ISSN 2673-0480 (Online)

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space



ปีที่ 2 ฉบับที่ 1 (2562)
Vol.2, No.1 (2019)

บรรณาธิการแถลง

วารสารวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ (Journal of Earth Science, Astronomy and Space) เป็นวารสารที่ออกโดยสมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา (Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE) มีวัตถุประสงค์เพื่อเผยแพร่บทความทางด้านวิทยาศาสตร์โลก ดาราศาสตร์ และอวกาศ จากผลงานวิจัย ผลงานทางวิชาการ บทความทางวิชาการ ผลงานวิชาการรับใช้สังคม มีกำหนดออกเผยแพร่ ปีละ 1 ฉบับ (ตุลาคม – ธันวาคม) ซึ่งในปี 2561 ออกเผยแพร่เป็นฉบับปฐมฤกษ์ และฉบับนี้เป็นปีที่ 2 ซึ่งเป็นบทความวิจัยทางด้านดาราศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวกับโลก ทั้งหมด 7 เรื่อง

ทางวารสารใคร่ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิคณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) เป็นอย่างสูง ที่กรุณาให้เกียรติและเสียสละเวลาในการพิจารณากลั่นกรอง แก้ไข และให้ข้อเสนอแนะแก่บทความวิจัยทั้ง 7 เรื่อง เพื่อความสมบูรณ์และเกิดประโยชน์สูงสุดในทางวิชาการในวารสารฉบับนี้

ผศ.ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง
บรรณาธิการ

กองบรรณาธิการ

ผศ.ดร.วิระภรณ์ ไหมทอง	บรรณาธิการ
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร	กรรมการ
ผศ.ดร. อธิพงศ์ งามจารุโรจน์	กรรมการ
ผศ.ดร.ภัควัฒน์ วงศ์วรรณวัฒนา	กรรมการ
ผศ.ดร.ธนา ยีรัมย์	กรรมการ
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา	กรรมการ
ดร.ศุภฤกษ์ อัครวิทยาพันธุ์	กรรมการ
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว	กรรมการ
ดร.กาญจนา ทองบุญนาค	กรรมการ
ดร.ปรารถนา มินเสน	กรรมการ
ดร.พสุ ปราโมกข์ชน	กรรมการ
ดร.อัครสิทธิ์ บุญส่งแท้	กรรมการ
อ.ณัฏฐพงษ์ สายพิณ	กรรมการ
อ.วริษา ปานเจริญ	กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการประเมินอิสระ (Peer Reviewers) ตรวจสอบทางวิชาการ

รศ.บุญรักษา สุนทรธรรม
สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)
ผศ.ดร.ชีวะ ทัศนา
มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี
ผศ.ดร.ธนา ยีรัมย์
มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
ผศ.ดร.สุรเชษฐ์ ผดุงธิติธาดา
มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ผศ.ดร.สุวิทย์ นามมหาจักร
มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
ผศ.ธนวัฒน์ รังสูงเนิน
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
ผศ.วิจิตร ฤทธิธรรม
มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร
ดร.กนต์ธีร์ กิจเกียรติพงษ์
มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนคร
ดร.กฤษฎา บุญชม
มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
ดร.นรากรณ์ แก้วขาว
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์
ดร.สุภาณี ใหม่จันทร์ดี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลล้านนา

สารบัญ

เรื่อง **หน้า**

กองบรรณาธิการ ก

สารบัญ ง

การสังเกตการณ์ระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี บีแซด อีริดานี 1
สุพัตรา วงศ์ศรียา สิทธิกร เณรเถา อณุศาสตร์ มุขสาร
และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม

การวิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ) 12
วรรณพร ดีวงษ์ วริษา ปานเจริญ นิรุธ ล้ำเลิศ และ วิระภรณ์ ไหมทอง

ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองจากข้อมูล MODIS ในประเทศไทย 20
อรดี พิลาโฮม และ วิลาวรรณ์ คำหาญ

การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34 27
ซาวียะห์ สาเหาะ อานีต้า แมเราะ ณาซูลา มะนา
รุสมาดี สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์

การสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE 32
ซูไฮนี แวกาจิ นูรีฮัน เปาะอีแตเยะ สีตีรอกีเยาะห์ บาระตายะ
รุสมาดี สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์

การสังเคราะห์ดินนาสำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา 41
อนิรุทธิ์ รักสุจริต

การศึกษากระบวนการหมักแบบต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ 48
แลกโทส และกาแลกโทส โดยใช้ Lactobacillus sp เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น
อดุลย์สมาน สุขแก้ว

Received: 25 September 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 22 December 2019

การสังเกตการณ์ระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี บีแซด อีริดานี
Observation of Spectroscopic Binaries BZ Eridani

สุพัตรา วงศ์ศรียา[1*] สิทธิกร เณรเถา[2] อณุศาสตร์ มุขสาร[2] และสมานชาญ จันทร์เอี่ยม[3]
[1]กลุ่มวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000
[2]สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์ อำเภอเมือง จังหวัดบุรีรัมย์ 31000
[3]สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) อำเภอเมือง จังหวัดนครราชสีมา 30000
[*]supattra5149@gmail.com

บทคัดย่อ

ระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี BZ Eridani จำแนกตามวิวัฒนาการจัดเป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยกล้องโทรทรรศน์ชนิดสะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระ-ชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา เชื่อมต่อกับเครื่องซีซีดีสเปกโทรกราฟ ในช่วงความยาวคลื่น 4355.050 ถึง 7110.200 อังสตรอม ระหว่างวันที่ 23, 24 มกราคม 2561 และ 5 กุมภาพันธ์ 2561 รวมระยะเวลาทั้งหมด 3 วัน ข้อมูลสเปกตรัมที่ได้นำมาวิเคราะห์ธาตุองค์ประกอบหลักของระบบดาวคู่ และคำนวณหาค่าความเร็วในแนวเล็ง เพื่อสร้างกราฟความเร็วในแนวเล็ง และแบบจำลอง โดยใช้สเปกตรัมของดวงอาทิตย์เป็นสเปกตรัมเปรียบเทียบ ผลที่ได้แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี BZ Eridani อยู่ในชนิดสเปกตรัม G มีเส้นสเปกตรัมที่เด่นชัด ได้แก่ H - alpha, H - beta, Na I และ Mg I อุณหภูมิพื้นผิวของระบบเฉลี่ย 6,000 เคลวิน จากแผนภาพเฮิทซ์ปรุง - รัสเซลล์ และได้แบบจำลองระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี BZ Eridani เป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน

คำสำคัญ: ระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี, ระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน, สเปกตรัม

Abstract {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

BZ Eridani (BD - 06 841) was found to be a spectroscopic binary system. It was also classified as a semi - detached binary type. The observations were done at the Regional Observatory for the Public, Nakhon Ratchasima, during 23, 24 January 2018 and 5 February 2018, using a 0.7 meter reflecting telescope mounted with a CCD spectrograph. The spectra were analyzed

to determine the elementary components of this binary system, the radial velocity. A radial velocity curve and a spectroscopic model of BZ Eridani were obtained. Using solar spectra as a comparison, the results show that the BZ Eridani spectral class is G with the most prominent spectral lines of H - alpha, H - beta, Na I and Mg I. The effective temperature was found, from the H-R diagram,to be around 6,000 K. The spectroscopic model shows that BL Eridani is a semi - detached binary system.

Keywords: spectroscopic binary system, semi - detached binary system, solar spectra

บทนำ

ระบบดาวคู่ บีแซด อีริดานี (BZ Eridani; BZ Eri; TYC4732.1278.1) สำรวจพบในปี ค.ศ.1928 ในช่วงแรกมีการถกเถียงกันเกี่ยวกับการจัดประเภทของระบบดาวดังกล่าว เนื่องจากลักษณะกราฟแสงของระบบดาวคู่ BZ Eridani คล้ายกับระบบดาวคู่แบบใกล้ชิดประเภท W UMa หลังจากนั้น Hoffmeister (1934) ได้จัด BZ Eridani เป็นระบบดาวคู่ แบบใกล้ชิด ประเภทอัลกอล (Algol) ต่อมา R.K.Srivastava และ WAHAB UDDIN (1986) ได้สังเกตการณ์ฟิลเตอร์ U, B และ V ของระบบดาวคู่อุปราคา BZ Eridani ซึ่งได้ค่าคาบการโคจรของระบบดาวคู่อุปราคา BZ Eridani เป็น 0.6641703 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉรา ธีรวิทยานุกูล (2550) แต่แผนภาพ (*O - C*) ของระบบดาวคู่ BZ Eridani ไม่สามารถบอกแนวโน้มของการเกิดวัฏจักรต่าง ๆ ได้ เนื่องจากข้อมูลยังมีไม่มากพอ จึงจำเป็นต้องสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ BZ Eridani อย่างต่อเนื่องเพิ่มขึ้น ซึ่งในการสังเกตการณ์ในครั้งนี้ได้ให้ความสนใจไปที่การสังเกตการณ์โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปี เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ BZ Eridani

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาคุณสมบัติของดาวของระบบดาวคู่อุปราคาสเปกโทรสโกปี BZ Eridani
2. เพื่อสังเกตการณ์โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีของระบบดาวคู่สเปกโทร-สโกปี BZ Eridani
3. เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี BZ Eridani

วิธีดำเนินการวิจัย

การสังเกตการณ์ทางสเปกโทรสโกปีของระบบดาวคู่ BZ Eridani ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา พิกัดที่ตั้ง 14° 52′ 17.16″ และ 102° 1′ 41.24″ E ในระหว่างวันที่ 23 ถึง 24 มกราคม 2561 และวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2561 รวมทั้งหมด 3 คืน สังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ต่อเข้ากับเครื่อง CCD สเปกโทร-มิเตอร์ ซึ่งแสดงข้อมูลตำแหน่งของระบบดาวคู่ BZ Eridani ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลตำแหน่งของระบบดาวคู่ BZ Eridani (*Epoch* : J2000)

ดาวเป้าหมาย	RA	DEC	m_B	m_V
BZ Eridani (BD - 06 841)	04^h12^m 12.6532^s	-06°01’ 17.650”	10.27	9.77

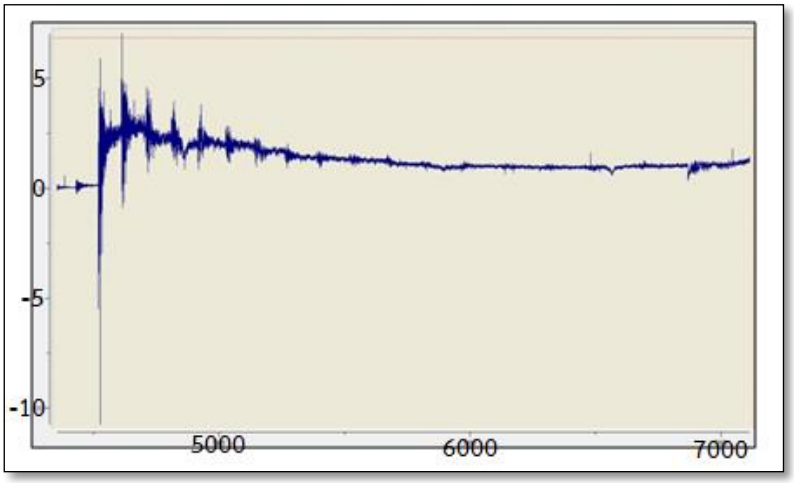
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ BZ Eridani โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปี วิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์สเปกตรัมของระบบดาวคู่ BZ Eridani โดยใช้สเปกตรัมของดวงอาทิตย์เป็นสเปกตรัมเปรียบเทียบ นำไปสู่การหาธาตุองค์ประกอบหลักของระบบดาวคู่ อุณหภูมิพื้นผิวของระบบดาวคู่ เพื่อนำไปบรรจุในแผนภาพเฮิทซ์ปรุง - รัสเซลล์ และแบบจำลองของระบบดาวคู่ BZ Eridani ซึ่งใช้ในจำแนกประเภทและการอธิบายวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ BZ Eridani ได้

การวิเคราะห์ชนิดของธาตุบนชั้นบรรยากาศของสมาชิกดาวฤกษ์ในระบบ

การวิเคราะห์ชนิดของธาตุจากภาพสเปกตรัมของระบบดาวคู่ BZ Eridani ที่สังเกตในช่วงความยาวคลื่น 4355.050 ถึง 7110.200 อังสตรอม จากการพิจารณาภาพสเปกตรัมของระบบดาวคู่ BZ Eridani ในแต่ละเฟสของการสังเกตการณ์ พบว่า เส้นดูดกลืนที่เกิดขึ้นมีความเข้มและความยาวคลื่นผันแปรกับเวลาที่สังเกตการณ์ แต่รูปแบบของสเปกตรัมยังคงมีลักษณะเดิม จึงสรุปได้ว่าบรรยากาศของระบบดาวคู่ BZ Eridani ประกอบด้วยธาตุบางชนิดที่แน่นอนจากการพิจารณาเส้นดูดกลืนเทียบกับสเปกตรัมต่อเนื่อง เมื่อเราทราบความสัมพันธ์ของแหล่งกำเนิดและสเปกตรัมจากกฎ 3 ข้อ ของเคิร์ชฮอฟ (Kirchhoff’s Laws) ได้แก่ 1) ก๊าซความหนาแน่นสูงและร้อนหรือวัตถุแข็งร้อนจะให้สเปกตรัมต่อเนื่องโดยปราศจากสเปกตรัมมืด 2) ก๊าซความหนาแน่นต่ำและร้อนจะได้สเปกตรัมสว่าง 3) ก๊าซความหนาแน่นต่ำและเย็นที่อยู่ด้านหน้าของแหล่งกำเนิดสเปกตรัมต่อเนื่องจะให้เส้นมืด

ด้วยเหตุผลข้างต้นดังนั้นการวิเคราะห์หาชนิดของธาตุในบรรยากาศของระบบดาวคู่ BZ Eridani จึงสามารถพิจารณาจากสเปกตรัมของระบบดาวคู่ BZ Eridani เพียง 1 ภาพก็สามารถอธิบายข้อมูลได้ครอบคลุม ดังแสดงในรูปที่ 1



รูปที่ 1 ภาพสเปกตรัมของระบบดาวคู่ BZ Eridani ของวันที่ 5 กุมภาพันธ์ 2561 (HJD : 2458155.13539833)

จากรูปที่ 1 พบว่าเส้นดูดกลืนที่เกิดขึ้น 4 เส้น (หรือแต่ละเส้นอาจมีการแยกเป็นคู่ที่บางเฟสของการโคจรถ้ามีการเลื่อนดอปเปลอร์) ทำให้การวัดความยาวคลื่นของเส้นดูดกลืนเหล่านี้ได้ว่า

เส้นที่ I	มีค่าความยาวคลื่น	482.6650	นาโนเมตร
เส้นที่ II	มีค่าความยาวคลื่น	517.0150	นาโนเมตร
เส้นที่ III	มีค่าความยาวคลื่น	589.7900	นาโนเมตร
เส้นที่ IV	มีค่าความยาวคลื่น	656.5850	นาโนเมตร

การเปรียบเทียบค่าความยาวคลื่นของเส้นดูดกลืนเหล่านี้กับค่าของเส้นสเปกตรัมมาตรฐานของธาตุต่าง ๆ ซึ่งผู้เขียนใช้ค่ามาตรฐานสำหรับการเปรียบเทียบจากสเปกตรัมของดวงอาทิตย์ พบว่าเส้นที่ I ความยาวคลื่น 482.6650 นาโนเมตร ตรงกับธาตุ H-beta เส้นที่ II ความยาวคลื่น 517.2698 นาโนเมตร ตรงกับธาตุ Mg I
เส้นที่ III ความยาวคลื่น 589.7900 นาโนเมตร ตรงกับธาตุ Na I และเส้นที่ IV ความยาวคลื่น 656.5850 นาโนเมตร ตรงกับธาตุ H-alpha ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ธาตุหลักของระบบดาวคู่ BZ Eridani

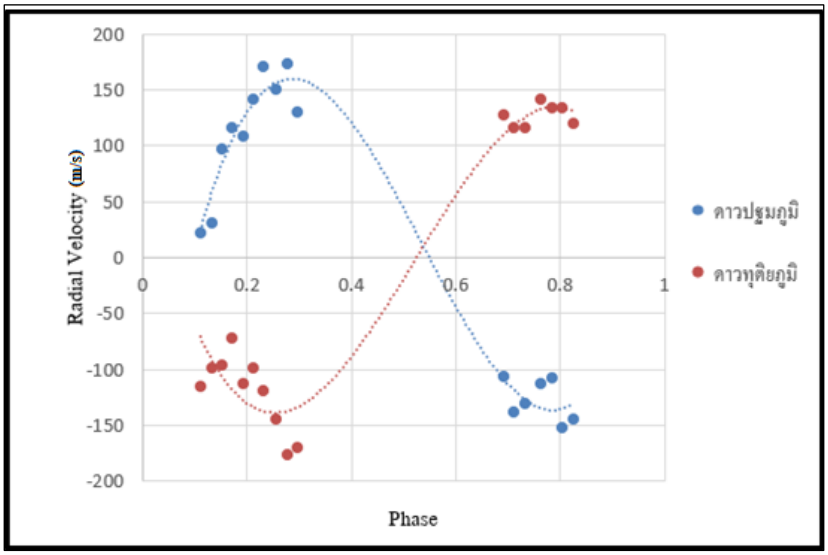
ดาวฤกษ์	ธาตุที่พบ
ดาวปฐมภูมิ	H - alpha, H-beta, Na I และ Mg I
ดาวทุติยภูมิ	H - alpha, H-beta, Na I และ Mg I

ความเร็วในแนวเล็ง

ความเร็วในแนวเล็ง (radial velocity) เป็นค่าความเร็วที่แสดงการเคลื่อนที่สมาชิกดาวฤกษ์ในระบบระบบดาวคู่ BZ Eridani ซึ่งปรากฏในแนวสายตาผู้สังเกต เมื่อสมาชิกดาวดวงที่ 1 เคลื่อนที่เข้าหาผู้สังเกตจะเห็นเส้นสเปกตรัมความยาวคลื่นสั้นลง เรียกว่า การเลื่อนทางน้ำเงิน (Blue shift) ในขณะที่สมาชิกดาวอีกดวงเคลื่อนที่ออกจากผู้สังเกตจะเห็นเส้นสเปกตรัมยาวขึ้น เรียกว่า การเลื่อนทางแดง (Red shift) จากข้อมูลสังเกตการณ์สามารถนำไปสร้างเป็นกราฟความเร็วในแนวเล็ง (radial velocity curve) จากสมการ (1)

$$\Delta\lambda/\lambda_0 = \mathbf{V/C} \qquad (1)$$

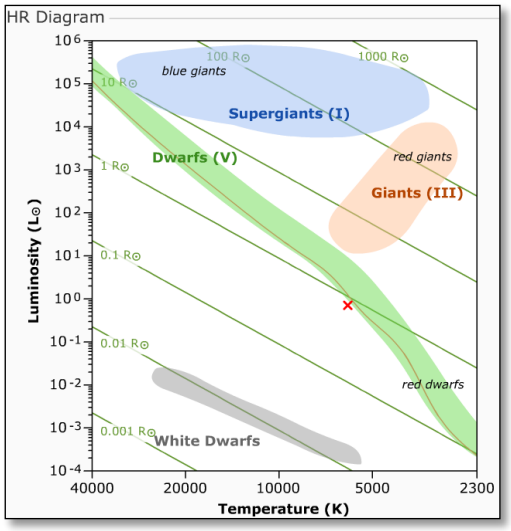
โดยใช้ความยาวคลื่นของไฮโดรเจนเป็นความยาวคลื่นเป็นมาตรฐานในการสังเกตการเลื่อนทางแดงทางน้ำเงิน (Blue shift Red shift) ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความเร็วในแนวเล็งนอกช่วงการเกิดอุปราคาของระบบดาวคู่ BZ Eridani ประกอบด้วยดาวปฐมภูมิ (primary star) และดาวทุติยภูมิ (secondary star) ดังแสดงในรูปที่ 2



รูปที่ 2 กราฟความเร็วในแนวเล็งของระบบดาวคู่ BZ Eridani

แผนภาพเฮิทซ์ปรุง -รัสเซลล์

แผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลล์ เป็นแผนภาพแสดงคู่ลำดับระหว่างความสว่างของดาวฤกษ์กับชนิดสเปตรัมดาวฤกษ์ ซึ่งแสดงให้เห็นความสัมพันธ์ระหว่างค่าความส่องสว่างสัมบูรณ์ ประเภท และอุณหภูมิของดาวฤกษ์ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ค่าความส่องสว่างสัมบูรณ์ จากตารางที่ 3 พบว่าระบบดาวคู่ BZ Eridani อยู่บนแถบลำดับหลักในแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลล์ จัดอยู่ในสเปกตรัมประเภท G ดังรูปที่ 3



รูปที่ 3 ระบบดาวคู่ BZ Eridani ในแผนภาพเฮิทซ์ปรุง-รัสเซลล์ (H-R Diagram) ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน

แบบจำลองของระบบดาวคู่ BZ Eridani

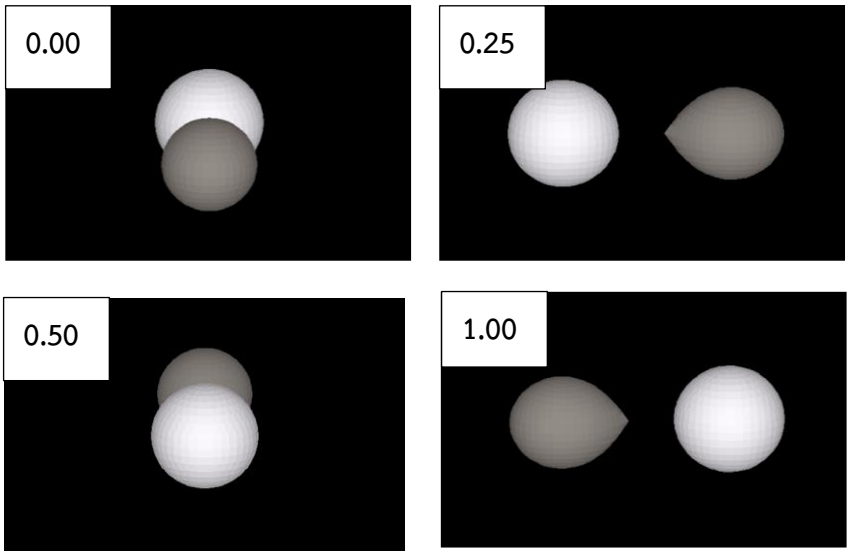
จากการวิเคราะห์ข้อมูลทางสเปกโทรสโกปีทำให้ทราบว่าระบบดาวคู่ BZ Eridani จัดอยู่ในสเปกตรัมประเภท G ซึ่งหากนำไปเปรียบเทียบกับตาราง Stellar Spectral Classes จะทราบค่าอุณหภูมิพื้นผิวและสีของดาวฤกษ์ ซึ่งในการกำหนดค่าพารามิเตอร์ที่ใช้กับโปรแกรม Star Light Pro พร้อมทั้งอ้างอิงค่าพารามิเตอร์บางค่าจากการสังเกตการณ์โฟโตเมตรี จากตารางที่ 3 เพื่อสร้างแบบจำลองของระบบ BZ Eridani

ตารางที่ 3 ชุดของค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุดของระบบดาวคู่ BZ Eridani

พารามิเตอร์	คำตอบที่ดีที่สุด	
	ดาวปฐมภูมิ	ดาวทุติยภูมิ
Latitude Lines	10	
Limb Darkening	0.5	
Inclination	75.53 ± 0.04460893	
Mass Ratio	0.354254 ± 0.0009095	
Luminosity (L_B)	0.7121827 ± 0.029570	
Pole Radius	0.316190 ± 0.09901	0.2734 ± 0.200599

ที่มา : อัจฉรา ธีรวิทยานุกูล (2008)

จากข้อมูลข้างต้น และตารางที่ 3 นำไปสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่ BZ Eridani โดยใช้โปรแกรม Star Light Pro จากแบบจำลองทำให้ทราบวิวัฒนาการของระบบ ดังรูปที่ 4 ที่เฟส 0.00, 0.25, 0.50 และ 1.00 ตามลำดับ



รูปที่ 4 ภาพแบบจำลองของระบบดาวคู่ BZ Eridani ที่ Phase 0.00, 0.25, 0.50 และ 1.00 ตามลำดับ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์สเปกตรัมของระบบดาวคู่ BZ Eridani พบธาตุองค์ประกอบหลักของระบบ ได้แก่ H - alpha, H - beta, Na I และ Mg I มีอุณหภูมิพื้นผิวของระบบดาวคู่เฉลี่ยอยู่ที่ 6,000 K เมื่อพิจารณาแผนภาพเฮิทซ์ปรุง - รัสเซลล์ ของระบบดาวคู่ BZ Eridani พบว่าระบบดาวคู่ BZ Eridani อยู่ในแถบลำดับหลัก และเมื่อพิจารณาแบบจำลองของระบบดาวคู่ BZ Eridani พบว่าดาวทุติยภูมิเกิดผิวหอห่อหุ้มของโรช ซึ่งอาจมีการถ่ายเทมวลจากดาวทุติยภูมิไปยังดาวปฐมภูมิ และสามารถจำแนกระบบดาวคู่ BZ Eridani เป็นระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อัจฉรา ธีรวิทยานุกูล (2008)

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณนางสาวนภาพร อะทะโน ผู้ช่วยนักวิจัยสถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ข้อมูลความรู้เกี่ยวกับการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปี ขอบคุณนายสมานชาญ จันทร์เอี่ยม เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ หอดูดาวส่วนภูมิภาคนครราชสีมา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้ความรู้ รวมทั้งเทคนิคในการสังเกตการณ์วิจัยในครั้งนี้

เอกสารอ้างอิง

เฉลา วงศ์แสง. 2545. การวิเคราะห์เส้นสเปกตรัมสว่างของระบบดาวคู่อุปราคา ปีตาไลรี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

เชิดตระกูล หอมจำปา. 2553.โครงสร้างกายภาพของ ระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา.

ธนวัฒน์ รังสูงเนิน. 2558. การเปลี่ยนคาบวงโคจรและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่อัลกอล จีพี เพก. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏ-นครราชสีมา.

ธนา ยีรัมย์. 2548. โครงสร้างทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา วี1061 ทอไร. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

นภาพร อะทะโน. 2557. การสังเกตการณ์และการวิเคราะห์ระบบดาวคู่ อาร์ คานิส เมเจอร์ริส โดยเทคนิคโฟโตเมตรีและสเปกโทรสโกปี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

บุญรักษา สุนทรธรรม, 2551. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบเกือบแตะกันบางระบบ. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2551

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. เชียงใหม่. สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

บุญรักษา สุนทรธรรม. 2549. การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพของดาวคู่อุปราคา ดับเบิลยู เออซ่าร์ เมเจอร์ โดยเทคนิคโฟโตเมตรีแบบซีซีดี. รายงานฉบับสมบูรณ์ สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ ปี พ.ศ. 2549

ปิยฉัตร กาบทุม และคณะ. 2556. สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ AT Aquarii. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

ศิรามาศ โกมลจินดา. 2546. โครงสร้างกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน อาร์แซด ทอรี.วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, (2551). ปรากฏการณ์ดอปเปลอร์, 23 ตุลาคม 2560. http://www.lesa.biz/astronomy/light/doppler-effect

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, (2551). แผนภาพแฮรท์สซปรุง - รัสเซลล์ (H - R Diagram), 23 ตุลาคม 2560. http://www.lesa.biz/astronomy/star- properties/hr-diagram

ศูนย์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์โลกและดาราศาสตร์, (2551). สเปกตรัมของดาว, 23 ตุลาคม 2560. http://www.lesa.biz/astronomy/star-properties/stellar-spectrum

สุพัตรา วงศ์ศรียา. 2556. สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบกึ่งแยกกัน จีดับเบิลยู คาริน่า. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัย เชียงใหม่.

เสาวลักษณ์ ปัญญามี จุฑามาศ วังรัก และ วิระภรณ์ ไหมทอง. 2558. การเปลี่ยนแปลงคาบการแปรแสงของระบบดาวคู่ XY Leonis จากภาพถ่ายด้วยกล้องดิจิตอล DSLR. ปริญญานิพนธ์ระดับปริญญาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.

อมรรัตน์ อังเวโรจน์วิทย์. 2541. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่ อาร์ ที ลาเซอที โดยเทคนิควิลสันและเดวินนี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อัจฉรา ธีรวิทยานุกูล. 2551. การเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรของระบบดาวคู่ บีแซด อีริดานี. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

Kämper, B. – C. (1986). Period variations in BZ Eridani. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASAAstrophysics Data System :http://adsabs.harvard.edu/abs/1987Ap%26SS.129..407K

National Schools' Observatory. (2016). เทคนิค สเปกโทรสโกปี, 23 ตุลาคม 2560.https://www.narit.or.th/files/NAS/stellar/TH_Stellar_Classification.ppt

R.K.Srivastava. (1985). Period variations in BZ Eridani.. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System :http://adsabs.harvard.edu/abs/1986Ap%26SS.121..317S

Saitou, M. S.; Okazaki, A. (2002). *CCD Photometry of the Eclipsing Binary BZ Eridani*. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System:http://adsabs.harvard.edu/abs/2002aprm.conf..457S

Simbad Astronomical Database. (2016). *V* BZ Eri Eclipsing binary of Algol type*. Retrieved October 22, 2017 from Simbad Astronomical

Database: http://simbad.u-strasbg.fr/simbad/sim-basic ? Ident= BZ+Eridani &submit=SIMBAD+search

Srivastava, R. K. and Sinha, B. K. (1981) A Note on BZ Eridani. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System :http://adsabs.harvard.edu/abs/1981IBVS.1919....1S

Srivastava, R. K. and Uddin, Wahab. (1986). *Photometric study of BZ Eridani*. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System: http://adsabs.harvard.edu/abs/1986Ap%26SS.126..105S

Srivastava, R. K. and Sinha, B. K. (1981). *Three colour photometry of BZ Eridani*. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System :http://adsabs.harvard.edu/abs/1981BASI....9...84S

Srivastava, R. K. and Uddin, W. (1985). *Photoelectric Minima of BZ Eridani*. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System :http://adsabs.harvard.edu/abs/1985IBVS.2806....1S

Srivastava, R. K.. (1986*). Period Variation of Bz-Eridani*. Retrieved October 22, 2017, from The SAO/NASA Astrophysics Data System :http://adsabs.harvard.edu/abs/1987Ap%26SS.129..409S

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 3 October 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 12 December 2019

การวิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ)
Diameter Analysis of an Asteroid 2204 Lyyli (1943EQ)

วรรณพร ดีวงษ์[1] วริษา ปานเจริญ[1*] นิรุธ ล้ำเลิศ[1] และวิระภรณ์ ไหมทอง[2]
Wannaporn Deewong[1] Warisa Pancharoen[1*] Niroot Lamlert[1] and Wiraporn Maithong[2]
[1]สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
[2]ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
*warisa.pan@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ) สังเกตการณ์และทำการเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์กรมหาชน) กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงสีเหลือง (V) หลังจากนั้นนำภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อยที่ได้ไปผ่านกระบวนการกำจัดสัญญาณรบกวน และหาค่าความสว่างด้วยโปรแกรม IRIS และโปรแกรม Aperture Photometry Tools

ในการวิจัยครั้งนี้ ผลการศึกษาพบว่าดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943eq) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 31.60 km ซึ่งมีความคลาดเคลื่อนจากฐานข้อมูล JPL NASA (Jet Propulsion Laboratory California Institute of Technology) ราว 31.07 %

คำสำคัญ: IRIS, Aperture photometry, ดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ)

Abstract {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

Propose of this research was intended to study diameter of the 2204 Lyyli (1943EQ) asteroid. The data were observed at Regional Observatory for the Public Chachoengsao, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization) via CCD photometer in V filters connected with 0.7 M reflecting telescope. The images of asteroids was eliminated interference and intensity by using IRIS and Aperture photometry tools programs.

In this research, the calculation results show that the 2204 Lyyli asteroid (1943eq) has a diameter of 31.60 km, inaccurate from the JPL NASA database (Jet Propulsion Laboratory, California Institute of Technology) about 31.07 %

Keywords : IRIS / Aperture photometry / The 2204 Lyyli (1943EQ) asteroid

บทนำ

มนุษย์มีความสัมพันธ์กับดาราศาสตร์มานานนับตั้งแต่สมัยโบราณ โดยที่ศาสตร์ความรู้ในด้านต่างๆ มักมีดาราศาสตร์เข้ามาเป็นพื้นฐานในการค้นพบ นับตั้งแต่ที่มนุษย์เริ่มเห็นความสำคัญของวัฏจักรของธรรมชาติและปรากฏการณ์ต่างๆบนท้องฟ้าที่มีอิทธิพลต่อการดำรงชีวิตประจำวันของเขาเหล่านั้น ทำให้มนุษย์เริ่มสังเกตวัตถุท้องฟ้าโดยเฉพาะอย่างยิ่ง ดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ ดาวเคราะห์ และกลุ่มดาวต่างๆ ที่ขึ้นและตกในช่วงเวลาต่างๆ ในรอบปี ความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์จึงเป็นแรงผลักดันให้พยายามที่จะสังเกตและค้นหาความจริงเกี่ยวกับวัฏจักรของวัตถุบนท้องฟ้า ตลอดจนการศึกษาถึงสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์บนฟากฟ้าอย่างต่อเนื่อง จึงเป็นที่มาของการเริ่มต้นศึกษาวิชาดาราศาสตร์อย่างเป็นทางการนับตั้งแต่นั้น ซึ่งการศึกษาทางด้านดาราศาสตร์ ไม่ใช่เพียงแค่เป็นการศึกษาผ่านกล้องดูดาวเพียงเท่านั้น แต่ยังมุ่งเน้นการศึกษาถึงคุณสมบัติต่างๆ ของดวงดาวหรือ วัตถุบนท้องฟ้า (พัชริฎา เพชรรางกูร และคณะ, 2558) เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์ต่างๆ ที่เกิดขึ้น ตลอดจนการศึกษาขั้นตอนการวิวัฒนาการของระบบดาว และระบบสุริยะอีกด้วย

ดังที่เราทราบกันดีว่า ในระบบสุริยะนั้นประกอบไปด้วยดวงอาทิตย์และวัตถุอื่น ๆ ที่โคจรรอบดวงอาทิตย์เนื่องจากแรงโน้มถ่วง ได้แก่ ดาวเคราะห์ 8 ดวงกับดวงจันทร์บริวาร ดาวเคราะห์แคระ และวัตถุขนาดเล็กอื่น ๆ อีกนับล้านชิ้น ซึ่งรวมถึง ดาวเคราะห์น้อย วัตถุในแถบไคเปอร์ ดาวหาง สะเก็ดดาว และฝุ่นระหว่างดาวเคราะห์ การศึกษาดาวเคราะห์น้อยมีคุณค่าทางด้านวิทยาศาสตร์อย่างมากเนื่องจากสมบัติของดาวเคราะห์น้อยแทบจะไม่มีการเปลี่ยนแปลงเลย จึงเป็นเสมือนการบันทึกความเป็นมาของระบบสุริยะ แต่จากการศึกษาในเชิงวิทยานิพนธ์กลับพบว่า การวิจัยเพื่อศึกษาขนาดและข้อมูลของดาวเคราะห์น้อยนั้น ยังไม่เป็นที่นิยม เนื่องจากดาวเคราะห์น้อยมีจำนวนมาก อีกทั้งยังแบ่งออกเป็นหลายประเภท มีลักษณะและคุณสมบัติที่แตกต่างกันออกไป ทำให้พบปัญหาที่แตกต่างกันของแต่ละประเภท

ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกศึกษาขนาดของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ) ที่พบอยู่ในบริเวณใจกลางแถบดาวเคราะห์น้อยชั้นใน อยู่ใกล้กับดาวเคราะห์น้อยประเภท Mars-crossing asteroid มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25 กิโลเมตร

ถูกค้นพบในวันที่ 3 มีนาคม 1943 โดย Yrjö Väisälä ที่หอดูดาว Turku Observatory ทางตะวันตกเฉียงใต้ ประเทศฟินแลนด์ มีคุณสมบัติคือ อยู่ห่างจากดวงอาทิตย์ประมาณ 1.5-3.6 AU โคจรรอบดวงอาทิตย์ทุกๆ 4.2 ปี มีค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเทหวัตถุ (albedo) ต่ำมากคล้ายดาวเคราะห์น้อยประเภท P-type เป็นดาวเคราะห์น้อยประเภท Dark แต่มีสเปคตรัมคล้ายคลึงกับดาวเคราะห์น้อยประเภทอื่น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาขนาดของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ) โดยการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ ได้ทำการเก็บข้อมูลจากการสังเกตการณ์ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) เมื่อวันที่ 25 เดือน พฤศจิกายน พ.ศ. 2560 ด้วยกล้องซีซีดีโฟโตมิเตอร์ที่ต่อเข้ากับกล้องโทรทรรศน์สะท้อนแสง ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) โดยภาพถ่ายที่ได้นำมากำจัดสัญญาณรบกวน (Reduction Image) เพื่อให้ได้แสงดาวอย่างแท้จริงด้วยโปรแกรม IRIS จากนั้นทำการเทียบเคียงรูปภาพที่ได้มา กับฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อยจาก หอดูดาว Taivaanvahti ประเทศฟินแลนด์ แล้วนำไปวัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยโปรแกรม Aperture photometry tools

จากนั้นนำค่าโชติมาตรปรากฏของดาวเคราะห์น้อยที่ได้มาคำนวณหาขนาดของดาวเคราะห์น้อย ได้จากสมการต่อไปนี้

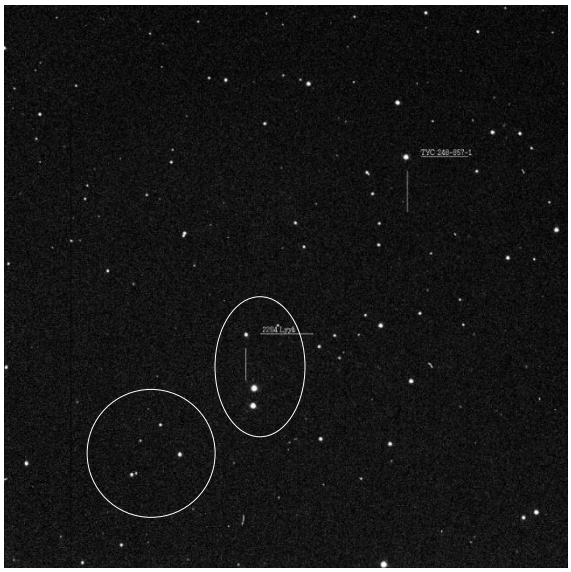
$$m_A - m_S = -2.5 \log \left(\frac{a \cdot R^2 r_E^{\,2}}{4\Delta^2 r_A^{\,2}} \right)$$

โดยที่ m_A คือ โชติมาตรปรากฏของดาวเคราะห์น้อย
m_S คือ โชติมาตรปรากฏของดวงอาทิตย์
a คือ ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของดาวเคราะห์น้อย (albedo)
R คือ รัศมีของดาวเคราะห์น้อย (AU)
r_E คือ ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ (AU)
Δ คือ ระยะทางจากโลกถึงดาวเคราะห์น้อย (AU)
r_A คือ ระยะทางจากดาวเคราะห์น้อยถึงดวงอาทิตย์ (AU)

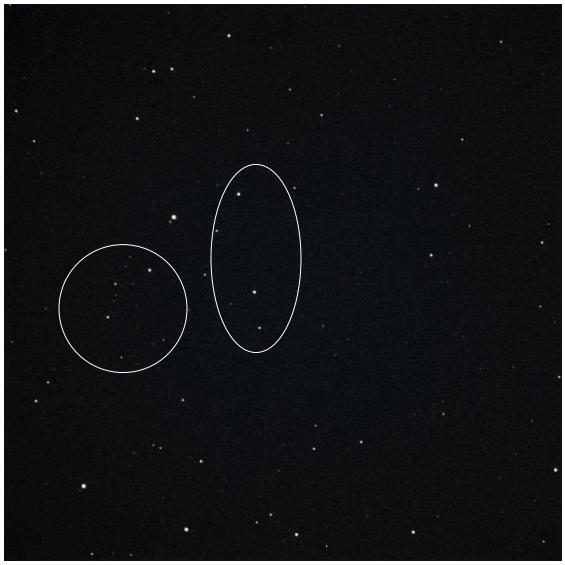
เมื่อได้ค่ารัศมีออกมาแล้วนั้น นำค่าที่ได้ไปคำนวณหาเส้นผ่านศูนย์กลางและนำค่าเส้นผ่านศูนย์กลางไปเทียบกับขนาดจริงจากฐานข้อมูลเว็บไซต์ http://ssd.jpl.nasa.gov/ และคำนวณความคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัย

เมื่อทำการ Reduction ภาพเสร็จเรียบร้อยแล้วนั้น นำภาพที่ได้มาเทียบเคียงกับฐานข้อมูลภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อยจาก หอดูดาว Taivaanvahti ประเทศฟินแลนด์ ดังรูปที่ 1 และ 2

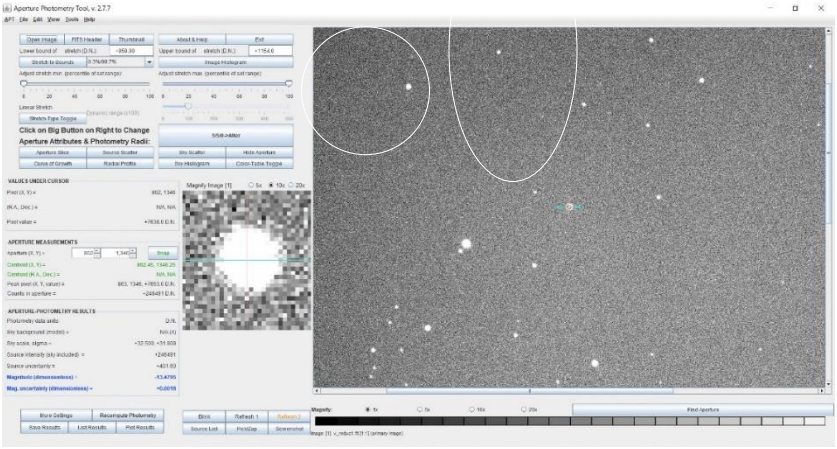


รูปที่ 1 จาก หอดูดาว Taivaanvahti ประเทศฟินแลนด์
ที่มา https://www.taivaanvahti.fi/observations/show/71253



รูปที่ 2 ภาพถ่ายดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli ที่ผ่านการ Reduction เรียบร้อยแล้ว และนำมาเปรียบเทียบกับภาพอ้างอิงที่ 1 โดยการเทียบเคียงรูปภาพ

จากนั้นนำภาพที่ได้ไปวัดค่าโชติมาตรปรากฏของดาวด้วยโปรแกรม Aperture photometry tools ดังรูปที่ 3 พบว่าได้ค่าโชติมาตรปรากฏ เท่ากับ 13.4795



รูปที่ 3 หาค่าโชติมาตรปรากฏ ด้วยโปรแกรม aperture photometry tools

จากนั้นนำค่าโชติมาตรปรากฏของดาวเคราะห์น้อยที่ได้มาคำนวณหาขนาดของดาวเคราะห์น้อย โดยสมการ

$$m_A - m_S = -2.5 \log\left(\frac{a \cdot R^2 r_E^{\,2}}{4\Delta^2 r_A^{\,2}}\right)$$

แทนค่า

$$13.4795-(-26.78) = -2.5 \log\left(\frac{0.0232xR^2x1^2}{4x1.202^2x1.574^2}\right)$$

$$40.2595 = -2.5 \log\left(\frac{0.0232xR^2x1^2}{4x1.202^2x1.574^2}\right)$$

$$\frac{40.2595}{-2.5} = \log\left(\frac{0.0232xR^2x1^2}{4x1.202^2x1.574^2}\right)$$

$$-16.1038 = \log\left(\frac{0.0232xR^2x1^2}{4x1.202^2x1.574^2}\right)$$

$$10^{-16.1038} = \left(\frac{0.0232xR^2x1^2}{4x1.202^2x1.574^2}\right)$$

$$7.8740x10^{-17} = \left(\frac{0.0232xR^2x1^2}{4x1.202^2x1.574^2}\right)$$

$$R^2 = \frac{(7.8740x10^{-17})x4x1.202^2x1.574^2}{0.0232}$$

$$R^2 = 4.8594x10^{-14}$$

$$R = 0.00000022044 \text{ AU}$$

$$R = 32.9773546 \text{ km}$$

ซึ่งจากการนำข้อมูลที่ได้ ไปเปรียบเทียบกับฐานข้อมูล JPL NASA พบว่า ในฐานข้อมูล 2204 Lyyli (1943EQ) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 25.16 กิโลเมตร ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางที่คำนวณได้ มีค่าเท่ากับ 32.977 กิโลเมตร คลาดเคลื่อนจากฐานข้อมูลราว 7.8 กิโลเมตร หรือคิดเป็นเปอร์เซ็นต์ความเคลื่อนประมาณ 31.07%

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาขนาดของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ) โดยการหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อยพบว่า ค่าโชติมาตรปรากฏของดาวเคราะห์น้อย มีค่าเท่ากับ 13.4795 ค่าสัมประสิทธิ์การสะท้อนแสงของเทหวัตถุ (albedo) อยู่ที่ 0.0232 และใช้ค่าระยะทางจากเว็บไซต์ http://ssd.jpl.nasa.gov/ โดย ระยะทางจากโลกถึงดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1 AU ระยะทางจากดาวเคราะห์น้อยถึงดวงอาทิตย์ มีค่าเท่ากับ 1.574 AU และระยะทางจากโลกถึงดาวเคราะห์น้อย มีค่าเท่ากับ 1.202 AU เมื่อนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดไปคำนวณหาขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย พบว่า ดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ) มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางเท่ากับ 32.9773 km มีความคลาดเคลื่อน 31.07 % ซึ่งความคลาดเคลื่อนที่ปรากฏดังกล่าวอาจมาจากวิธีการเทียบเคียงภาพที่ยังไม่มีความเหมาะสมเท่าที่ควร อาจจะแก้ไขโดยการศึกษาฐานข้อมูลต่างๆเพิ่มเติม เพื่อทำการคำนวณขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหม่อีกครั้ง

กิตติกรรมประกาศ

ในการทำงานวิจัยนี้ประกอบด้วยการดำเนินการหลายขั้นตอน นับตั้งแต่การศึกษาหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล จนกระทั่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ตลอดระยะเวลาในการทำงานดังกล่าวผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนที่ดีมาโดยตลอดจากทุกๆฝ่าย กำลังใจจากบุคคลหลายท่าน ณ โอกาสนี้ ขอขอบพระคุณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ(องค์การมหาชน) ที่ได้ให้โอกาสในการทำงาน เอื้อเฟื้ออุปกรณ์ สถานที่ ตลอดจนความรู้ความสามารถจนการวิจัยประสบผลสำเร็จ ขอขอบพระคุณ ขอขอบคุณคุณสุวนิตย์ วุฒสังข์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการให้คำปรึกษาและเทคนิคการทำงานต่างๆ ขอบคุณพี่ๆ นักศึกษา ห้องปฏิบัติการดาราศาสตร์ ภาควิชาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ ที่ให้คำแนะนำในการใช้โปรแกรมต่างๆ

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม. (2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์ (พิมพ์ครั้งที่1). เชียงใหม่: ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กมลวรรณ ด้วงกระยอม. “การศึกษาอัตราการเปลี่ยนแปลงความเร็วในการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์น้อย 1ceres และ 4vesta.” อุบลราชธานี : โครงการ THE

1st THAI ASTRONOMICAL CONFERENCE (STUDENT SESSION), 2558.128-136

ณัฐชนนท์ จิตอารี. “การศึกษาขนาดของดาวเคราะห์น้อย.” เชียงใหม่ : โครงการ THE 1st THAI ASTRONOMICAL CONFERENCE (STUDENT SESSION), 2558.64-70

NASA Database. 2557. “JPL Small-Body Database Search Engine.” [ระบบออนไลน์].จาก https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=1943EQ;orb=1

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 .No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 8 October 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 13 December 2019

ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองจากข้อมูล MODIS ในประเทศไทย
Aerosol optical depth based on MODIS data in Thailand

อรดี พิลาโฮม[1*] และ วิลาวรรณ์ คำหาญ[1]
Oradee Pilahome[1*] and Wilawan Kumharn[1]
[1] มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
[*] oradee.pi60@snru.ac.th

บทคัดย่อ

ข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง (Aerosol Optical Depth, AOD) ในการศึกษานี้ ได้มาจากข้อมูลดาวเทียม MODIS ที่สถานีตรวจวัด 4 แห่งในประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลาในปี ค.ศ. 2000 - ค.ศ. 2017 โดยเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จาก MODIS กับข้อมูลความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองที่ได้จาก AERONET (380, 440, 500, 675, 875, และ 1020 nm) ในการศึกษานี้ สมการพหุนามกำลังสองถูกใช้ในการประมาณการณ์หาค่า AOD ที่ 550 nm โดยใช้สมการพหุนามกำลังสอง ผลการศึกษาพบว่า AOD ที่จังหวัดเชียงใหม่ นครปฐม อุบลราชธานี และสงขลา มีค่า R2 เท่ากับ 0.71, 0.41, 0.78 และ 0.40 ตามลำดับ และ AOD ในจังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม และจังหวัดอุบลราชธานี มีค่าสูงในฤดูร้อนและมีค่าต่ำในช่วงฤดูฝน ส่วน AOD ในจังหวัดสงขลาไม่พบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงค่า AOD ที่ชัดเจน ยังพบอีกด้วยว่าค่า AOD มีแนวโนมเพิ่มขึ้นในทุกจังหวัด

คำสำคัญ: ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละออง, ฝุ่นละออง, สมบัติเชิงแสงของฝุ่นละออง

Abstract {TH Sarabun 15 pt, ตัวหนา, จัดชิดซ้าย}

The aerosol optical depth (AOD) was retrieved from MODIS product at four monitoring sites in Thailand, including Chiang Mai, Nakhon Pathom, Ubon Ratchathani and Songkhla for the years 2000–2017. MODIS AOD were compared with AOD obtained from AERONET (380, 440, 500, 675, 875, and 1020 nm). A second-order polynomial was applied to the AERONET data to interpolated for AOD at 550 nm. The results of this study show that AOD in Chiang Mai, Nakhon Pathom, Ubon Ratchathani and Songkhla Root mean

square (R2) were 0.71, 0.41, 0.78 and 0.40, respectively. The variation of AOD was seasonal in Chiang Mai, Nakhon Pathom, and Ubon Ratchathani with the higher values found in summer compared with winter, whilst AOD in Songkhla has not found a clear format. It is also found that AOD values tend to increase in all regions.

Keywords: Aerosol optical depth, Aerosol, Aerosol optical properties

บทนำ

โลกเป็นดาวเคราะห์ดวงหนึ่งที่โคจรอยู่ในระบบสุริยะจักรวาลมีดวงอาทิตย์เป็นศูนย์กลาง ล้อมรอบโลกจะมีบรรยากาศโอบล้อมอยู่ ซึ่งสิ่งมีชีวิตบนโลกจะอาศัยบรรยากาศโลกในการยังชีพ หากบรรยากาศโลกเกิดความแปรปรวนก็จะส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก บรรยากาศโลก คือ อากาศที่ห่อหุ้มโลก มีความสูงจากระดับน้ำทะเลไปถึงที่ระดับความสูงประมาณ 1,000 กิโลเมตร ซึ่งบริเวณที่ใกล้ระดับน้ำทะเล อากาศจะมีความหนาแน่น และความหนาแน่นจะค่อย ๆ ลดลงเมื่อระดับความสูงเพิ่มขึ้น อากาศหรือบรรยากาศโลกประกอบด้วยแก๊สต่าง ๆ เช่น แก๊สไนโตรเจน แก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ไอน้ำ ฝุ่นละออง (วิลาวรรณ์ คำหาญ, 2560)

ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นอนุภาคของแข็งหรือของเหลวที่ลอยอยู่ในบรรยากาศหรือสภาพแวดล้อมที่เป็นแก๊ส อาจเป็นอนุภาคเดี่ยว ๆ ของของแข็ง หรือผสมกันระหว่างของแข็งและของเหลว (Rangasayi N. Halthore, Eric P. Shettle, Brian L. Markham, & Mango., 2008) ฝุ่นละอองที่มีอยู่ในบรรยากาศจะมีอนุภาคขนาดเล็กตั้งแต่ที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่า ไปจนถึงขนาดใหญ่ที่มองเห็นด้วยตาเปล่า ฝุ่นละอองในบรรยากาศเป็นพารามิเตอร์ที่สำคัญ ที่มีอิทธิพลต่อการพยากรณ์อากาศ การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ และการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ รวมถึงส่งผลกระทบต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก นอกจากนี้ ฝุ่นละอองยังมีบทบาทสำคัญในการทำหน้าที่เป็นแกนกลางในการก่อตัวของเมฆ ปัจจุบันฝุ่นละอองที่เกิดจากกิจกรรมต่าง ๆ ของมนุษย์ส่งผลก่อให้เกิดภาวะโลกร้อน (global warming) เนื่องจากฝุ่นละอองที่ส่วนประกอบของคาร์บอนดำ (black carbon) จะดูดกลืนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศโลกเอาไว้ไม่ให้สะท้อนกลับออกสู่นอกโลก (วิลาวรรณ์ คำหาญ, 2560) อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศส่งผลกระทบโดยตรงต่อรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้า - ออกในบรรยากาศโลก ดังนั้น ปริมาณที่ใช้บ่งบอกถึงการลดลงของรังสีดวงอาทิตย์เนื่องจากฝุ่นละอองที่ปรากฏขึ้นในชั้นบรรยากาศในแนวที่แสงเดินทางผ่าน คือ AOD อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศจะลดทอนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศที่ทุกความยาวคลื่น ค่า AOD จะลดทอนลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ดัชนีหักเหของ

ตัวกลาง และความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ (John H. Seinfeld & Pandis., 2016) ดังนั้น ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา AOD โดยใช้ข้อมูลดาวเทียม MODIS

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบ AOD ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมกับข้อมูลภาคพื้นดิน
2. เพื่อศึกษาการเปลี่ยนแปลงของ AOD จากข้อมูลดาวเทียม

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ได้รวบรวมข้อมูล AOD จาก 2 แหล่งข้อมูลใหญ่ ๆ คือ ข้อมูลภาคพื้นดิน (ground-based data) และข้อมูลดาวเทียม (Satellite data) ข้อมูลภาคพื้นดิน (ground based data) เป็นข้อมูลที่ได้จากการติดตั้งเครื่องมือวัดภาคพื้นดิน ซึ่งใช้ในการสอบเทียบข้อมูลดาวเทียม เนื่องจากเครื่องมืออยู่ใกล้พื้นผิวโลกมากกว่าข้อมูลดาวเทียม ทำให้ข้อมูลที่ได้มีความแม่นยำและถูกต้องมากกว่า ส่วนข้อมูลดาวเทียมทำให้ได้ข้อมูลครอบคลุมทุกพื้นที่ แต่มีความแม่นยำน้อย เนื่องจากข้อจำกัดหลาย ๆ อย่าง และอยู่ห่างจากพื้นผิวโลก ข้อมูลภาคพื้นดินได้จากเครือข่าย AERONET (Aerosol Robotic Network) ในประเทศไทยมีอยู่ทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา ส่วนข้อมูลดาวเทียมใช้ข้อมูลจาก MODIS (MODerate resolution Imaging Spectroradiometer) เป็นเซ็นเซอร์ที่ติดตั้งอยู่บนดาวเทียม AQUA

ตารางที่ 1 แสดงข้อมูลภาคพื้นดิน ข้อมูลพื้นฐานของแต่ละสถานี

สถานี	ตำแหน่ง	ช่วงการเก็บข้อมูล
เชียงใหม่	18.78° N, 98.98° E	ค.ศ. 2006 - ค.ศ. 2018
นครปฐม	13.82° N, 100.04° E	ค.ศ. 2006 - ค.ศ. 2018
อุบลราชธานี	15.25° N, 104.87° E	ค.ศ. 2009 - ค.ศ. 2018
สงขลา	7.2° N, 100.60° E	ค.ศ. 2007 - ค.ศ. 2018

อนุภาคฝุ่นละอองในบรรยากาศจะลดทอนรังสีดวงอาทิตย์ที่ผ่านเข้ามาในบรรยากาศโลกที่ทุกความยาวคลื่น รังสีดวงอาทิตย์จะลดทอนลงมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับขนาดของฝุ่นละออง ดัชนีหักเหของตัวกลาง และความยาวคลื่นของแสงที่ตกกระทบ (JH Seinfeld & SN Pandis, 1998) การลดลงของรังสีดวงอาทิตย์เมื่อเคลื่อนที่ผ่านชั้นบรรยากาศสามารถคำนวณตามกฎของเบียร์ (Beer's law) (Iqbal, 1983) ได้ดังนี้

$$I_\lambda = I_{0\lambda} E_0 \exp(-m\tau) \quad (1)$$

เมื่อ I_λ คือ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์บนพื้นผิวโลกที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ (W/m^2)

$I_{0\lambda}$ คือ ความเข้มรังสีดวงอาทิตย์ที่นอกบรรยากาศโลกที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ

(W/m^2)

E_0 คือ ตัวประกอบสำหรับแก้ผลจากการแปรค่าของระยะทางระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์

τ คือ ความลึกเชิงแสงขององค์ประกอบของบรรยากาศ

$$\tau = (\tau_{O_3} + \tau_{SO_2} + \tau_{NO_2} + \tau_W + \tau_g + \tau_r + \tau_a) \quad (2)$$

เมื่อ τ คือ ความลึกเชิงแสงขององค์ประกอบของบรรยากาศ

τ_w คือ ไอน้ำ

τ_g คือ โมเลกุลของแก๊ส

τ_r คือ การกระเจิงแสงแบบเรย์ลี

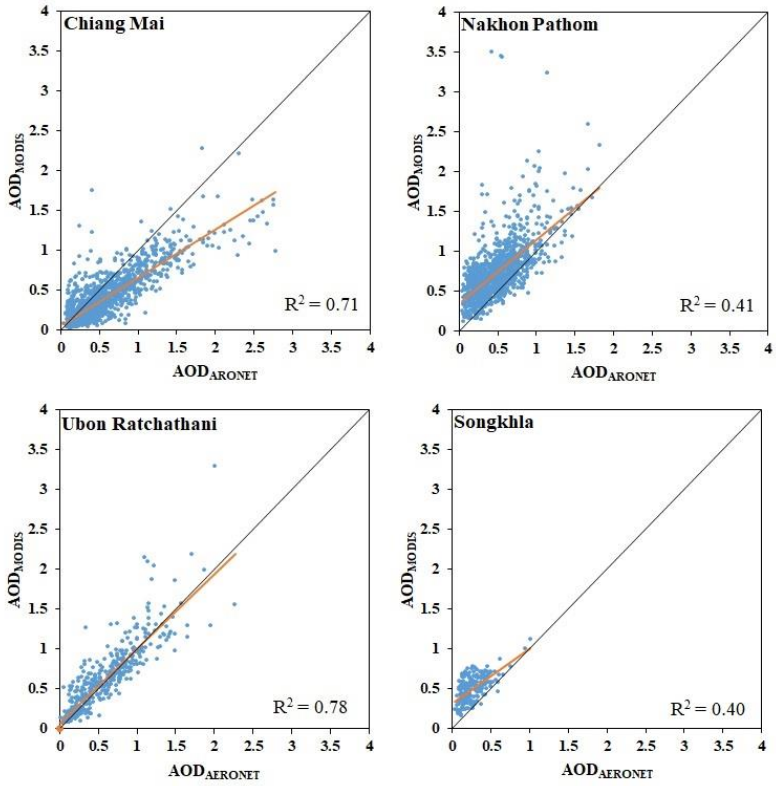
τ_a คือ ฝุ่นละออง

ข้อมูล AOD ที่ได้จากเครือข่าย AERONET ที่ความยาวคลื่น 340, 380, 440, 500, 675, 870, 940 และ 1,020 nm เพื่อให้ได้ AOD ความยาวคลื่นที่ตรงกับข้อมูล MODIS ที่ความยาวคลื่น 550 nm จึงใช้สมการพหุนามลำดับที่สองประมาณการณ์ค่า AOD ที่ 550 nm ซึ่งหาได้จากสมการ

$$AOD_{550} = a\lambda^2 + b\lambda + c \quad (3)$$

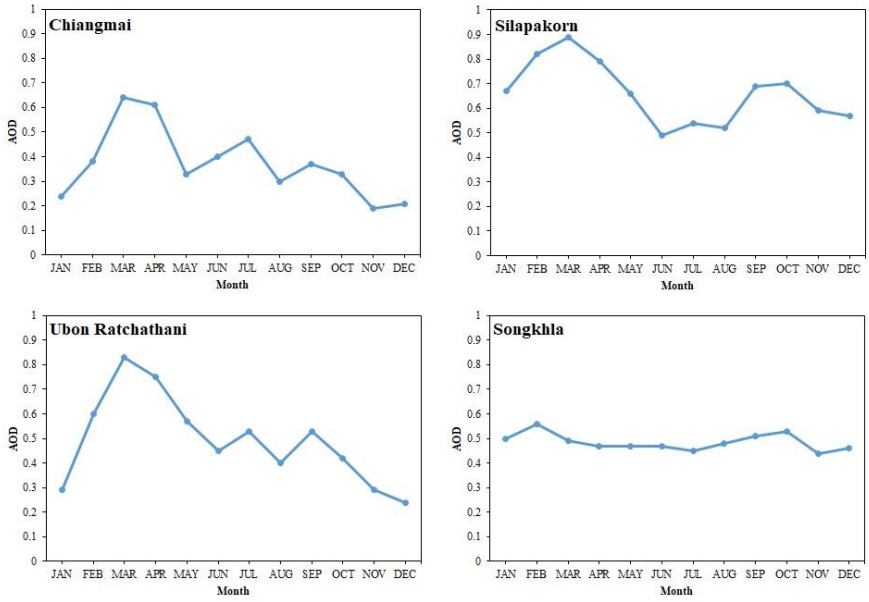
ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเปรียบเทียบ AOD ระหว่างข้อมูลภาคพื้นดิน จาก AERONET กับข้อมูลดาวเทียม จาก MODIS พบว่า ข้อมูล AOD ทั้งหมด 4 สถานี ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา ค่า R^2 มีค่า 0.78, 0.46, 0.77 และ 0.42 ตามลำดับ และพบว่าค่า AOD ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียมมีค่าสูงกว่าข้อมูลภาคพื้นดิน ที่จังหวัดนครปฐม และจังหวัดสงขลา เนื่องจากจังหวัดสงขลารอบด้วยแหล่งน้ำขนาดใหญ่ ซึ่งน่าจะส่งผลกระทบต่อสัมประสิทธิ์การสะท้อนของพื้นผิวส่งผลให้ค่า AOD ที่ได้ทีค่าสูงมากกว่าปกติ ส่วนที่ AOD จากข้อมูลดาวเทียมมีค่าต่ำกว่าข้อมูลภาคพื้นดินในเชียงใหม่เนื่องจากผลกระทบของ albedo พื้นผิว และสภาพทางภูมิศาสตร์ อย่างไรก็ตาม Aqua MODIS มีแนวโน้มที่จะประเมินค่า AOD ต่ำภายใต้สภาวะ AOD ได้ต่ำมากและจะประเมินค่า AOD ได้สูงกว่าภายใต้สภาวะ AOD ระดับกลางหรือระดับสูง



รูปที่ 1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ของข้อมูล AOD ภาคพื้นดินกับข้อมูลดาวเทียม ที่ความยาวคลื่น 550 nm ที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา

การเปลี่ยนแปลง AOD ทั้ง 4 สถานี พบว่า จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี AOD มีค่า สูงในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนพฤษภาคม เนื่องจากอุณหภูมิที่สูงทำให้ฝุ่นละอองสะสมอยู่ในบรรยากาศได้นานกว่าปกติ ส่งผลให้ค่ามีค่าในช่วงฤดูร้อน ส่วน AOD มีค่าต่ำในเดือนมิถุนายนถึงเดือนกันยายน ซึ่งเป็นช่วงฤดูฝน เนื่องจากการชะล้างของฝน ส่วนจังหวัดสงขลามีค่า AOD ค่อนข้างคงที่ตลอดทั้งปี แต่มีค่าสูงสุดในเดือนตุลาคม เนื่องจากในปี 2015 เดือนตุลาคม ในประเทศอินโดนีเซียเกิดเหตุไฟไหม้ป่า ส่งผลให้พื้นที่ภาคใต้ได้รับผลกระทบเกิดค่าฝุ่นละอองในช่วงนั้นมีค่าสูง



รูปที่ 2 กราฟการเปลี่ยนแปลง AOD ทั้ง 4 สถานี ที่จังหวัดเชียงใหม่ จังหวัดนครปฐม จังหวัดอุบลราชธานี และจังหวัดสงขลา ตั้งแต่ปีค.ศ. 2000 – 2017 พบค่าเฉลี่ย AOD สูงในแต่ละสถานี 0.64 0.89 0.83 และ 0.56 ตามลำดับ สถานีที่จังหวัดเชียงใหม่ นครปฐม และอุบลราชธานี มีการเปลี่ยนแปลง AOD ขึ้นอยู่กับฤดูกาลคอนข้างชัดเจน ส่วนกราฟการเปลี่ยนแปลงของจังหวัดสงขลาไม่พบรูปแบบการเปลี่ยนแปลงที่ชัดเจน เนื่องจากมีแค่ฤดูฝนและฤดูร้อนสลับกันตลอดทั้งปี

สรุปผลการวิจัย

การศึกษา AOD ที่ได้จากข้อมูลดาวเทียม MODIS ในช่วง ค.ศ. 2000 - 2017 พบว่า ค่า R^2 มีค่าเป็นบวก และมีค่าค่อนข้างสูง แสดงว่าข้อมูลดาวเทียมมีความสอดคล้องกันข้อมูลภาคพื้นดิน การเปลี่ยนแปลง AOD ทั้ง 4 สถานี มีการเปลี่ยนแปลงตามฤดูกาล มีค่าสูงในช่วงฤดูร้อน เมื่อเทียบกับฤดูฝน ยกเว้นจังหวัดสงขลา นอกจากนี้ยังพบว่า AOD มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นทุกสถานี

กิตติกรรมประกาศ

ในการศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาอย่างสูงจาก รองศาสตราจารย์ ดร. วิลาวรรณ์ คำหาญ อาจารย์ที่ปรึกษางานวิจัย ที่กรุณาให้คำแนะนำ คำปรึกษา ตลอดจนปรับปรุง แก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ด้วยความเอาใจใส่อย่างยิ่ง และขอขอบคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อิสระ มะศิริ ที่กรุณาให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการเขียนโปรแกรม IDL ในการวิเคราะห์ค่าความลึกเชิงแสงจากดาวเทียม และขอขอบคุณข้อมูลของสหพันธ์เครือข่ายการสำรวจระยะไกลของฝุ่นละอองภาคพื้นดิน

จัดตั้งขึ้นโดยองค์การนาซ่าและโฟตอน เครือข่าย AERONET (https://aeronet.gsfc.nasa.gov/) และ MODIS (https://modis.gsfc.nasa.gov/)

เอกสารอ้างอิง

Iqbal, M. (**1983).** *An Introduction to Solar Radiation*. New York: ACADEMIC PRESS.

JH Seinfeld, & SN Pandis. (**1998).** *Atmospheric chemistry and physics :from air pollution to climate change*. New York: J Wiley.

John H. Seinfeld, & Pandis., S. N. (**2016).** *Atmospheric Chemistry and Physics: From Air Pollution to Climate Change*. New York: J. Wiley.

Rangasayi N. Halthore, Eric P. Shettle, Brian L. Markham, & Mango., S. A. (**2008).** Role of aerosol absorption in satellite sensor calibration. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters,* **5(2), 157 - 161.**

วิลาวรรณ์ คำหาญ. (2560). ฝุ่นละอองในบรรยากาศ (**Vol.** 230): สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Received: 4 November 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 15 December 2019

การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34
The Study of Surface Temperature of the Star in Open Cluster M34

ซาวียะห์ สาเหาะ[1] อานีต้า แมเราะ[1] ณาซูลา มะนา[1] รุสมาดี สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์[1*]
Sawiyah Sahoa[1] Aneeta Maeroh[1] Nasula Mana[1] Rusamadee Sabooding and Sommkorn Chaivarakorn[2]
[1]สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[*] joiramyru@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิวของกระจุกดาวเปิด M34 ที่ได้ทำการเก็บข้อมูล ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพซีซีดี โฟโตเมตรี เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางหน้ากล้อง 0.7 เมตร ผ่านแผ่นกรองแสงสีน้ำเงิน (B) และสีที่ตามองเห็น (V) ผลปรากฏว่าอุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34 มีค่าอยู่ระหว่าง 3377 ถึง 18320 เคลวิน และสามารถจำแนกประเภทของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34 โดยมีสเปกตรัม B, A, F, G, K และ M

คำสำคัญ: กระจุกดาวเปิด M34, อุณหภูมิพื้นผิว

Abstract

This research aims to find the surface temperature of the open cluster M34collected at the Regional Observatory for the Public Chachoengsao, National Astronomical Research Institute of Thailand (Public Organization). With photography techniques CCD Photometry connected to diameter reflector telescope 0.7 meters the blue color (B) and the visible color filter, it was found that the surface temperature of the open cluster M34 is 3377 to 18320 Kelvin. The classification of the stars in open cluster M34 is M, K, G, F, A and B spectra.

Keywords: Open Cluster M34, Surface Temperature

บทนำ

ดาวฤกษ์เป็นวัตถุท้องฟ้าที่มีพลังงานและแสงสว่างในตัวเอง ดาวฤกษ์จำนวนมากที่อยู่ใกล้กันเรียกว่า กระจุกดาว ซึ่งกระจุกดาวเป็นแหล่งรวมดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่ใกล้กัน กระจุกดาวบางกลุ่มจะมีดาวฤกษ์กระจัดกระจายกันอย่างหลวมๆ แต่กระจุกดาวบางกลุ่มมีดาวฤกษ์จำนวนมากอยู่รวมกันอย่างหนาแน่น โดยทั่วไปกระจุกดาวแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ กระจุกดาวเปิด และกระจุกดาวทรงกลม ดังนั้นการศึกษากระจุกดาวส่วนใหญ่จะศึกษาสมบัติทางกายภาพ เช่น อุณหภูมิผิว มวล และประเภทของดาวฤกษ์ เป็นต้น (วิไลพร นาเกิด, 2559)

กระจุกดาวเปิด เป็นกระจุกดาวที่พบมากบริเวณระนาบกาแลกซี มีสมาชิกประกอบด้วยดาวฤกษ์อยู่รวมกันอย่างหลวมๆ ไม่แสดงโครงสร้างรูปร่างชัดเจน เมื่อส่องด้วยกล้องโทรทรรศน์จะสามารถมองเห็นดาวฤกษ์แต่ละดวงแยกกันอย่างชัดเจน และในกระจุกดาวบางกลุ่มก็สามารถมองเห็นแต่ละดวงด้วยตาเปล่า (อำนวย เสน่ดี, 2548)

กระจุกดาวเปิด M34 อยู่ในกลุ่มดาวม้าปีก มีดาวฤกษ์อยู่ประมาณร้อยกว่าดวง อยู่ใกล้กับกาแลกซี่แอนโดรเมดา และดาวเพอเซอุส โดยปี 1996 Jones และ Prosser, ได้ศึกษาสมาชิกของกลุ่มดาวฤกษ์ NGC 1039 (M34) วัดการเคลื่อนที่แบบโพรเพอร์ ตำแหน่ง โชติมาตรและสีของดาวฤกษ์สมาชิกจำนวน 630 ดวง ที่มีความสว่างปรากฏ 16.2 พบว่าดาวฤกษ์สมาชิกมีอายุ 200-250 ล้านปีแสง และมีระยะทาง 475 พาร์เซก

คณะผู้วิจัยมุ่งศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวและจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M34 จากการถ่ายภาพด้วยกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงรุ่น PlaneWave CDK 700 ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาอุณหภูมิพื้นผิวและจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ทำการถ่ายภาพกระจุกดาวเปิด M34 และ Bias, Dark และ Flat โดยใช้กล้อง ซีซีดี โฟโตมิเตอร์ (CCD Photometer) ผ่านแผ่นกรองแสงชนิด B และ V ที่เชื่อมต่อกับกล้องโทรทรรศน์แบบสะท้อนแสงรุ่น PlaneWave CDK 700 โดยใช้โปรแกรม PWI ในการควบคุมกล้องโทรทรรศน์ ใช้โปรแกรม Maxim DL ในการควบคุมการถ่ายภาพ ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์ (องค์การมหาชน) ในคืนวันที่ 25 ตุลาคม 2561

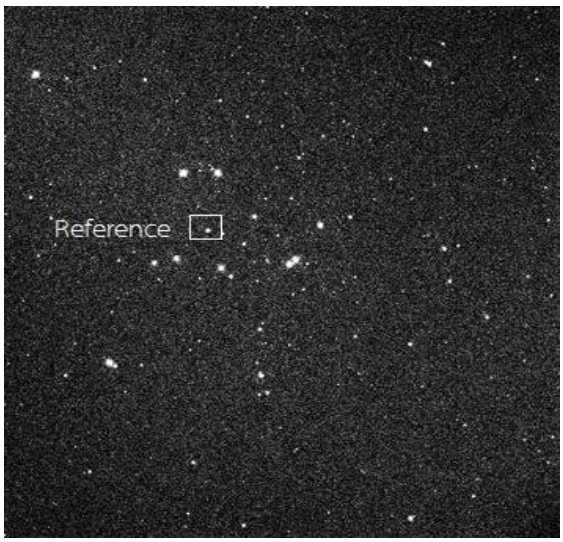
นำภาพถ่ายที่ได้มาทำการกำจัดสัญญาณรบกวน โดยใช้โปรแกรม Maxim และทำการวิเคราะห์โชติมาตรของดาวฤกษ์ด้วยโปรแกรม Aperture Photometry Tool นำค่าโชติมาตรมาคำนวณหาค่าดัชนีสี (B-V) และค่าอุณหภูมิพื้นผิว ดังสมการที่ 1 (บุญรักษา สุนทรธรรม, 2550) และจำแนกชนิดสเปกตรัมของดาวฤกษ์

$$\frac{1}{T_{eff}} = \left(9.52307\times10^{-5}\right) + \left(1.32488\times10^{-4}\right)\left(B-V\right) \qquad (1)$$

เมื่อ T_{eff} คือ อุณหภูมิยังผล หน่วย เคลวิน
$B-V$ คือ ค่าดัชนีสี

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ภาพถ่ายกระจุกดาวเปิด M34 ในครั้งนี้สามารถวัดค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ในกระจุกดาว M34 ได้จากโปรแกรม APT มีจำนวน 278 ดวง โดยการวัดค่าโชติมาตรในครั้งนี้ใช้ดาว 1327-0062144 เป็นดาวเปรียบเทียบ แสดงดังภาพที่ 1 และข้อมูลเบื้องต้นแสดงดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 กระจุกดาวเปิด M34 ดาวอ้างอิง

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลเบื้องต้นของดาวเปรียบเทียบ

stars	RA	Dec	B	V
1327-0062144 Reference star	2 42 13.42	+42 44 48.8	9.95	9.96

จากการวัดค่าโชติมาตรของดาวฤกษ์ และนำข้อมูลมาคำนวณค่าดัชนีสี และอุณหภูมิพื้นผิว พบว่าดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34 มีอุณหภูมิพื้นผิวอยู่ระหว่าง 3377 ถึง 18320 เคลวิน และจำแนกชนิดสเปกตรัมได้เป็นชนิด M จำนวน 3 ดวง, K จำนวน 47 ดวง, G จำนวน 99 ดวง, F จำนวน 82 ดวง, A จำนวน 29 ดวง และ B จำนวน 18 ดวง

สรุปผลการวิจัย

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34 พบว่าค่าโชติมาตรปรากฏ จากแผ่นกรองแสงชนิด B อยู่ระหว่าง 7.969 ถึง 15.690 และะแผ่นกรองแสงชนิด V อยู่ระหว่าง 8.089 ถึง 15.027 คำนวณค่าดัชนีสี อยู่ระหว่าง -0.306 ถึง 1.516 และจากการคำนวณอณุหภูมิพื้นผิวพบว่าอยู่ระหว่าง 3377 ถึง 18320 เคลวิน และสามารถจำแนกประเภทสเปกตรัมของดาวฤกษ์ ได้แก่ชนิด M, K, G, F, A และ B

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเล่มนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความกรุณาและความช่วยเหลือเป็นอย่างดียิ่งจากนางสาวสาวิตรี เดชศรีมนตรี เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ชี้แนะแนวทางในการจัดเก็บข้อมูล ให้คำปรึกษาและการแก้ปัญหาต่างๆ และตรวจแก้ไขข้อบกพร่องในการทำวิจัยฉบับนี้ ผู้วิจัยขอขอบพระคุณเป็นอย่างสูงยิ่ง

ขอขอบพระคุณ นายสุวนิตย์ วุฒสังข์ เจ้าหน้าที่สารสนเทศดาราศาสตร์ชำนาญการ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่เสนอแนะแนวทางอันเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาค้นคว้า

ขอขอบคุณหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา ฉะเชิงเทรา สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน) ที่ให้เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูล

เอกสารอ้างอิง

บุญรักษา สุนทรธรรม.(2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

มติพล ตั้งมติธรรม. (2559). คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. ม.ป.ท.: ศูนย์บริการวิชาการและสื่อสารทางดาราศาสตร์ สถาบันวิจัยดาราศาสตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

สยมภู อินตาวัต และคณะ. (2558).“การคำนวณอุณหภูมิยังผลและอุณหภูมิสีของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M45”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. ปีที่18 (3), 149-153.

วิไลพร นาเกิด และคณะ. (2559). “คุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว NGC 2287”,นเรศวรวิจัยครั้งที่ 12: วิจัยและนวัตกรรมกับการพัฒนาประเทศ,(440-445).

รณกฤต รัตนมาลา และวันธนา ศิลปวิลาวัณย์.(2557). การคำนวณอุณหภูมิยังผลของดาวฤกษ์บางดวงในกระจุกดาว M67. รายงานการค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา. มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา.

อำนวย เสน่ดี .(2548). วิวัฒนาการของกระจุกดาวเปิด M45 โดยเทคนิคโฟโตเมตรี. การค้นคว้าแบบอิสระเชิงวิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. เชียงใหม่ : มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

Johnson, H. L., (1952). Praesepe: Magnitudes and colors. *The Astrophysical Journal, 116,* 640-648.

Jones, B. F. and Prosser, C. F. (1996). Membership of stars in NGC 1039 (M34). Astronomical Journal, 111, 1193-1204.

Romanishin, W. (2002).*An introduction to astronomical photometry using CCDs*. n.p.

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

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 4 November 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 15 December 2019

การสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE

Modeling of the VZ Psc Eclipse Binary System by PHOEBE Program

ซูไฮนี แวกาจิ[1*] นูรีฮัน เปาะอีแตเยะ[1] สีตีรอกีเยาะห์ บาระตายะ[1] รุสมาดี สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์ [1*]
Suhainee Waekachi [1]Nureehan Pohetaeyeh [1] Sitirokiyoh Barataya1[1] Rusamadee Sabooding and Sommkorn Chaivarakorn[1*]
[1] สาขาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[*] joiramyru@gmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาสมบัติของระบบดาวคู่ VZ Psc โดยได้มีการสังเกตการณ์ด้วยกล้องโทรทรรศน์ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.7 เมตร เชื่อมต่อกับซีซีดีโฟโตเมตรี ผ่านแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา นครราชสีมา ในคืนวันที่ 8 เดือนธันวาคม พ.ศ 2558 จากการวิเคราะห์กราฟแสง แสดงให้เห็นว่าระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc เป็นระบบดาวคู่ประเภท W UMa และทำให้ทราบค่าเวลาที่มีความสว่างน้อยที่สุดคือ 2455146.368 จากการวิเคราะห์หาพารามิเตอร์ทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE ทำให้ได้ชุดพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด โดยมีอัตราส่วนมวลเท่ากับ 0.79 มุมเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 48 องศา อุณหภูมิพื้นผิวของดาวปฐมภูมิสูงกว่าดาวทุติยภูมิ 466 เคลวิน และเปอร์เซ็นต์การแตะกันของดาวทั้งสองดวงมีค่าเท่ากับ 38.12%

คำสำคัญ: โฟโตเมตรี, ดาวคู่อุปราคา, ดาวคู่อุปราคา VZ Psc, โปรแกรม พีบี

Abstract

This research study is about the physical properties of the of the VZ Psc Eclipse Binary System. Observations were done at Regional for the Public Observatory Nakhonratchasima, on 8 December 2015, using a 0.7 meter telescope mounted with CCD photometric system in filter B, V and

R. The solution shows that VZ Psc is a type W UMa eclipsing binary system. The minimum light time is 2455146.368. The PHOEBE software was used to compute the best system's parameters. The solution shows that the system with q = 0.79. The Inclination i = 48° surface temperature of primary star was higher than the secondary star with 466 Kelvin. and percentages of contact were found to be 38.12%

Keywords: Photometric, Eclipsing Binaries, VZ Psc Eclipse Binary, PHOEBE Program

บทนำ

วิธีดำเนินการวิจัยทางดาราศาสตร์นั้น มีจุดมุ่งหมายเพื่อศึกษาสมบัติต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้า แสงเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาวิเคราะห์เพื่อหาสมบัติทางกายภาพต่าง ๆ ของวัตถุท้องฟ้า ทำให้สามารถสังเกตการณ์และตรวจวัดด้วยวิธีการต่าง ๆ จากการใช้อุปกรณ์เปลี่ยนคลื่นแสงเป็นสัญญาณทางไฟฟ้าหรือสเปกตรัม

การสังเกตการณ์เกี่ยวกับการแปรแสงของดาวทำได้หลายวิธี เช่น การถ่ายภาพ การวัดความเข้มโดยวิธีโฟโตอิเลคทริกโฟโตเมตรี (Photoelectric Photometry) หรือวิธีซีซีดีโฟโตเมตรี (Charge Coupled Devices Photometry, CCD Photometry) โดยในระบบดาวคู่เหล่านี้จะมีกลไกเกิดขึ้นหลายประการ และเพื่อที่จะศึกษากลไกของระบบดาวคู่มีวิธีการคือ การหาค่ากราฟแสง (light curve) ในช่วงการเกิดอุปราคาที่มีความสำคัญคือค่าแสงเวลาต่ำสุด เพื่อใช้ทำนายธรรมชาติทางกายภาพของระบบดาวคู่ เช่น การถ่ายเทมวล คาบของการแปรแสง และอาจมีดาวดวงที่ 3 อยู่ในระบบ เป็นต้น (Zeilik & Gregory, 1998, p. 235)

ระบบดาวคู่ VZ Psc เป็นดาวคู่อุปราคาแบบแตะกัน W UMa ในกลุ่มดาวปลาคู่ (Pisces) โดย Ma และคณะ จาก Shandong University ได้วิเคราะห์คาบการโคจรได้ประมาณ 0.26125897 วัน

โปรแกรม PHOEBE เป็นโปรแกรมสำหรับวิเคราะห์ค่าพารามิเตอร์จากการสังเกตการณ์หาลักษณะทางกายภาพของระบบดาวคู่ เพื่อสร้างกราฟแสงสังเคราะห์ (synthetic light curves) ซึ่งสามารถแสดงแบบจำลองระบบดาวคู่จากกราฟแสงที่สอดคล้องกับผลที่ได้จากการสังเกตการณ์

คณะผู้วิจัยมุ่งศึกษาการสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE จากการวิเคราะห์ข้อมูลกราฟแสงจากการสังเกตการณ์และหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด การหาค่าพารามิเตอร์ทางกายภาพของระบบดาวคู่ เพื่อได้ทราบข้อมูลทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด
2. เพื่อศึกษาสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc
3. สร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

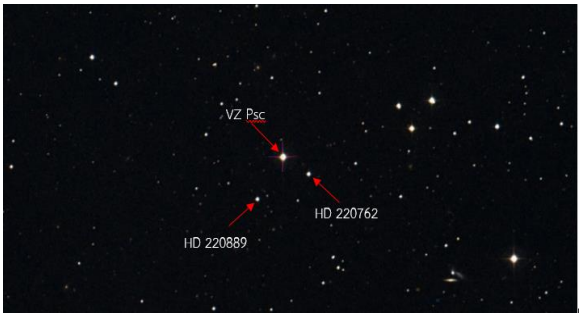
งานวิจัยนี้ทำการเก็บข้อมูลเมื่อ วันที่ 8 เดือนธันวาคม พ.ศ 2558 การถ่ายภาพระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ใช้กล้องโทรทรรศน์ขนาด 0.7 เมตร ณ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา เชื่อมต่อกับกล้องซีซีดีโฟโตเมตรี ผ่านแผ่นกรองแสง (filters) ระบบยูบีวี (UBV System) เฉพาะช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) และถ่ายภาพ Bias Frame, Dark Frame และ Flat Fields เพื่อนำไปใช้ในการกำจัดสัญญาณรบกวนที่มาจากการถ่ายภาพและสภาพแวดล้อมทีมีผลต่อแสงดาว

2. การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลภาพถ่ายที่สังเกตการณ์ได้จะผ่านกระบวนการรีดักชั่นภาพ (Image Reduction) และขั้นตอนโฟโตเมตรี (Photometry) ที่ใช้เทคนิคการสังเกตการณ์เปรียบเทียบ (Differential Observation) และวัดแสงด้วยวิธีโฟโตเมตรี ในโปรแกรม AstroImageJ จากภาพถ่ายระบบดาวคู่อุปราคาVZ Psc ดาวเปรียบเทียบ คือ HD 220889 และดาวตรวจสอบ คือ HD 220762 เมื่อได้ค่าความสว่างของดาวและเปลี่ยนจากเวลา JD เป็น HJD เพื่อคำนวณหาค่า Phase แล้วจึงนำข้อมูลที่ได้นำมาพล็อตกราฟแสงและคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด จากนั้นใช้โปรแกรม PHOEBE เพื่อคำนวณหาค่าพารามิเตอร์และสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ดังแสดงข้อมูลภาพที่ 1 และตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ตารางข้อมูลระบบดาวคู่ VZ Pscดาวเปรียบเทียบและดาวตรวจสอบ ตาม Epoch ค.ศ. 2000

Star	α (2000)	δ (2000)
VZ Psc	$23^h\ 27^m\ 48.414^s$	$+04^\circ\ 51'\ 27.59''$
HD 220889	$23^h\ 27^m\ 53.209^s$	$+04^\circ\ 49'\ 34.67''$
HD 220762	$23^h\ 27^m\ 43.426^s$	$+04^\circ\ 50'\ 41.26''$



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายดาวคู่อุปราคา VZ Psc ดาวเปรียบเทียบ และดาวตรวจสอบ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. กราฟแสงและเวลาความสว่างน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตการณ์ของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม AstroImageJ ของแผ่นกรองแสงช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) สามารถนำมาสร้างกราฟแสง โดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างค่า HJD กับค่าฟลักซ์ ซึ่งกราฟแสงที่ได้เป็นกราฟแสงของระบบดาวคู่ประเภท W UMa จากนั้นนำกราฟแสงมาคำนวณหาค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดของแต่ละความยาวคลื่นและนำค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดคำนวณหาค่ายุค (Epoch) จากสมการ Linear Ephemeris (S. Ma, et al. 2018, pp.1-7) ค่าที่ได้ดังตารางที่ 2

$$Min.I = HJD2444556.5246 + 0.26125897E.$$

ตารางที่ 2 ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดและค่ายุค (Epoch) ของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc สังเกตการณ์ได้ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R)

ดาว	ช่วงความยาวคลื่น	ค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุด	Epoch
ระบบดาวคู่ VZ Psc	สีน้ำเงิน (B)	2455279.207	41042.35125
	สีเหลือง (V)	2455126.234	40456.84009
	สีแดง (R)	2455033.664	40102.50767
	เฉลี่ย	2455146.368	40533.89967

2. พารามิเตอร์และแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc

จากการวิเคราะห์ข้อมูลสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Pcs ด้วยโปรแกรม PHOEBE โดยโปรแกรมจะสังเคราะห์เปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) พบว่า

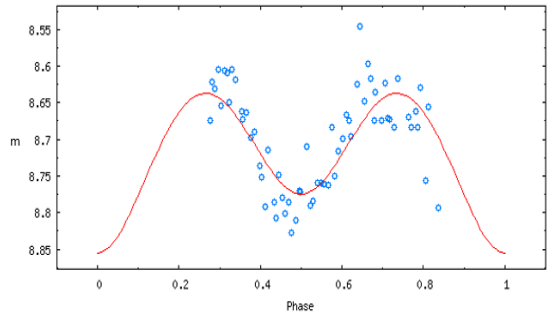
Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

กราฟแสงสังเคราะห์มีความสอดคล้องกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ ซึ่งค่าพารามิเตอร์ที่ได้เป็นค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ซึ่งจะพิจารณาจากค่า error รวมทั้งค่า X^2 ของแต่ละช่วงความยาวคลื่น**สร้างข้อมูลกราฟแสงสังเคราะห์ เปรียบเทียบกับกราฟแสงที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน สีเหลือง และสีแดง ดังภาพที่ และพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด** ดังตารางที่ 3

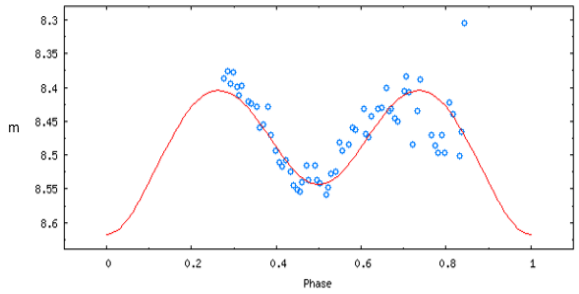
ตารางที่ 3 พารามิเตอร์ที่เหมาะสมในระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ที่ได้จากการคำนวณด้วยโปรแกรม PHOEBE

พารามิเตอร์	ผลลัพธ์ที่ดีที่สุด
$\boldsymbol{\Omega}$ (L_1)	3.750000
$\boldsymbol{\Omega}$ (L_2)	3.246794
Mass 1	1.000000
Mass 2	1.000000
Radius 1	1.000000
Radius 2	1.000000
Log(g)1	4.300000
T(K) 1	6,666
T(K) 2	6,200
i (Degree)	48
$q(=m_2/m_1)$	0.79
Period	0.2612589700
PHSV	3.23000
PCSV	8.00000
A_1	0.5
A_2	0.6
$G_1 = G_2$	0.32

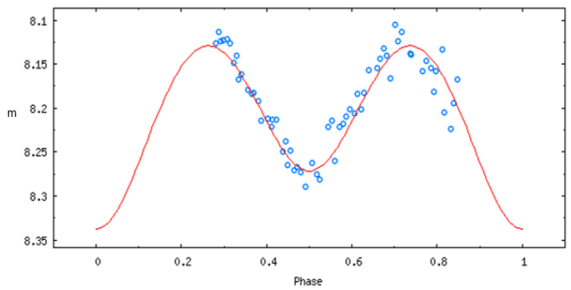
เมื่อสังเกตจากความลึกของกราฟและแบบจำลองของระบบดาวคู่ ในช่วงปฐมภูมิและทุติยภูมิ จะเห็นได้ว่าความลึกของอุปราคาทั้งสองช่วงนั้น มีความแตกต่างกันค่อนข้างชัดเจน โดยที่ช่วงอุปราคาปฐมภูมิลึกกว่าช่วงทุติยภูมิ เป็นเพราะดาวปฐมภูมิมีอุณหภูมิมากกว่าดาวทุติยภูมิทำให้มีความสว่างแตกต่างกัน และเมื่อพิจารณาลักษณะการบังกันที่เฟส 0.0 และ0.5 พบว่ามีระดับที่แตกต่างกัน คือ ในช่วงเฟส 0.0 ดวงที่มีความสว่างน้อยจะบังดาวที่มีความสว่างมากและช่วงเฟส 0.5 ดาวที่มีความสว่างมากจะบังดาวที่มีความสว่างน้อย



ภาพที่ 2 กราฟแสงสังเคราะห์กับกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีน้ำเงิน(B) จากโปรแกรม PHOEBE

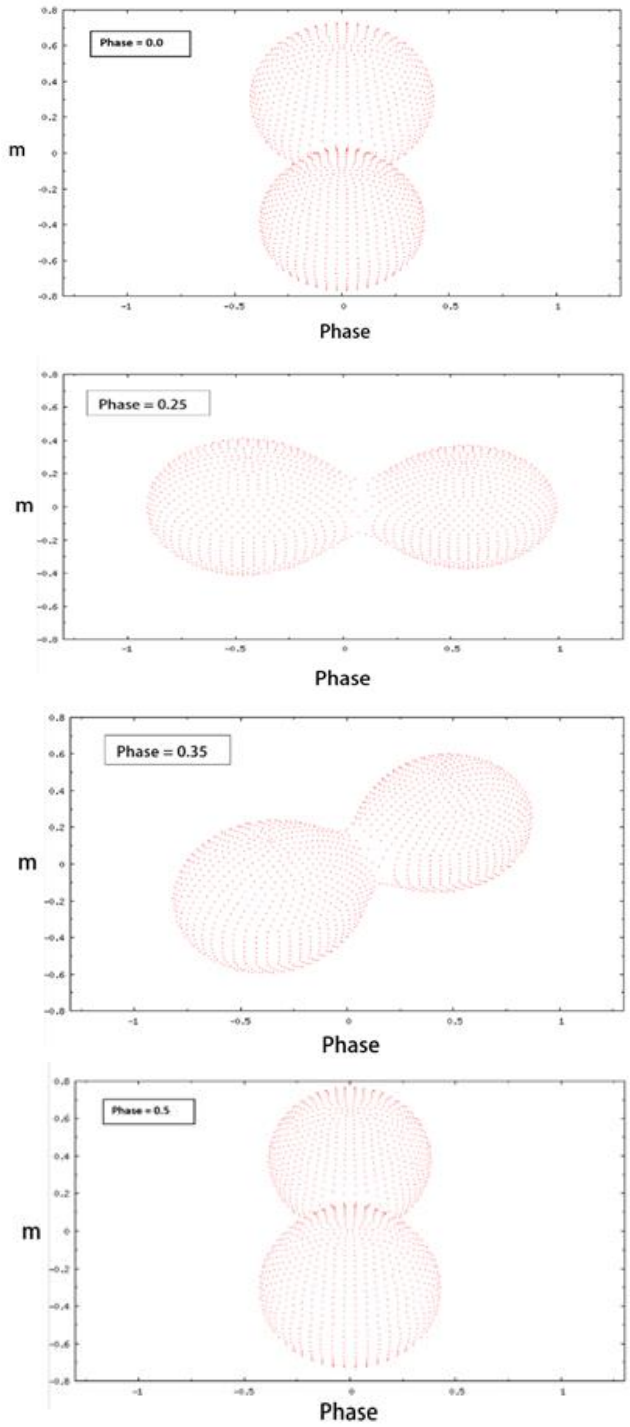


ภาพที่ 3 กราฟแสงสังเคราะห์กับกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีเหลือง (V) จากโปรแกรม PHOEBE



ภาพที่ 4 กราฟแสงสังเคราะห์กับกราฟที่ได้จากการสังเกตการณ์ในช่วงความยาวคลื่นสีแดง(R) จากโปรแกรม PHOEBE

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)



ภาพที่ 5 แบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc จากโปรแกรม PHOEBE

สรุปผลการวิจัย

จากการสังเกตการณ์ระบบดาวคู่ VZ Pscที่ได้ข้อมูลจากหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบพระชนมพรรษา จังหวัดนครราชสีมา ในช่วงความยาวคลื่นแสงสีน้ำเงิน (B) สีเหลือง (V) และสีแดง (R) เมื่อทำการวัดความสว่างวิธีโฟโตเมตรี ด้วยโปรแกรม AstroImageJ เพื่อสร้างกราฟแสงและวิเคราะห์ ทำให้ทราบถึงค่าเวลาที่แสงน้อยที่สุดเท่ากับ 2455146.368 จากนั้นใช้โปรแกรม PHOEBE ในการสร้างแบบจำลอง เพื่อหาค่าพารามิเตอร์ที่ดีที่สุด ผลการทดลองสรุปได้ว่า ระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc เป็นระบบดาวคู่แบบแตะกัน ประเภท W Uma ที่มีคาบวงโคจรเท่ากับ 0.2612589700 วัน และมีมุมเอียงของระนาบวงโคจรเท่ากับ 48° คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การแตะกันพบว่าดาวทั้งสองดวงแตะกันเท่ากับ 38.12% อุณหภูมิของดาวปฐมภูมิและดาวทุติยภูมิมีค่าคือ 6,666 และ 6,200 เคลวิน ตามลำดับ

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบุคลากรทุกท่านของหอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา นครราชสีมา และ หอดูดาวเฉลิมพระเกียรติ 7 รอบ พระชนมพรรษา สงขลา ที่อำนวยความสะดวกในการเก็บข้อมูล ติดตามความก้าวหน้าและให้คำปรึกษาที่ดีตลอด และคอยช่วยเหลือและเป็นกำลังใจด้วยดีตลอดมาจนทำให้การวิจัยสำเร็จได้ด้วยดี

เอกสารอ้างอิง

เชิดตระกูล หอมจำปา. (2552). โครงสร้างกายภาพของระบบดาวคู่แบบใกล้ชิด. มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา. ISSN : 1905-2383

ตอริก เฮ็งปิยา, ประสงค์ เกษราธิคุณ และศรัณย์ โปษยะจินดา. (2556).การสังเกตการณ์ทางแสงโดยใช้เทคนิคโฟโตเมตรีแบบซีซีดีของระบบดาวคู่แบบแตะกันวี 701 สโคปีไอ. สาขาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.

ตอริก เฮ็งปิยา. (2557). การวิเคราะห์คุณสมบัติทางกายภาพและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่แบบแตะกันวี 701 สโคปีไอ. วิทยานิพนธ์, สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

บุญชู สุขอ่วม, วิจิตร ฤทธิธรรม และนงลักษณ์ จันทร์พิชัย. (2018). การศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพของระบบดาวคู่แบบแตะกัน พียู เวอร์โก้. สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร.

บุญรักษา สุนทรธรรม.(2550). ดาราศาสตร์ฟิสิกส์. พิมพ์ครั้งที่ 1. เชียงใหม่ : ภาควิชาฟิสิกส์คณะวิทยาศาสตร มหาวิทยาลัยเชียงใหม.หนา328.

มติพล ตั้งมติธรรม. (2559). คู่มือการศึกษาดาราศาสตร์เชิงปฏิบัติการ. สถาบันวิจัยดาราศาตร์แห่งชาติ (องค์การมหาชน)

รณกฤต รัตนมาลา. (2551 : 34 - 74).ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคาบการโคจรและวิวัฒนาการของระบบดาวคู่ AK Ci. วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สาขาฟิสิกส์ กรุงเทพมหานคร : มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

ศราวุฒิ ชูโลก และคณะ. (2553). วิเคราะห์โครงสร้างและการวิวัฒนาการของระบบดาวคู่เอสวี ทอรี. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์บัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

A.Bulutacİ, Bulutb Co, andDemircanBc. (2015). First photometric study of the W Uma system GSC 1042-2191. Volumw 44, April 2016, Pages 35-39.

i. Bulut, A. Bulit, M.GüneşandDemircan. (2018). Light curve analysis of a new W Uma system GSC 3581-1856. Volume 58, January 2018, Pages 90-95.

S. Ma, K.Li, Q.-C. Li and H-Y.Gao. (2018). Photometric study and arbital period analysis of the WUma type contact binary VZ Psc. Institute of Space Sciences, ShandongUniversity,Weihai,264209, China.February 2018, Pages 1-7.

W.Kriwattanawong,T.Sarotsakulchai, S. Maungkorn, D. E. Reichart, andJ.P. Moore. (2018). photometric analysis of the neglected EW-typebinary V336 TrA. May 2018, Pages1-4.

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

Received: 4 November 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 13 December 2019

การสังเคราะห์ดินนาโนสำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา

Synthesis of Nanoclay for Pottery Production

อนิรุทธิ์ รักสุจริต
Anirut Raksujarit
ศูนย์ความเป็นเลิศด้านการประยุกต์ใช้วัสดุนาโน คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ 50300
* anirut_ruk@cmru.ac.th

บทคัดย่อ

ผู้วิจัยได้พัฒนาวิธีการสังเคราะห์ดินนาโนเพื่อใช้วัตถุดิบสำหรับผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผา เพื่อเปรียบเทียบกับการใช้วัตถุดิบแบบดั้งเดิม จากการทดลองพบว่าการใช้ดินนาโนสามารถลดอุณหภูมิของการเผาลงได้ 110°C คือ จากเดิมต้องเผาเคลือบที่อุณหภูมิ 1,260 องศาเซลเซียส ลดลงเหลือ 1,150 องศาเซลเซียส ทำให้สามารถลดค่าเชื้อเพลิง LPG ได้ 30-50% ขึ้นอยู่กับปริมาณผลิตภัณฑ์ในเตาเผา แสดงให้เห็นว่าเทคโนโลยีนี้สามารถพัฒนาคุณสมบัติของผลิตภัณฑ์ให้สูงขึ้น และยังเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เพราะลดการใช้เชื้อเพลิงทำให้ลดการปล่อยแก๊ส CO_2 มีความน้ำหนักเบาจึงทำให้ลดค่าใช้จ่ายในการขนส่งและลดปริมาณการใช้ดินในการผลิต

คำสำคัญ: เครื่องปั้นดินเผา, ดินนาโน, เซรามิก

Abstract

The researcher has developed a synthesis of nanoclay for pottery production to compare with that using traditional production. It was found that the use of nanoclay could reduce the sinter temperature from 1260°C to 1150°C, which can reduce consumption of LPG fuel by 30-50% depending on the product volume in the furnace. It indicates that this technique can improve product properties and reduce the consumption of fuel leading to reduce CO_2in environmental. The lightweight of product could reduce the shipment cost and the use of raw meterials.

Keywords: Pottery, Nanoclay, Ceramic

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

บทนำ

ปัญหาราคาเชื้อเพลิง LPG ในประเทศที่เพิ่มสูงขึ้น ทำให้ผู้ประกอบการอุตสาหกรรมเซรามิก โดยเฉพาะผู้ประกอบการธุรกิจขนาดกลางและขนาดย่อม ที่ได้รับผลกระทบอย่างมาก จนหลายรายถึงขั้นต้องปิดกิจการ เนื่องจากสัดส่วนของต้นทุนพลังงานในอุตสาหกรรมเซรามิกนั้นคิดเป็น 30-40% ของต้นทุนการผลิตโดยรวม อย่างไรก็ตามมีรายงานวิจัยที่กล่าวว่าการลดอุณหภูมิในการเผาชิ้นงานลง 100 องศาเซลเซียส จะสามารถลดต้นทุนพลังงานได้ประมาณ 20% ซึ่งคิดเป็นสัดส่วนต้นทุนการผลิตโดยรวมที่ลดลงได้ประมาณ 6-8%

นอกจากต้นทุนด้านเชื้อเพลิงแล้วผลิตภัณฑ์เซรามิกของผู้ประกอบการขนาดกลางและขนาดย่อมในจังหวัดเชียงใหม่และจังหวัดลำปางยังประสบปัญหาคือผลิตภัณฑ์หลังเผาเกิดการบิดเบี้ยวหลัง เปาะ และแตกปิ่นง่าย ทำให้ผู้ผลิตต้องเพิ่มความหนาของตัวผลิตภัณฑ์ ซึ่งทำให้มีต้นทุนทั้งในด้านการผลิตและการขนส่งเพิ่มขึ้น เพราะผลิตภัณฑ์มีความหนาและหนัก

เทคโนโลยีนาโนเป็นระบบและ/หรือกระบวนการที่ทำให้เกิดสินค้าและ/หรือบริการที่เกิดจากสสารที่อยู่ในระดับนาโนเมตร คือ เกิดจากสสารที่มีขนาด 1 ในพันล้านส่วนของ 1 เมตรหรือเล็กกว่า เป็นเทคโนโลยีใหม่ที่ทำให้เราสามารถวิศวกรรมสสารต่าง ๆ ด้วยระบบและ/หรือกระบวนการที่ลงลึกถึงระดับของอะตอมได้ เป็นเทคโนโลยีที่ได้มาจากความรู้เกี่ยวกับกระบวนการและปรากฏการณ์ใหม่ทางฟิสิกส์ เคมีและชีววิทยาในโครงสร้างที่มีความยาวของสเกลอยู่ในช่วงตั้งแต่โมเลกุลเดี่ยวจนถึงประมาณ 100 นาโนเมตร ซึ่งคุณสมบัติใหม่นี้เป็นผลมาจากขนาดเป็นสำคัญ ดังนั้นการผลิตผงนาโนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญมากของเทคโนโลยีนาโน เพราะผงนาโนมีคุณสมบัติพิเศษเฉพาะตัวที่สามารถลดอุณหภูมิการเผาลงได้ประมาณ $0.5T_m$ และได้วัสดุที่มีโครงสร้างทางจุลภาคอย่างน้อยในหนึ่งมิติเล็กกว่า 100 นาโนเมตร ทำให้วัสดุและ/หรือผลิตภัณฑ์ที่ผลิตมาจากผงนาโนมีสมบัติทางกายภาพ สมบัติเชิงกลและสมบัติทางเคมีดีขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเทียบกับวัสดุแบบดั้งเดิมที่มีขนาดโตกว่า ผงนาโนจึงมีศักยภาพในการนำไปใช้งานจริงในด้านการผลิตวัสดุและสินค้าที่มีคุณสมบัติใหม่ มีศักยภาพในการสนับสนุนการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม สามารถใช้ปรับปรุงและพัฒนาเทคโนโลยีที่มีอยู่แล้วไปสู่การใช้งานแบบใหม่ด้วยเงื่อนไขที่เหมาะสมต่อการใช้งาน วัสดุนี้จึงเป็นการปฏิวัติการทำงานทั้งหมดของวัสดุ

ด้วยคุณสมบัติพิเศษของวัสดุนาโนที่ดีกว่าวัสดุแบบดั้งเดิมอย่างมากดังที่ได้กล่าวมาแล้ว ในงานนี้ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์ คือ เพื่อพัฒนาวิธีการผลิตดินนาโนจากดินเหนียว ด้วยกระบวนการที่ไม่ซับซ้อน มีต้นทุนในการผลิตต่ำและสามารถผลิตได้ปริมาณมากในเวลาอันสั้น โดยมีเป้าหมายเพื่อหาเทคโนโลยีต้นทุนต่ำที่เป็นนวัตกรรมสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถจดสิทธิบัตรได้ นำไปสู่การใช้เทคโนโลยีเป็นตัวแปรสำคัญของการ

พัฒนาคุณภาพชีวิตของประชากรในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน สามารถพึ่งพาตัวเองได้ด้วยนวัตกรรมความรู้และเทคโนโลยีที่เกิดจากสมองและสองมือของคนไทย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิงในการผลิตและเพิ่มคุณภาพของผลิตภัณฑ์เซรามิกของผู้ประกอบการเซรามิกด้วยดินนาโน

วิธีการทดลอง

การเตรียมดินนาโนและการเผาซินเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

1 นำดินเหนียวไปบดแบบเปียกด้วยวิธีการบดละเอียด ด้วยเครื่องบดละเอียดโดยใช้น้ำเป็นตัวกลางในการแขวนลอย เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วอบให้แห้ง นำผงแห้งที่ได้ไปบดซ้ำแบบแห้งด้วยวิธีการบดละเอียดเช่นเดิมเป็นเวลา 0-24 ชั่วโมง

2 นำผงตัวอย่างในข้อ 1 ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy (SEM) เพื่อหาเงื่อนไขในการบดที่ทำให้ได้ดินนาโน

3 นำดินตัวอย่างของดินผสมที่มีสัดส่วนของดินแบบดั้งเดิมต่อดินนาโนเป็น 100:0 95:5 90:10 85:15 80:20 75:25 และ 70:30 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มารูปมาอัดขึ้นรูปด้วยเครื่องอัดทางเดียว แล้วนำไปเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1100-1300°C วิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy เพื่อหาเงื่อนไขทำให้ได้วัสดุนาโนซึ่งมีคุณสมบัติที่ดีที่สุด

การเตรียมผลิตภัณฑ์เซรามิกตัวอย่างในระดับต้นแบบ

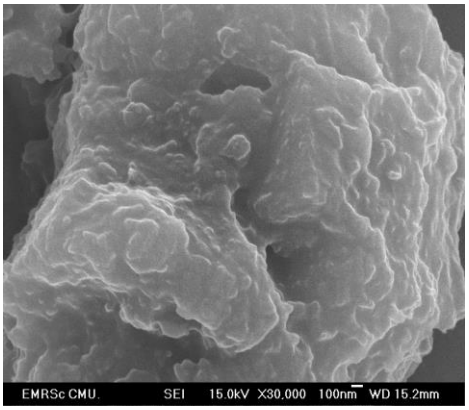
นำดินไปบดตามเงื่อนไขที่ทำให้ได้ดินนาโนและนำเงื่อนไขที่ดีที่สุดที่ได้จากการทดลองในห้องปฏิบัติการไปทำการขึ้นรูปเป็นผลิตภัณฑ์ตัวอย่าง แล้วเปรียบเทียบกับการผลิตภัณฑ์เดียวกันแต่ผลิตจากดินแบบดั่งเดิม เพื่อแสดงให้เห็นว่าดินนาโนจะช่วยลดการใช้พลังงานเชื้อเพลิง LPG และได้ผลิตภัณฑ์ที่มีคุณสมบัติที่ดีกว่าแบบดั้งเดิมหรือไม่

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการเตรียมดินนาโนในห้องปฏิบัติการ

เมื่อนำดินเหนียวที่ผ่านการบดซ้ำที่เวลาต่าง ๆ ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค Scanning electron microscopy พบว่าเวลาของการบดที่เริ่มได้ดินนาโน คือ 9 ชั่วโมง ดังรูปที่ 1

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

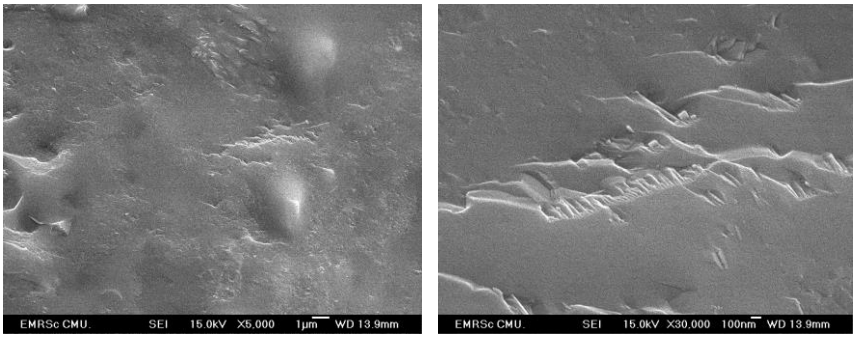


รูปที่ 1 ภาพถ่าย SEM ของดินหลังผ่านการบดเป็นเวลา 9 ชั่วโมง

จากรูปที่ 1 แม้ว่าดินนาโนจะจับกันเป็นกลุ่มก้อน แต่เกรนเดี่ยวทุกเกรนมีขนาดเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 100 นาโนเมตร แสดงให้เห็นว่าวิธีการที่ใช้ในงานนี้สามารถผลิตดินนาโนได้ด้วยกระบวนการอย่างง่าย

ผลการเผาซินเตอร์ในห้องปฏิบัติการ

ผลการถ่ายภาพด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด ตรงรอยหักของชิ้นงานตัวอย่างที่ผ่านการเผาซินเตอร์ด้วยเงื่อนไขต่าง ๆ พบว่าเงื่อนไขที่ดีที่สุด คือ ชิ้นงานตัวอย่างที่มีสัดส่วนของดินแบบดั้งเดิมต่อดินนาโนเป็น 80:20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักและผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C ดังรูปที่ 2



(a) (b)

รูปที่ 2 ภาพถ่าย SEM ของรอยหักของชิ้นงานตัวอย่างที่มีสัดส่วนของดินแบบดั้งเดิมต่อดินนาโนเป็น 80:20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก และเผาซินเตอร์ที่อุณหภูมิ 1150°C (a) กำลังขยาย 5000x และ (b) กำลังขยาย 30000x

จากรูปที่ 2 เห็นได้ว่าชิ้นงานตัวอย่างที่ได้มีความแน่นตัวสูงด้วยการเกิด Liquid phase sintering (รูปที่ 2(a)) ทำให้ชิ้นงานตัวอย่างมีเฟสแก้ว-เซรามิกนาโนในโครงสร้างทางจุลภาคและมีการแตกผ่าเกรนในระดับนาโน (รูปที่ 2(b)) ลักษณะของโครงสร้างทางจุลภาคนี้ทำให้ชิ้นงานตัวอย่างมีความทนทานต่อการแตกหักและการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิอย่างฉับพลันสูงมาก ดังนั้นในระดับห้องปฏิบัติการ ผู้วิจัยสามารถเตรียมเครื่องปั้นดินเผาประเภทวัสดุแก้ว-เซรามิกนาโนได้ที่อุณหภูมิ 1150°C

เมื่อนำดินผสมของดินแบบดั้งเดิมกับดินนาโนในสัดส่วน 80:20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก มาทดลองหล่อขึ้นรูปเป็นรูปทรงต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ พบว่าสามารถขึ้นรูปชิ้นงานได้บาง ไม่เกิดการบิดเบี้ยวหลังการเผาที่อุณหภูมิ 1150°C และมีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำเข้าใกล้ศูนย์ ดังตัวอย่างในรูปที่ 3



รูปที่ 3 ตัวอย่างชิ้นงานตัวอย่างที่ทดสอบการขึ้นรูปด้วยการหล่อแบบ

ผลการเตรียมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างในระดับต้นแบบ

ผู้วิจัยนำเงื่อนไขที่ดีที่สุดในการการซินเตอร์ คือ ดินแบบดั้งเดิม 80 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก ผสมกับดินนาโน 20 เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนัก แล้วให้ผู้ประกอบการนำไปขึ้นรูปด้วยวิธีการหล่อและการจิกเกอริง แล้วเผาที่อุณหภูมิ 1150°C ดังรูปที่ 4



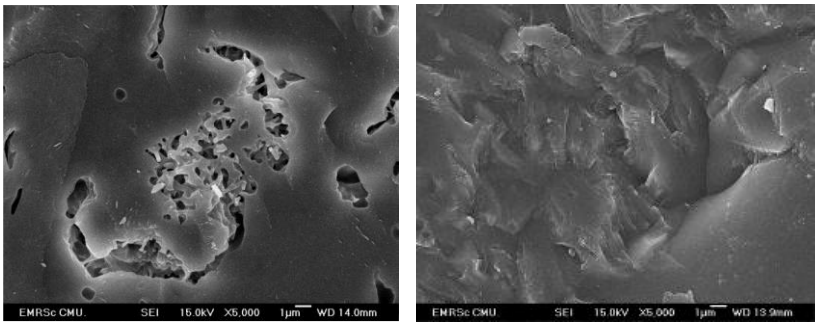
รูปที่ 4 ตัวอย่างผลิตภัณฑ์หลังเผาที่อุณหภูมิ 1150°C ในเตาเผาเซรามิกในระดับอุตสาหกรรมด้วยบรรยากาศแบบ Reduction ในระดับต้นแบบภาคสนามโดยผู้ประกอบการ

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

เมื่อนำรอยหักของผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผลิตจากดินผสมของดินแบบดั้งเดิมกับดินนาโนโดยเผาที่อุณหภูมิ 1150°C และผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากดินแบบดั้งเดิมที่เผาที่อุณหภูมิ 1260°C ไปถ่ายภาพด้วย SEM แล้วเปรียบเทียบกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ตัวอย่างที่ผลิตจากดินผสมเผาที่อุณหภูมิ 1150°C เป็นวัสดุนาโน มีความแน่นตัวสูง เกิด Liquid phase sintering ทำให้ได้เฟสแก้ว-เซรามิกนาโนที่มีการแตกผ่าเกรนในระดับนาโนในโครงสร้างทางจุลภาค ดูรูปที่ 5(b)

ในขณะที่ภายในโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์เซรามิกแบบดั้งเดิมของผู้ประกอบการมีความพรุนสูง แม้เผาที่อุณหภูมิ 1260°C ดูรูปที่ 5(a) จึงมีโอกาสรั่วซึมของน้ำออกมาภายนอกได้ในผลิตภัณฑ์เซรามิกเคลือบรานประเภทชุดน้ำชากาแฟ จากการทดลองนี้เห็นได้ว่าปัญหานี้สามารถแก้ได้ด้วยการใช้ดินนาโนเป็นวัตถุดิบในการผลิตผลิตภัณฑ์เซรามิกเคลือบรานประเภทชุดน้ำชากาแฟ เพราะสามารถทำให้ภายในโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์มีความพรุนเข้าใกล้ศูนย์เปอร์เซ็นต์

จากผลการทดลองนี้เห็นได้ชัดเจนว่าดินนาโนสามารถลดอุณหภูมิในการเผาผลิตภัณฑ์เซรามิก ลงได้ 110 °C ซึ่งทำให้ประหยัดพลังงานเชื้อเพลิง LPG ที่ใช้ในการเผาได้ประมาณ 30-50% โดยที่ได้ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่เป็นวัสดุนาโน



(a) (b)

รูปที่ 5 การเปรียบเทียบโครงสร้างทางจุลภาคของผลิตภัณฑ์ (a) ผลิตจากดินแบบดั้งเดิม เผาที่อุณหภูมิ 1260°C และ (b) ผลิตจากดินผสมของดินแบบดั้งเดิมกับดินนาโนเผาที่อุณหภูมิ 1150°C

สรุปผลการวิจัย

1. การใช้ดินนาโนเป็นวัสดุในการผลิตสามารถช่วยลดอุณหภูมิการเผาลงได้ 110 องศาเซลเซียส
2. ผลิตภัณฑ์เครื่องปั้นดินเผาที่ผลิตจากดินนาโนเป็นวัสดุที่มีโครงสร้างทางจุลภาคเป็นเฟสแก้ว-เซรามิกนาโนที่มีการแตกผ่าเกรนในระดับนาโน

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่ที่สนับสนุนสถานที่ในการทำวิจัยในระดับห้องปฏิบัติการ

เอกสารอ้างอิง

Gen-Moog C. and Noskova N.I. (1998). “Nanostructured materials science & technology”, 1st edition, Kluwer Academic Publishers.

Guz, I.A., Rodger, A.A., Guz, A.N., and Rushchitsky, J.J. (2006).”Developing the mechanical models for nanomaterials”. *Composites:Part A.*

Jillavenkatesa, A and Kelly, J.F. (2002). “Nanopowder characterization: challenges and future directions”. Journal of Nanoparticle Research .4:463-468.

Osman, T.M., Rardon, D.E., Friedman, L.B., and Vega, L.F. (2006) “The Commercialization of Nanomaterials: Today and Tomorrow”. Industrial Insight:Feature.

Thomas, P.K., Satpathy, S.K., Manna, I., Chakraborty, K.K., and Nando, G.B. (2007). “Preparation and Characterization of Nano structured Materials from Fly Ash: A Waste from Thermal Powder Stations, by High Energy Ball Milling”. Nanoscale Res Lett. 2:397-404.

Tolles, W.M., and Rath, B.B. (2003) “Nanotechnology, a stimulus for innovation”. CURRENT SCIENCE. VOL. 85., NO.12.

Roco, M.C. (1999). “Nanoparticles and nanotechnology research”. Journal of Nanoparticle Research. 1:1-6.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

Received: 5 November 2019
Revised: 2 December 2019
Accepted: 9 December 2019

การศึกษากระบวนการหมักแบบต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ แลกโทส และกาแลกโทส โดยใช้ *Lactobacillus* sp เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น

Study of Continuous Fermentation Process to Increase the Production of Exopolysaccharide, Lactose and Galactose by Using Lactobacillus Sp as Starter

อดุลย์สมาน สุขแก้ว[1*]
Adulsman Sukkaew[1]
[1] สาขาเทคโนโลยีพลังงานทดแทน คณะวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและการเกษตร มหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา
[*] adulsman.s@yru.ac.th

บทคัดย่อ

การผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ โดยใช้แบคทีเรียแลกติก *Lactobacillus sp.* ในอาหารแลกโทส ที่มีการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง และการเพิ่มอัตราการเจือจาง จะช่วยเพิ่มปริมาณของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ แลกโทส และกาแลกโทส โดยใช้อัตราการเจือจางที่ 0.2 – 1.2 ต่อชั่วโมง ส่งผลให้ปริมาณผลได้ของผลิตภัณฑ์ต่อสารตั้งต้น ของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์เพิ่มขึ้น ที่ชั่วโมงที่ 92 อัตราการเจือจางที่ 0.6 ต่อชั่วโมง สามารถเพิ่มผลผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ได้สูงสุด ถึง 0.2 กรัม เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ ต่อกรัม กาแลกโทส การเติมคาร์บอนอย่างต่อเนื่อง ส่งผลให้อัตราการเจริญเติบโตสูงขึ้น และได้ปริมาณของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์สูงตามไปด้วย

คำสำคัญ: เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์, *Lactobacillus sp.*, กระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง

Abstract

The exopolysaccharides production was produced by lactic acid bacteria from *Lactobacillus* sp. in lactose medium, That has continuous culture. The dilution Increasing rate was increased of exopolysaccharides, lactose and galactose by the dilution rate of 0.2 - 1.2 per hour, resulting in the product's yield per substrate of the exopolysaccharide increased in 92 hours, the dilution rate at 0.6 per hour can be increase the maximum of expopolysaccharide output to 0.2 grams exopolysaccharides Per gram galactose. Continuous carbon addition causing was resulted of the growth rate to increase Which results in high exopolysaccharide as well

Keywords: exopolysaccharide, *Lactobacillus sp*, Continuous Fermentation Process

บทนำ

เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ หรือ EPS จากจุลินทรีย์ (microbial polysaccharide) เป็นจุลินทรีย์สร้างหรือผลิตขึ้นในขณะที่มีการเจริญ และขับออกมาภายนอกผนังเซลล์ มีลักษณะเป็นเมือก (slime) หรือยังคงติดอยู่กับผนังเซลล์ในลักษณะแคปซูล โพลีแซคคาไรด์ เป็นโพลิเมอร์ชีวภาพที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร โดยใช้เป็นสารเติมแต่งอาหารในรูปของสารเพิ่มความคงตัว สารเพิ่มลักษณะเนื้อสัมผัส ช่วยปรับปรุงเนื้อสัมผัส และลักษณะที่ปรากฏของอาหารหลายชนิด ESP สามารถผลิตได้จากพืช สาหร่าย และจุลินทรีย์ โดยเฉพาะจุลินทรีย์สามารถผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ที่มีความหลากหลาย และยังสามารถควบคุมสภาวะที่เหมาะสมต่อการผลิต เพื่อให้ได้ผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ในปริมาณสูงได้(Meng, et al., 2019) การผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์จากจุลินทรีย์ เป็นการอาศัยกระบวนการหมักในอาหาร และเมื่อใช้สภาวะที่เหมาะสมในการผลิต พบว่าผลผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ จะมีชนิดหรือความหลากหลาย และลักษณะเฉพาะตัวมากกว่าโพลีแซคคาไรด์จากพืช หรือสาหร่าย โดยที่ความหลากหลายจะขึ้นกับชนิดของน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบ ซึ่งเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ที่ผลิตจากจุลินทรีย์ มีน้ำตาลที่เป็นองค์ประกอบถึง 200 ชนิด (Yamamoto, et al., 1995) ปัจจุบันเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ที่มีการผลิตในทางการค้ามีหลายชนิด เช่น แซนแทน (xanthan) แจลแลน (gellan) และเด็กซ์แทรน (dextran) เป็นต้น เอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ที่นำมาใช้กับอาหาร ได้แก่ แซนแทนกัม (xanthan gum) จาก *Xanthomonas campestris* และเจนแลนกัม (gellan gum) จาก *Pseudomonas elodea* แต่มีข้อจำกัดในการผลิต เนื่องจากแบคทีเรียทั้งสองชนิดเป็นแบคทีเรียที่ทำให้เกิดโรคในพืช (plant pathogen) และในการใช้ในอาหารต้องมีการระบุไว้ในฉลากด้วย .(Almalki, 2019)

ดั้งนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจแบคทีเรียแลกติก *Lactobacillus* sp. เพื่อสามารถผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ที่ปลอดภัย และสามารถประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมพลังงาน สิ่งแวดล้อม และอุตสาหกรรมอาหารได้ เป็นต้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1.เพื่อศึกษาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดในการผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ โดยใช้แบคทีเรียแลกติกจาก *Lactobacillus* sp.

2 เพื่อศึกษาผลของอัตราการเจือจางต่อการผลิตเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ โดยใช้แบคทีเรียแลกติกจาก *Lactobacillus* sp.

Journal of Earth Science, Astronomy and Space
Vol. 2 No. 1 ISSN 2673-0480 (Online)

วิธีดำเนินการวิจัย

อาหารเลี้ยงเชื้อ

ดัดแปลงอาหารเลี้ยงเชื้อ โดยการแทนที่สารประกอบกลูโคส ด้วยแลกโทสอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่องประกอบด้วย แลกโทส 20 กรัม ยีสต์ไนโตรเจนเบส (ปราศจากกรดอะมิโน และแอมโมเนียม) 5 กรัม K_2HPO_4 2 กรัม, $MgSO_4.7\ H_2O$ 0.1 กรัม, $MgSO_4.4\ H_2O$ 0.005 กรัม แอมโมเนียมซิเตรท 2 กรัม โซเดียมอะซิเตรท 5 กรัม ปรับพีเอชในอาหารเลี้ยงเชื้อให้เท่ากับ 6 ด้วย KOH หลังจากนั้นฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำ รอให้เย็น แล้วบรรจุตามความเข้มข้นขององค์ประกอบในอาหารเลี้ยงเชื้อ ถ้าต้องการใช้เป็นอาหารแข็งเติมวุ้น 15 กรัม/ลิตร เตรียมอาหารเลี้ยงเชื้อที่ใช้ในการหมัก (15 ลิตร) โดยฆ่าเชื้อ ในตอนสุดท้ายแยกสารละลายแลกโทสออกมา 1.5 ลิตร ความเข้มข้นของแลกโทส 20 กรัม /ลิตร และสารละลายจะเหลืออยู่ 13.5 ลิตร สารอาหารนั้นจะรวมกันกับ สาร Antifoam (Bevaloid, Rhodia 15 ml) ในน้ำกลั่นที่ปราศจากออกซิเจน จำนวน 20 ลิตร (ฆ่าเชื้อด้วยไอน้ำที่ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 90 นาที) อาหารเลี้ยงเชื้อต้องทำให้เย็นก่อน โดยการแช่ในอ่างน้ำ บางครั้งก็มีการสูญเสียอาหารเลี้ยงเชื้อจากการถ่ายไปยังภาชนะอื่น หลังจากฆ่าเชื้อแล้ว ซึ่งสามารถที่จะสร้างใหม่ได้ โดยเติมน้ำที่ผ่านการฆ่าเชื้อแล้วด้วยวิธีที่ปลอดเชื้อ (Chen, et al., 2019)

การเตรียมหัวชื้อเริ่มต้น

กระบวนการหมัก (ใช้หัวเชื้อเริ่มต้นร้อยละ 10) โดยเพาะเลี้ยงเหมือนสภาวะจริง บรรจุอาหารเลี้ยงเชื้อในขวดลูกชมพู่ จำนวน 150 มิลลิลิตร เติมเชื้อ *Lactobacillus sp.* จำนวน 1 มิลลิลิตร และเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง เขย่า ที่ความเร็วรอบ 100 rpm (Vinogradov, et al., 2015)

สภาวะที่ใช้ในการหมักแบบต่อเนื่อง

การหมักแบบต่อเนื่อง มีการติดตั้ง พีเอช และตัวควบคุมอุณหภูมิ ใช้ระบบการกวน ภาชนะที่ใช้ในการหมักเป็นภาชนะแก้ว (ขนาด 2.0 ลิตร) ใช้เครื่องวัดระดับติดตั้งไว้เพื่อป้องกันการล้น การป้อนอาหารหมักเข้าสู่ถังหมัก โดยผ่านปั๊มในอัตราการไหลที่ต้องการในการทดลอง จะป้อนไนโตรเจนอย่างต่อเนื่อง กระบวนการหมักในครั้งแรกจะใช้การหมักแบบกะ เพื่อเป็นการสะสมมวลเซลล์ ก่อนที่จะศึกษาการหมักแบบต่อเนื่องโดยใช้อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เขย่าที่ความเร็ว 200 rpm และพีเอชเท่ากับ 6 โดยปรับพีเอชด้วย KOH ที่ความเข้มข้น 2 N ในการหมักแต่ละอัตราการเจือจางจะทำไปเรื่อย ๆ 4- 5 ครั้ง จนได้รับมวลเซลล์คงที่ แล้วเก็บตัวอย่าง (30 มิลลิลิตร) เพื่อวิเคราะห์มวลเซลล์ และการเปลี่ยนแปลงน้ำตาลภายนอกเซลล์ และทำการเพาะเลี้ยงในจานเพาะเลี้ยงเชื้อที่มีอาหารแข็งเป็นระยะเวลา 60 ชั่วโมง (Haiping, et al., 2019; Gaignard, et al., 2019)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการเจริญเติบโต และการผลิต EPS เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงมวลเซลล์, แลกโทสที่เหลือ, EPS, แลกเทส และกาแลกโทสในการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่องที่อัตราการเจือจาง 0.2 ต่อชั่วโมง มวลเซลล์จะเพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ และสูงสุดในชั่วโมงที่ 68 ส่วน EPS ก็เพิ่มสูงขึ้นเรื่อย ๆ เช่นกัน และสูงสุดในชั่วโมงที่ 64 เนื่องจาก EPS จะผลิตออกมาในขณะที่เซลล์กำลังเจริญเติบโตนั้นเอง หลังจากนั้น ผลผลิต EPS ก็ลดต่ำลง เรื่อย ๆ และต่ำสุดในชั่วโมงที่ 68 เนื่องจากการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์จะอยู่ในระยะ stationary phase ทำให้อัตราการเจริญเติบโตของเซลล์ กับอัตราการสูญเสียมวลเซลล์อยู่ในอัตราเดียวกัน ทำให้ผลผลิตที่ได้ลดลง ส่วนแลกโทสที่เหลือก็จะลดลงเช่นเดียวกัน เนื่องจากจุลินทรีย์จะใช้แลกโทสเป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญเติบโต และสร้าง EPS

ผลของอัตราการเจือจางในมวลเซลล์, แลกโทสที่เหลือ, EPS, แลกเทส และกาแลกโทสในการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง พบว่ามวลเซลล์เพิ่มสูงขึ้น และสูงสุดในช่วงอัตราการเจือจางที่ 0.5-0.7 ต่อชั่วโมง ส่วนปริมาณ EPS ก็จะเพิ่มสูงขึ้นในช่วงอัตราการเจือจางนี้เช่นกัน แต่ในขณะเดียวกันอัตราการเจือจางที่สูงกว่า 0.6 ต่อชั่วโมงจะทำให้ มวลเซลล์, EPS, แลกเทส กาแลกโทส จะลดต่ำลง เนื่องจากที่อัตราการเจือจางต่ำ จะมีความเข้มข้นของสารอาหารสูงทำให้จุลินทรีย์นั้น เจริญเติบโตได้น้อย และผลผลิต EPS ที่ได้มีปริมาณต่ำ เนื่องจากสารอาหารอาจ จะไปยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ได้ เมื่ออัตราการเจือจางสูงขึ้น ทำให้ความเข้มข้นของสารอาหารลดลง จุลินทรีย์ก็สามารถนำสารอาหารมาใช้ได้มากขึ้น มีการเจริญเติบโตสูงขึ้น ผลผลิตที่ได้ก็สูงขึ้นด้วย แต่เมื่ออัตราการเจือจางสูงเกินไป ก็ทำให้ความเข้มข้นของสารอาหารต่ำเกินไป ซึ่งไม่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ ทำให้จุลินทรีย์นั้นเจริญเติบโตช้า ให้ผลผลิตของ EPS ช้า และปริมาณน้อย ส่วนแลกโทสที่ใช้เป็นสารตั้งต้น จะเหลือในปริมาณสูงขึ้น เนื่องมาจากในการเพาะเลี้ยง *Lactobacillus sp.* จะทำการเพาะเลี้ยงแบบต่อเนื่อง คือมีการไหลเข้าออกของสารอาหารภายในถังหมักตลอดเวลา การหมักแบบนี้ เป็นการเติมวัตถุดิบ และสารอาหารเข้าไปในถังหมักอย่างต่อเนื่อง และในขณะเดียวกันก็มีการแยกเอาอาหารเหลว ที่มีผลิตภัณฑ์ละลายอยู่ออกมาตลอดเวลา โดยมีการควบคุมอัตราการเติมสารอาหารเข้า และนำอาหารออกจากถังหมักในอัตราที่เท่ากัน และที่อัตราการเจือจางที่ 0.6 ต่อชั่วโมง จะให้ปริมาณผลผลิตของ EPS สูงสุด เนื่องจากอัตราการเจือจางที่ 0.6 ต่อชั่วโมง เป็นอัตราการเจือจางที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ คือมีสารอาหารไม่มาก หรือน้อยเกินไปจุลินทรีย์จึงใช้สารอาหารได้สูง ทำให้เจริญเติบโตสูงขึ้น และปริมาณผลผลิตของ EPS ก็สูงตามไปด้วย ผลของอัตราการเจือจางในผลผลิตต่อจำนวนเซลล์ ผลผลิตต่อสับสเตรท ปริมาณผลผลิต และผลผลิตจำเพาะของ EPS พบว่าผลผลิตต่อจำนวนเซลล์ ปริมาณผลผลิต จะเพิ่มขึ้น

เรื่อย ๆ และเพิ่มขึ้นสูงสุดที่อัตราการเจือจางที่ 0.2 ต่อชั่วโมง หลังจากนั้นก็จะลดลงเรื่อย ๆ ส่วนอัตราผลผลิตจำเพาะ และผลผลิตต่อสับเตรตจะสูงขึ้นเรื่อย ๆ และสูงสุดที่อัตราการเจือจางที่ 0.6 ต่อชั่วโมง

สรุปผลการวิจัย

เมื่อเพาะเลี้ยง *Lactobacillus sp* ในกระบวนการหมักแบบต่อเนื่อง เมื่อใช้อาหารกึ่งดัดแปลง สามารถเพิ่มผลผลิตของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ แลกโทส และกาแลกโทส และเพิ่มอัตราการเจริญเติบโต อย่างไรก็ตามผลผลิตของแลกเทส และกาแลกโทสจะลดลงที่อัตราการเจือจางที่มากกว่า 0.2 ต่อชั่วโมง และอัตราการเจือจางที่ 0.6 ต่อชั่วโมง จะสามารถเพิ่มผลผลิตต่อซับสเตรตของเอ็กโซลีแซคคาไรด์ แลกเทส กาแลกโทสได้สูงสุด นอกจากนี้พบว่า เมื่ออัตราการเจือจางสูงเกินไปจะไปยับยั้งผลผลิตของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ กาแลกเทส กาแลกโทสได้เช่นกัน การเติมแหล่งคาร์บอนเข้าไปใหม่ตลอดเวลาจะช่วยเพิ่มการสร้าง EPS และอัตราการเจริญเติบโตให้สูงขึ้นได้ แม้ว่าจะใช้เทคนิคการวิเคราะห์ที่ดี แต่ก็ไม่สามารถที่จะยืนยันได้ว่าการเติมแหล่งคาร์บอนเข้าไปใหม่ตลอดเวลา จะช่วยลดค่าใช้จ่ายในการสร้างแลกเทส และกาแลกโทส ได้จากการศึกษา สามารถยืนยันได้ว่า ผลผลิตของเอ็กโซลีแซคคาไรด์ แลกเทส กาแลกโทส ทั้ง 3 ชนิดเป็นสารเมทาบอไลซ์ที่ผลิตขึ้นพร้อม ๆ กับการเจริญเติบโต

เอกสารอ้างอิง

Almalki, M. A. (2019). “ Exopolysaccharide production by a new Lactobacillus lactis isolated from the fermented milk and its antioxidant properties”, ***Journal of King Saud University - Science.*** 412(5), 245-251.

Chen, S., Huang, H., & Huang, G. (2019). “ Extraction, derivatization and antioxidant activity of cucumber polysaccharide” , ***International Journal of Biological Macromolecules****. 25 (140)*. 1047-1053.

Gaignard, C., Laroche, C., Pierre, G., Dubessay, P., Delattre, C., Gardarin, C., . and Michaud, P. (2019). “ Screening of marine microalgae: Investigation of new exopolysaccharide producers” ***Algal Research****. 2(44)*, 101-107.

Haiping, L., Pei, Z., Shuhai, Z., Dengyun, Z., Herong, F., Yi, S., and Xinqian, W. (2019). “ Protective effect of polysaccharides from Pholiota

nameko on *Lactobacillus casei* ATCC 334 subjected to freeze-drying", ***LWT***. *65(115)*, 108-113.

Meng, X., Dobruchowska, J. M., Gerwig, G. J., Kamerling, J. P., & Dijkhuizen, L. (2015). " Synthesis of oligo- and polysaccharides by *Lactobacillus reuteri* 121 reuteransucrase at high concentrations of sucrose", ***Carbohydrate Research***. *122(414*), 85-92.

Vinogradov, E., Sadovskaya, I., Cornelissen, A., & van Sinderen, D. (2015). " Structural investigation of cell wall polysaccharides of Lactobacillus delbrueckii subsp. bulgaricus 17", ***Carbohydrate Research***. *16(413)*, 93-99.

Yamamoto, Y., Nunome, T., Yamauchi, R., Kato, K., & Sone, Y. (1995). " Structure of an exocellular polysaccharide of *Lactobacillus helveticus* TN-4, a spontaneous mutant strain of *Lactobacillus helveticus* TY1-2", ***Carbohydrate Research***. *275*(2), 319-332.

สมาคมดาราศาสตร์และวิทยาศาสตร์อวกาศเพื่อการศึกษา
Astronomy and Space Science Society for Education; ATSSE

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

- **การสังเกตการณ์ระบบดาวคู่สเปกโทรสโกปี บีแซด อีริดานี**
  สุพัตรา วงศ์ศรียา สิทธิกร เณรเถา อณุศาสตร์ มุขสาร และ สมานชาญ จันทร์เอี่ยม
- **การวิเคราะห์เส้นผ่านศูนย์กลางของดาวเคราะห์น้อย 2204 Lyyli (1943EQ)**
  วรรณพร ดีวงษ์ วริษา ปานเจริญ นิรุธ ล้ำเลิศ และ วิระภรณ์ ไหมทอง
- **ความลึกเชิงแสงของฝุ่นละอองจากข้อมูล MODIS ในประเทศไทย**
  อรดี พิลาโฮม และ วิสาวรรณ์ คำหาญ
- **การศึกษาอุณหภูมิพื้นผิวของดาวฤกษ์ในกระจุกดาวเปิด M34**
  ชาวียะห์ สาเหาะ อานีต๊ะ แมหรา ณาซูลา มะนา รุสมาดี สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์
- **การสร้างแบบจำลองของระบบดาวคู่อุปราคา VZ Psc ด้วยโปรแกรม PHOEBE**
  ซูไฮนี แวกาจิ นูรีฮัน เปาะอีแต๊ะ สีตีรอกีเยาะห์ บาระตายะ รุสมาดี สะบูดิง และ สมกรณ์ ชัยวรากรณ์
- **การสังเคราะห์ดินนาสำหรับการผลิตเครื่องปั้นดินเผา**
  อนิรุทธิ์ รักสุจริต
- **การศึกษากระบวนการหมักแบบต่อเนื่องเพื่อเพิ่มผลผลิตของเอ็กโซโพลีแซคคาไรด์ แลกโทส และกาแลกโทส โดยใช้ Lactobacillus sp เป็นหัวเชื้อเริ่มต้น**
  อดุลย์สมาน สุขแก้ว