ปิยรัตน์ มูลศรี ศศิกานต์ ปานปราณีเจริญ และ อาทิตย์ หู้เต็ม
• การศึกษาอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการอบแห้งเนื้อมะพร้าวน้ำหอม
นิรุธ ล้ำเลิศ และ วริษา ปานเจริญ
• การศึกษาความเข้มข้นของน้ำตาลและความหนาของเนื้อตาลที่เหมาะสมต่อการอบแห้ง
วริษา ปานเจริญ และ นิรุธ ล้ำเลิศ
• การศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ V415 Vir
สุภาณี ใหม่จันทร์ดี ตอริก เฮ็งปิยา และ วริษา ปานเจริญ
• การศึกษาพฤติกรรมของประจุไฟฟ้า สนามไฟฟ้า และศักย์ไฟฟ้าของตัวนำทรงกลมเสมือนภายใต้ความหนาแน่นประจุไฟฟ้าเชิงปริมาตร
อาทิตย์ หู้เต็ม และ ณัฐณิชา มะสูงเนิน
• แบบจำลองแรกของระบบดาวคู่ V415 Virginis
กฤษฎา บุญชม ตอริก เฮ็งปิยา และ วิระภรณ์ ไหมทอง
• การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ จีดับเบิลยู ซีเอ็นซี
สมกรณ์ ชัยวรากรณ์ และ กฤษฎา บุญชม

http://www.atsse.org/