

SsSci^{2nd conference}2019

การประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2
“วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”

The 2nd Suan Sunandha National and International Academic
Conference on Science and Technology (SsSci 2019)

“Science, Technology and Innovation
for Sustainable Development”

วันศุกร์ที่ 8 พฤศจิกายน 2562
8th November 2019

ณ โรงแรมเดอะรอยัลริเวอร์ กรุงเทพมหานคร
The Royal River Hotel, Bangkok, Thailand

ความเป็นมาของการประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 “วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน”

หลักการและเหตุผล

มหาวิทยาลัยราชภัฏเน้นการผลิตบัณฑิตที่มีคุณภาพเป็นเลิศโดยกระบวนการจัดการเรียนการสอนเพื่อการพัฒนาชุมชนและท้องถิ่นให้มีความเข้มแข็ง และยั่งยืน ตามยุทธศาสตร์ใหม่มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่นตามพระบรมราโชบายของพระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวรัชการที่ 10 และแผนยุทธศาสตร์ระยะ 20 ปี (พ.ศ. 2560 – 2579) โดยมีการขับเคลื่อนงานวิจัย สร้างความรู้และนวัตกรรมให้มีคุณภาพและได้มาตรฐานสากล ให้บริการทางวิชาการ ถ่ายทอดเทคโนโลยี น้อมนำแนวพระราชดำริ สร้างเครือข่ายและความร่วมมือกับภาคประชาชน ชุมชน ท้องถิ่น และผู้ประกอบการในการจัดการศึกษาสู่การเปลี่ยนแปลง และการพัฒนาก้าวหน้า อย่างต่อเนื่องและยั่งยืน ทัดเทียมกับนานาชาติอารยประเทศ ประกอบกับประเทศไทยมีนโยบายการพัฒนาเศรษฐกิจของประเทศที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม (Thailand 4.0) โดยมีแนวคิดหลักคือ เปลี่ยนจากการขับเคลื่อนประเทศด้วยภาคอุตสาหกรรมไปสู่การขับเคลื่อนด้วยเทคโนโลยี การพัฒนาวิชาการ ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์เทคโนโลยี การวิจัยและพัฒนาแล้วต่อยอดสู่เทคโนโลยีอุตสาหกรรมในหลายกลุ่มเป้าหมาย เช่น กลุ่มอาหาร เกษตร และเทคโนโลยีชีวภาพ กลุ่มสาธารณสุข สุขภาพ และเทคโนโลยีทางการแพทย์ กลุ่มดิจิทัล เทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตที่เชื่อมต่อและบังคับอุปกรณ์ต่าง ๆ ปัญญาประดิษฐ์และเทคโนโลยีสมองกลฝังตัว รวมทั้งกลุ่มอุตสาหกรรมสร้างสรรค์ วัฒนธรรม และบริการที่มีมูลค่าสูง

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา ตระหนักถึงความสำคัญของการศึกษาวิจัยและพัฒนา เพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ การพัฒนาการเรียนการสอน และการวิจัยประยุกต์ บนพื้นฐานการใช้ประโยชน์จากทรัพยากรของประเทศอย่างมีประสิทธิภาพ ได้ส่งเสริมและสนับสนุนการสร้างงานวิจัย และสร้างความร่วมมือทางวิชาการของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษาในประเทศ และเครือข่ายมหาวิทยาลัยที่ทำข้อตกลงทางวิชาการ (MoU) ในต่างประเทศ รวมทั้งหน่วยงานเครือข่ายทั้งภาครัฐและเอกชน เพื่อให้ผลิตงานวิจัยที่มีคุณค่าต่อสังคม รวมทั้งส่งเสริมให้เกิดการเผยแพร่ผลงานวิจัยที่มีประโยชน์สู่สาธารณะ เพื่อก่อให้เกิดการนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ด้านวิชาการ และการพัฒนา การต่อยอดสู่การใช้ประโยชน์เชิงพาณิชย์หรืออุตสาหกรรม นำไปสู่เป้าหมายเพื่อการพัฒนาได้อย่างยั่งยืน

จากความสำคัญดังกล่าว ทางคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงได้จัดทำโครงการประชุมสวนสุนันทาวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 2 “วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เพื่อการพัฒนาอย่างยั่งยืน” ขึ้น เพื่อเป็นเวทีในการแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความรู้ของนักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชนทั้งในและต่างประเทศ ในสาขาวิชาต่าง ๆ จำนวน 8 กลุ่มสาระ ได้แก่

- 1) คอมพิวเตอร์ และเทคโนโลยีสารสนเทศ
- 2) คณิตศาสตร์ และสถิติ
- 3) ฟิสิกส์ และพลังงาน
- 4) เคมี และนิติวิทยาศาสตร์

- 5) ชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ และจุลชีววิทยา
- 6) วิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม
- 7) วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร และคหกรรมศาสตร์
- 8) วิทยาศาสตร์การกีฬา และสุขภาพ

วัตถุประสงค์ของการประชุมสนันทาวิชาการ

1. เพื่อเป็นเวทีในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ
2. เพื่อส่งเสริมให้นักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน ตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัยและการเผยแพร่ผลงานวิจัยในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
3. เพื่อตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับการประชุมสนันทาวิชาการ

1. เป็นเวทีในการเผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ
2. ส่งเสริมให้นักศึกษา คณาจารย์ นักวิจัย และนักวิชาการจากสถาบันอุดมศึกษา รวมทั้งหน่วยงานที่สนใจทั้งภาครัฐและเอกชน ตระหนักถึงความสำคัญของงานวิจัยและการเผยแพร่ผลงานวิจัย ในการประชุมวิชาการระดับชาติและนานาชาติ
3. การตีพิมพ์เผยแพร่ผลงานวิจัยและผลงานสร้างสรรค์ในระดับชาติและนานาชาติ



Conference Background

The 2nd Suan Sunandha National and International Academic Conference on Science and Technology (SsSci2019) “Science, Technology and Innovation for Sustainable Development”



The 2nd Suan Sunandha National and International Academic Conference on Science and Technology, entitled "Science, Technology and Innovation for Sustainable Development" is the prestigious event organizes by Faculty of Science and Technology, SSRU, to provide an excellent platform for the national and international academicians, researchers, industrial participants and students to share their findings and establish collaborations with each other's and experts. The conference will be held in Bangkok, Thailand on 8th November 2019.

The key intention of this conference is to provide opportunity for the national and international participants to share their ideas and experiences. In addition this conference will help the delegates and participants to establish research or business relations and future collaborations in their career path nationally and internationally. We hope the outcome will lead the major impact on updating the knowledge and research base scopes of conference's eight major topics.

This Conference is sponsored and organized by Faculty of Science and Technology, Suan Sunandha Rajabhat University. The conference would offer a large number of invited lectures and presentations from distinguished speakers. The best paper awards will be given for the papers judged to make the most significant contribution to the conference.

This conference provides respectable platform and decent opportunity for participants to exchange knowledge, share experiences and develop connections with faculty members, researchers from academia, industry, government and students. The conference includes eight major research areas:

1. Computer Science and Information Technology
2. Mathematics and Statistics
3. Physics and Energy
4. Chemistry and Forensic Science
5. Biology, Biotechnology, and Microbiology
6. Environmental Science and Technology
7. Food Science and Technology, and Home Economics
8. Sports and Health Science

เจ้าภาพร่วม และผู้สนับสนุน Conference Co-hosts and Supporters

สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา
Office of the Higher Education Commission

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ
National Research council of Thailand

Faculty of Science
University of Hradec Kralove (Czech Republic)

Okayama University (Japan)

Ho Chi Minh City Open University
(Vietnam)

Kazan Federal University
(Russian Federation)

Chia Nan University of Pharmacy and Science
(Taiwan)

มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University

มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช
Nakhon Si Thammarat Rajabhat University

มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
Lampang Rajabhat University

มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม
Rajabhat Mahasarakham University

มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร
Sakonnakhon Rajabhat University

มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University

มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University



**Kazan Federal
UNIVERSITY**



Faculty of Science and Technology
Chiang Mai Rajabhat University





SsSci^{2nd conference}2019

เจ้าภาพร่วม และผู้สนับสนุน Conference Co-hosts and Supporters

มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhonratchasima Rajabhat University



มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี
Phetchaburi Rajabhat University



บริษัท อาไลติส เยน่า ฟารีอีสต์ (ประเทศไทย) จำกัด
Analytik Jena Far East (Thailand) Ltd.



บริษัท ฮิสโตเซนเตอร์ จำกัด
Histocenter Co.,Ltd (Thailand)
บริษัท สิทธิพรแอสโซซิเอต จำกัด
Sithiphorn Associates Co.,Ltd.



บริษัท วนาไซเอนซ์ จำกัด
Vana Science Co.,Ltd.



บริษัท ยูไนเต็ด แอนนาลิส แอนท์ เอนจิเนียริง
คอนซัลแตนท์ จำกัด
United Analyst and Engineering Consultant Co., Ltd.



บริษัท เมอร์ค จำกัด
Merck Ltd.



บริษัท ซายน์ สเปค จำกัด
Scispec Co., Ltd.



บริษัท เพอร์กิน เอลเมอร์ จำกัด
PerkinElmer Co., Ltd.



คณะกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิพิจารณาและกลั่นกรองบทความ Conference Committee



กลุ่มคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ

- 1 รองศาสตราจารย์ ดร.พยุ่ง มีสัจ
Assoc. Prof. Dr. Phayung Meesad
- 2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.มณเฑียร รัตนศิริวงศ์วุฒิ
Asst. Prof. Dr. Montean Rattanasiriwongwut
- 3 รองศาสตราจารย์ ดร.พรฤดี เนติโสภาคกุล
Assoc. Prof. Dr. Ponrudee Netisopakul
- 4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชฎิภัคค์ เขมวิมุตติวงศ์
Asst. Prof. Dr. Chutipuk Kemwimoottiwong
- 5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รมชัย ชื่นธวัช
Asst. Prof. Dr. Ronnachai Chuentawat
- 6 อาจารย์ ดร.นพดล ผู้มีจรรยา
Dr. Noppadon Phumeechaya
- 7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิจิตรา จอมศรี
Assist. Prof. Dr. Pijitra Jomsri

- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
King Mongkut's University of Technology North Bangkok
- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
Nakhon Pathom Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University

กลุ่มคณิตศาสตร์ สถิติ

- 1 รองศาสตราจารย์ ดร.ฉัฐไชย ลีนาวงศ์
Assoc. Prof. Dr. Chartchai Leenawong
- 2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วิโรจน์ ดีกัจจะ
Asst. Prof. Dr. Wirot Tikjha
- 3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุรพา สิงหา
Asst. Prof. Dr. Boorapa Singha
- 4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บงกช นิมตระกูล
Asst. Prof. Dr. Bongkoch Nimtrakul
- 5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ณพัทธ์ โสภีพันธ์
Asst. Prof. Dr. Nop Sopipan

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
- มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University

กลุ่มฟิสิกส์ พลังงาน

- 1 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นฤปดี ศรีสังข์
Asst. Prof. Dr. Naruebodee Srisang
- 2 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวรรณ ทงมี
Asst. Prof. Dr. Navavan Thongmee
- 3 อาจารย์ ดร. ชเนษฎ์ วิชาศิลป์
Dr. Chanade Wichasilp
- 4 อาจารย์ ดร.ปกรณ์ ปรีชาบุรณะ
Dr. Pakorn Preechaburana
- 5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กันตพัฒน์ กิตติอัครวาลย์
Asst. Prof. Dr. Kanthapat Kitti-atchawan
- 6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมฤทัย งามะพัฒน์
Asst. Prof. Dr. Kheamrutai Thamaphat
- 7 รองศาสตราจารย์ ดร.ณรงค์ สังวรนันท์
Assoc. Prof. Dr. Narong Sangwanatee
- 8 รองศาสตราจารย์ ดร.อมรา อธิพงษ์
Assoc. Prof. Dr. Ammara Ittipongse

- สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang
- มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
Thammasat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
King Mongkut's University of Technology Thonburi
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University
- มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University



กลุ่มเคมี นิติวิทยาศาสตร์

- | | |
|--|--|
| 1 ศาสตราจารย์ พลตำรวจตรีหญิง ดร.พัชรา สินลอยมา
Prof. Pol .Maj. Gen. Patchara Sinloyma | โรงเรียนนายร้อยตำรวจ
Royal Police Cadet Academy |
| 2 รองศาสตราจารย์ พันตำรวจเอก วรัชช์ วิชชุวานิชย์
Assoc. Prof. Pol. Col. Witchuvanit Witchuvanit | โรงเรียนนายร้อยตำรวจ
Royal Police Cadet Academy |
| 3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิพรรณ จันทร์มณี
Asst. Prof. Dr. Rapiphun Janmanee | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิตา ทองพร้อม
Asst. Prof. Dr. Saithan Thongphrom | มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Phuket Rajabhat University |
| 5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สราวุธ สมนาม
Asst. Prof. Dr. Sarawut Somnam | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วัลลิกา สุขสำราญ
Asst. Prof. Dr. Wallika Suksomran | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University |
| 7 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธนากร เปลื้องกลาง
Asst. Prof. Dr. Thanakorn Pluangklang | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University |
| 8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วนิดา วอนสวัสดิ์
Asst. Prof. Dr. Wanida Wonsawat | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 9 อาจารย์ ดร.พลอยทราย โอฮาม่า
Dr. Ploysai Ohama | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ จุลชีววิทยา

- | | |
|--|---|
| 1 รองศาสตราจารย์ ดร.มณีนี ตัญเฒ่ามวงศ์
Assoc. Prof. Dr. Kooranee Tuitemwong | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Kasetsart University |
| 2 รองศาสตราจารย์ ดร.อัชฌาณิน จงจิตวิมล
Assoc. Prof. Dr. Touchkanin Jongjitvimol | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 3 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จิตติริน ก้อนคง
Asst. Prof. Dr. Chisiri Konkong | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 4 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กชนิภา อุดมทวี
Asst. Prof. Dr. Kotchanipha Udomthawee | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University |
| 5 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กฤษณ์ ปิ่นทอง
Asst. Prof. Dr. Krit Pinthong | มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
Surindra Rajabhat University |
| 6 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติศักดิ์ โชติเดชานรงค์
Asst. Prof. Dr. Kittisak Chotikadachanarong | มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
Chiang Mai Rajabhat University |
| 7 อาจารย์ ดร.ภกกุล สังข์สุริยะ
Dr.Pakkakul Sangsuriya | ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
National Center for Genetic Engineering and Biotechnology |
| 8 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เทียมหทัย ชูพันธ์
Asst. Prof. Dr. Thiamhathai Choopan | มหาวิทยาลัยราชภัฏนครราชสีมา
Nakhon Ratchasima Rajabhat University |
| 9 อาจารย์ ดร.ไตรวิทย์ รัตนโรจน์พงศ์
Dr.Triwit Rattanarojpong | มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี
King Mongkut's University of Technology Thonburi |
| 10 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. อมรพันธ์ อัจจิมาพร
Asst. Prof. Dr. Amornpan Ajjimaporn | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 11 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จันทนา กาญจน์กมล
Asst. Prof. Dr. Chantana Kankamol | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 12 ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปิยะดา อาชายุทธการ
Asst. Prof. Dr. Piyada Achayuthakan | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 13 อาจารย์ ดร.วัฒนา พันธุ์พืช
Dr.Wattana Panphut | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 14 Dr. Mohammad Bagher Javadi Nobandegani | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 15 Dr. Ha Thanh Dong | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |



กลุ่มวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี

- | | | |
|----|---|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.สุเทพ ศิลพานันท์กุล
Assoc. Prof. Dr. Suthep Silapanuntakul | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 2 | รองศาสตราจารย์ ดร.เบญจภรณ์ ประภักดี
Assoc. Prof. Dr. Benjaphorn Prapagdee | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชาญวิทย์ โฆษิตานนท์
Asst. Prof. Dr. Charnwit Kositanont | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เสาวนีย์ วิจิตรโกสุม
Asst. Prof. Dr. Saowanee Wijitkosum | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University |
| 5 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธันวดี ศรีธาวีรัตน์
Asst. Prof. Dr. Thaunwadee Srithawirat | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 6 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เขมณิจารีย์ สาริพันธ์
Asst. Prof. Dr. Khamanijaree Saripan | มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี
Thepsatri Rajabhat University |
| 7 | รองศาสตราจารย์ ดร.ไพบุณย์ แจ่มพงษ์
Assoc. Prof. Dr. Paiboon Jeamponk | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 8 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานัติ ต๊ะปิ่นตา
Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 9 | รองศาสตราจารย์ ศิวพันธุ์ ชูอินทร์
Assoc. Prof. Sivapan Choo-In | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 10 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนาวลัย อุทาสกุล
Asst. Prof. Dr. Tatsanawalai Utarasakul | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร วิศวกรรมศาสตร์

- | | | |
|---|---|---|
| 1 | รองศาสตราจารย์ ดร.ชื่นจิตต์ บุญเกิด
Assoc. Prof. Dr. Chuenchit Boonchird | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 2 | รองศาสตราจารย์ ดร.ทัศนีย์ ลิ้มสุวรรณ
Assoc. Prof. Dr. Tasanee Limsuwan | มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
Kasetsart University |
| 3 | รองศาสตราจารย์ ดร.คงศักดิ์ ศรีแก้ว
Assoc. Prof. Dr. Khongsak Srikaeo | มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
Pibulsongkram Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ธีรินทร์ ฉายศิริโชติ
Asst. Prof. Dr. Teerin Chysirichote | สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang |
| 5 | อาจารย์ ดร.ธนิดา ชั่วเจริญ
Dr. Thanida Chuacharoen | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กลุ่มวิทยาศาสตร์การกีฬา วิทยาศาสตร์สุขภาพ

- | | | |
|---|--|---|
| 1 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วันิดา หลายวัฒนไพศาล
Asst. Prof. Dr. Wanida LAIWATTANAPAI SAN | จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University |
| 2 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมจินตนา ท้วทิพย์
Asst. Prof. Dr. Somjintana Toutip | มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
Mahasarakham University |
| 3 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชยานิต ลือวานิช
Asst. Prof. Dr. Chayanit Luevanich | มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต
Phuket Rajabhat University |
| 4 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อมรพันธ์ อัจจิมาพร
Asst. Prof. Dr. Amornpan Ajjimaporn | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |
| 5 | อาจารย์อัมพิกา นันทปัญญา
Ampika Nanbancha | มหาวิทยาลัยมหิดล
Mahidol University |

Editorial Board

- | | | |
|---|---|--|
| 1 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อานัติ ต๊ะปิ่นตา
Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 2 | Prof. Dr. Hongjoo Kim | Kyungpook National University, Korea |
| 3 | Prof. Dr.-Ing. Mitra Djamel | Institut Teknologi Bandung, Indonesia |
| 4 | Assoc. Prof. Dr. Nguyen Hieu Trung | Can Tho University, Vietnam |



- | | | |
|----|--------------------------------|--|
| 5 | Prof. Dr. Subhash C. Pandey | Journal of Environmental Research and Development (JERAD), India |
| 6 | Prof. Emeritus Manit Rappon | Lakehead University, Canada |
| 7 | Assoc. Prof. Dr. Thanh Son Dao | Vietnam National University, Vietnam |
| 8 | Dr. Soo Rin Kim | Kyungpook National University, Korea |
| 9 | Dr. Vinh Truong Hoang | Ho Chi Minh City Open University, Vietnam |
| 10 | Dr. Wong Tze Jin | Universiti Putra Malaysia Bintulu Campus, Malaysia |
| 11 | Dr. Stephen Raymond Morley | Leicester Royal Infirmary, England |

Editorial Managers

- | | | |
|----|---|--|
| 1 | ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปิ่นตา
Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 2 | ดร.วัฒนา พันธุ์พีช
Dr. Wattana Panphut | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 3 | ผศ.ดร.ทัศนาวลัย อุทารสกุล
Asst. Prof. Dr. Tatsanawalai Utarasakul | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 4 | ผศ.ดร.พิจิตรา จอมศรี
Asst. Prof. Dr. Pijitra Jomsri | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 5 | ดร.นิช วงศ์สงจำ
Dr. Nich Wongsongja | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 6 | ดร.มนัสวี เดชกล้า
Dr. Manussawee Dechkla | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 7 | ดร.ธนิดา ฉั่วเจริญ
Dr. Thanida Chuacharoen | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 8 | ดร.คันสนีย์ แสนศิริพันธ์
Dr. Sansanee Sansiribhan | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 9 | ดร.ชูเกียรติ ผุดพรมราช
Dr. Chookait Pudprommarat | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 10 | ดร.พลอยทราย โอฮามา
Dr. Ploysai Ohama | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |
| 11 | ดร.สุริยัน สมพงษ์
Dr. Suriyan Sompong | มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
Suan Sunandha Rajabhat University |

กำหนดการการประชุมสวนสุนันทาวิชาการฯ



08.00 - 09.00 น.	ลงทะเบียน ณ บริเวณด้านหน้าห้องประชุมกรุงธนบอลล์รูม ชั้น 3
09.00 - 09.15 น.	กล่าวรายงานการประชุม โดย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อาณัติ ต๊ะปิ่นตา คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
09.15 - 09.30 น.	กล่าวเปิดการประชุม โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฤเดช เกิดวิชัย อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
09.30 - 10.00 น.	- พิธีมอบของที่ระลึกแก่เจ้าภาพร่วมและถ่ายภาพร่วมกัน - พิธีมอบรางวัลบทความวิจัยดีเด่น จำนวน 3 รางวัล โดย รองศาสตราจารย์ ดร.ฤเดช เกิดวิชัย อธิการบดีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
10.00 - 10.30 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง “Recent Technology Breakthroughs in the Control of Iron Deficiency Anemia” โดย Prof.Dr.Michael Bruce Zimmermann Zurich Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Switzerland
10.30 - 11.00 น.	บรรยายพิเศษ เรื่อง “Universities Facing Severe Challenges of Fewer Children Trend and International Competition” โดย Prof.Dr.Chih-Hsiang Liao Vice President of Chia Nan University of Pharmacy and Science, Taiwan
11.00 - 11.15 น.	รับประทานอาหารว่าง ณ ด้านหน้าห้องประชุมภาณุรังษีบอลล์รูม ชั้น 1
11.00 - 12.15 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคโปสเตอร์ ณ ด้านหน้าห้องประชุมภาณุรังษีบอลล์รูม ชั้น 1
11.15 - 12.15 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุม ชั้น 1, 2 และ 3
ห้องภาณุรังษี เอ	ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 1)
ห้องภาณุรังษี ซี	ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 2)
ห้องบงกชรัตน์ เอ	ชั้น 2 กลุ่มสาขาฟิสิกส์และพลังงาน
ห้องบงกชรัตน์ บี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ห้องบงกชรัตน์ ซี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาเคมีและนิติวิทยาศาสตร์
ห้องบุษบงกช เอ	ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี
ห้องบุษบงกช บี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ และจุลชีววิทยา
ห้องกรุงธนบอลล์รูม	ชั้น 3 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและคหกรรมศาสตร์
12.15 - 13.15 น.	รับประทานอาหารกลางวัน ณ ห้องอาหารริมน้ำ ชั้น 1

13.15 – 15.30 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคโปสเตอร์ ณ ด้านหน้าห้องประชุมภาณรังษีบอลล์รูม ชั้น 1 (ต่อ) พร้อมมอบวุฒิบัตรการนำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคโปสเตอร์
13.15 – 14.45 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุมชั้น 1, 2 และ 3 (ต่อ)
ห้องภาณรังษี เอ	ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 1)
ห้องภาณรังษี ซี	ชั้น 1 กลุ่มสาขาคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยีสารสนเทศ (กลุ่มย่อยที่ 2)
ห้องบงกชรัตน์ เอ	ชั้น 2 กลุ่มสาขาฟิสิกส์และพลังงาน
ห้องบงกชรัตน์ บี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและวิทยาศาสตร์สุขภาพ
ห้องบงกชรัตน์ ซี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาคณิตศาสตร์และสถิติ
ห้องบุษบงกช เอ	ชั้น 2 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและเทคโนโลยี
ห้องบุษบงกช บี	ชั้น 2 กลุ่มสาขาชีววิทยา เทคโนโลยีชีวภาพ และจุลชีววิทยา
ห้องกรุงธนบอลล์รูม	ชั้น 3 กลุ่มสาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหารและคหกรรมศาสตร์
14.45 – 15.00 น.	รับประทานอาหารว่าง ณ ด้านหน้าห้องประชุมกลุ่มย่อย ชั้น 1, 2 และ 3
15.00 – 17.00 น.	นำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุม 1, 2 และ 3 (ต่อ) พร้อมมอบวุฒิบัตรการนำเสนอผลงานวิจัยแบบภาคบรรยาย ณ ห้องประชุมกลุ่มย่อย

Conference Schedule

08.00 - 09.00	Registration (Krungthon Ballroom, 3 rd floor front area)
09.00 - 09.15	Giving a briefing of the conference Asst. Prof. Dr. Anat Thapinta Dean of Faculty of Science and Technology
09.15 - 09.30	SsSCI 2019 Opening ceremony Associate Professor Dr. Luedech Girdwichai President of Suan Sunandha Rajabhat University
09.30 - 10.00	Presenting a token of appreciation to the distinguished co-hosts and taking a group photo Presenting three awards for outstanding Associate Professor Dr. Luedech Girdwichai President of Suan Sunandha Rajabhat University
10.00 - 10.30	Keynote Speech “Recent Technology Breakthroughs in the Control of Iron Deficiency Anemia” Professor Dr. Michael Bruce Zimmermann Zurich Swiss Federal Institute of Technology (ETH), Switzerland
10.30 - 11.00	Keynote Speech “Universities Facing Severe Challenges of Fewer Children Trend and International Competition” Professor Dr. Chih-Hsiang Liao Vice President of Chia Nan University of Pharmacy and Science, Taiwan
11.00 - 11.15	Refreshment Breaks at Phanurandsi Ballroom, 1st floor front area
11.00 - 12.15	Poster presentation session (Phanurangsai Ballroom, 1st floor front area)
11.15 - 12.15	Oral presentation session (meeting room 1st, 2nd and 3rd floor)
Phanurangsai Room A, 1 st floor	Computer Science and Information Technology (Group 1)
Phanurangsai Room C, 1 st floor	Computer Science and Information Technology (Group 2)
Bongkotrat Room A, 2 nd floor	Physics and Energy
Bongkotrat Room B, 2 nd floor	Sports and Health Science
Bongkotrat Room C, 2 nd floor	Chemistry and Forensic Science
Busabongkot Room A, 2 nd floor	Environmental Science & Technology

Busabongkot Room B, 2 nd floor	Biology, Biotechnology and Microbiology
Krungthon Ballroom, 3 rd floor	Food Science & Technology and Home Economics

12.15 – 13.15 Lunch at Rim Nam Terrace, 1st floor

13.15 – 15.30 **Poster presentation session (Phanurangsi Ballroom, 1st floor front area) (cont.)**
Presenting poster presentation certificates at the presentation area

13.15 – 14.45 **Oral presentation session (Meeting room 1st, 2nd and 3rd floor) (cont.)**

Phanurangsi Room A, 1 st floor	Computer Science and Information Technology (Group 1)
Phanurangsi Room C, 1 st floor	Computer Science and Information Technology (Group 2)
Bongkotrat Room A, 2 nd floor	Physics and Energy
Bongkotrat Room B, 2 nd floor	Sports and Health Science
Bongkotrat Room C, 2 nd floor	Chemistry and Forensic Science
Busabongkot Room A, 2 nd floor	Environmental Science & Technology
Busabongkot Room B, 2 nd floor	Biology, Biotechnology and Microbiology
Krungthon Ballroom, 3 rd floor	Food Science & Technology and Home Economics

14.45 – 15.00 **Refreshment Breaks at front area of each meeting room (1st, 2nd and 3rd floor)**

15.00 – 17.00 **Oral presentation session (Meeting room 1st, 2nd and 3rd floor) (cont.)**

Presenting oral presentation certificates at the presentation rooms

Oral Presentation

Conference Sessions: Computer Science and Information Technology (Group 1)

Phanurangsi Room A, 1st floor (ห้องภาณูรังษี เอ ชั้น 1)

		Chairperson	Co-Chairperson			
		Dr.Vinh Truong Hoang Vice-Dean, Faculty of Information Technology Ho Chi Minh City Open University ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรสิทธิ์ ชูชัยวัฒนา คณบดีวิทยาลัยครีเอทีฟดีไซน์แอนด์ เอ็นเตอร์ เทนเมนต์เทคโนโลยี มหาวิทยาลัยธุรกิจบัณฑิต	อาจารย์ ดร.กิตติคุณ มีทองจันทร์ หัวหน้าภาควิชาวิทยาศาสตร์ประยุกต์คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา			
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_CS_4 SSSCI2019_O_121	Way Sokhom	Mahidol University	Development of Innovative Media for Communication Sangha in Phra Nakhon, Bangkok, Thailand	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_CS_8 SSSCI2019_O_56	กรรณิการ์ กมลรัตน์ Kannikar Kamolrat	Sakon Nakhon Rajabhat University	Application Development for Pon-Yang- Kham Fattened Cattle in Sakon Nakhon Province on Android Operating System	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_CS_1 SSSCI2019_O_4	รุจิจันทร์ วิชวานิเวศน์ Rujijan Vichivanives	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การพัฒนาต้นแบบสมาร์ตฟาร์มการปลูกดอกมะลิ ด้วยอินเทอร์เน็ตของทุกสรรพสิ่ง	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_CS_6 SSSCI2019_O_44	จีระศักดิ์ น้าประดิษฐ์ Jeerasak Numpradit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	การบำบัดทางเลือกสำหรับโรคกลัวความสูงโดยใช้ ระบบความจริงเสมือน	National
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor				
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_CS_9 SSSCI2019_O_71	ลูกหนู อู่ทอง Looknu Authong	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การนำเทคโนโลยีอินเทอร์เน็ตออฟติงค์มา ประยุกต์ใช้งาน	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_CS_10 SSSCI2019_O_80	ชัชชนันท์ น้าวัน Chatchanun Namwon	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การวิเคราะห์พื้นที่ที่เหมาะสมในการตั้งโรงงาน อุตสาหกรรมชีวมวลอัดแท่งในจังหวัดพิษณุโลก	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_CS_11 SSSCI2019_O_85	ศราวุธ พาจรทิต Sarawut Pajonetid	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	โมบายแอปพลิเคชันสำหรับรู้จำสมุนไพรรบน ระบบปฏิบัติการแอนดรอยด์ โดยใช้ไลบรารีของเทน เซอร์โฟร	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_CS_12 SSSCI2019_O_91	ประภาภรณ์ นพภาลัย Praphaporn Nopparai	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	การประยุกต์กระบวนการออกแบบประสบการณ์ ผู้ใช้ในการพัฒนาเว็บไซต์พาณิชย์อิเล็กทรอนิกส์ สำหรับผู้ประกอบการที่ไม่เชี่ยวชาญเทคโนโลยี	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_CS_13 SSSCI2019_O_93	ธนาวุฒิ ฐปฐูชา Thanawut Thoopucha	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การป้องกันและตรวจจับการรั่วไหลของน้ำภายใน บ้านผ่านระบบควบคุมการไหลของน้ำด้วยอุปกรณ์ เคลื่อนที่	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_CS_14 SSSCI2019_O_95	ศุภชัย พรหมประเสริฐ Supachai Promprasoet	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	ระบบควบคุมการเปิดปิดคอมพิวเตอร์ทางไกลผ่าน อุปกรณ์เคลื่อนที่	National
14.45-15.00				Refreshment Break		
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_CS_15 SSSCI2019_O_99	อุบลศิลป์ โพธิ์พรม Ubonsilp Phoprom	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	การพัฒนาแอปพลิเคชันเพื่อสนับสนุนงานบริการ ด้วยมาตรฐานด้านเทคโนโลยีสารสนเทศ	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_CS_16 SSSCI2019_O_83	พิสิษฐ์ แม้นวงศ์เดือนPisit Manwongdeon	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าพระนครเหนือ	การเพิ่มประสิทธิภาพการบริหารจัดการคลังสินค้า กรณีศึกษาบริษัทผู้ผลิตและจำหน่ายชิ้นส่วน อะไหล่เครื่องจักรกลการเกษตร	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_CS_17 SSSCI2019_O_117	มนีรัตน์ ภารนนท์ Maneerat Paranan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราช มงคลตะวันออก วิทยาเขต จักรพงษ์ภูวนารถ	การพัฒนาเว็บปัญญาประดิษฐ์เพื่อการเทียบโอน หน่วยกิตส่งเสริมการเรียนรู้ตลอดชีวิต	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_CS_18 SSSCI2019_O_120	อุบลศิลป์ โพธิ์พรม Ubonsilp Phoprom	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	การพัฒนาระบบการบริการตอบคำถามอัตโนมัติ โดยเทคโนโลยี โลว์ บอท (LINE BOT) ของ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_CS_38 SSSCI2019_O_235	ปานจิต มุสิก	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช	การพัฒนาระบบควบคุมอุณหภูมิและความชื้นใน โรงเรือนปลูกพืชจำลอง	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Computer Science and Information Technology (Group 2)

Phanurangsi Room C, 1st floor (ห้องภาณูรังษี ซี ชั้น 1)

Chairperson			Co-Chairperson			
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมศักดิ์ ศรีสุวรรณ คณบดีคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพ			อาจารย์ ดร.นพดล ผู้มีจรรยา สาขาวิชาคอมพิวเตอร์ศึกษา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม			
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_CS_24 SSSCI2019_O_152	พฤกษนันท์ คำลาพิศ Pruksanan Kamlapit	มหาวิทยาลัยพะเยา	การวิเคราะห์และพยากรณ์ช่องทางการจำหน่าย สินค้าในธุรกิจอีคอมเมิร์ซ	National
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_CS_25 SSSCI2019_O_156	รัชดาพร คณาวงษ์ Ratchadaporn Kanawong,	มหาวิทยาลัยศิลปากร	Ginrai-Bot for Ordering and Recommending Healthy Food Online Application	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_CS_26 SSSCI2019_O_158	สุทธิษา กันจู Suttisa Kunju	มหาวิทยาลัยพะเยา	การพัฒนาการส่งเสริมการขายเครื่องสำอางบน เฟสบุ๊ก กรณีศึกษาร้าน เอ็ม แอนด์ แพร์	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_CS_28 SSSCI2019_O_162	Chaiyapan Charoensuk	มหาวิทยาลัย ราชภัฏพระนคร	แอปพลิเคชันช่วยแจ้งเตือน การรับประทานยา	National
12.15-13.15			Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor			
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_CS_29 SSSCI2019_O_163	สุมิตร นวลมีศรี Sumitra Nuanmeesri	Suan Sunandha Rajabhat University	การพัฒนาเว็บไซต์และเว็บแอปพลิเคชันด้วยบูทส แตร์ป กรณีศึกษา นักศึกษาสาขาวิชาเทคโนโลยี สารสนเทศ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_CS_31 SSSCI2019_O_181	ทนาลักษณ์ ปรานีคุณากร Thanaluk Pranekunakol	Burapha University	การคัดกรองข้อมูลสำหรับระบบเซนเซอร์ไร้สาย ขนาดใหญ่โดย STackSTorm	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_CS_32 SSSCI2019_O_202	กิตติพัฒน์ ปันพัก Kttipat Panfak	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลสุวรรณภูมิ	การออกแบบ FTP เพื่อใช้ในการรับส่งไฟล์ระหว่าง Client และ Server	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_CS_35 SSSCI2019_O_214	ปรีดาวรรณ เกษเมธีการุณ Preedawon Kadmateekarun	Suan Sunandha Rajabhat University	การพัฒนาแอปพลิเคชันระบบจัดการรดน้ำ อัตโนมัติ	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_CS_36 SSSCI2019_O_221	กาญจนา ขัฒิทะจักร์ Kanchana Kanthachak	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	การส่งเสริมการอนุรักษ์ภูมิปัญญาท้องถิ่นด้านการ เพาะเลี้ยงกุ้งโดยใช้เทคโนโลยีทางคอมพิวเตอร์	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_CS_21 SSSCI2019_O_130	จักรกฤษ เจนโรสง Jakapat Janethaisong	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การจัดการความปลอดภัยของดีเอ็นเอ	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_CS_39 SSSCI2019_O_250	ประชุม พันออก	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	พัฒนาระบบการจัดการห้องประชุมออนไลน์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราช ภัฏเพชรบุรี	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_CS_23 SSSCI2019_O_150	บพิตร ไชยนอก Bopit Chainok	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม	ระบบตรวจวัดสภาพอากาศที่มีผลต่อคุณภาพน้ำใน บ่อเลี้ยงกุ้งขาว	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_CS_20 SSSCI2019_O_123	วุฒิชัย นาคเพียทา Voottichai Nakpeata	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การนำโครงข่ายเฉพาะกิจมาประยุกต์ใช้งาน	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_CS_19 SSSCI2019_O_122	พัทธนันท์ นาคยศ Pattanan Nakyos	Rajamangala University of Technology Suvarnabhumi	การนำโปรโตคอลมาใช้หาเส้นทางบนเครือข่ายไร้สาย	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_CS_5 SSSCI2019_P_42	ชัชชฎา โพธิ์ลักษณ์ Chatchuda Potiluck	Mahidol University	ระบบสารสนเทศควบคุมการประมวลผลการศึกษา กรณีศึกษาวิทยาลัยการจัดการ มหาวิทยาลัยมหิดล	National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_CS_7 SSSCI2019_P_45	อุไรวรรณ รักภักวงศ์ Uraiwn Ruxpakawong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การสร้างแบบทดสอบคำสั่งสืบค้นข้อมูล และตรวจ คำตอบ โดยอัตโนมัติ	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Chemistry and Forensic Science

Bongkotrat Room C, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ ซี ชั้น 2)

Chairperson		Co-Chairperson				
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พูนศิริ ทิพย์เนตร คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี		อาจารย์ ดร.พลอยทราย โอฮามา สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา				
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_CH_7 SSSCI2019_O_160	Pornpan Tana	Maha Sarakham Rajabhat University	The preparation of hybrid material of cobalt complex into mesoporous silica from the rice husk	International
2.	11.30-11.45	SSSCI2019_CH_11 SSSCI2019_O_182	Pasakorn Sangnikul	Maha Sarakham Rajabhat University	DFT investigation of toluene adsorption on silicon carbide nanosheet doping with transition metal for sensing application	International
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_CH_19 SSSCI2019_O_604	Jitlada Chumee	Suan Sunandha Rajabhat University	The Effect of Viscosity-imparting Agent on Textural Properties of Toddy Palm Syrup	International
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_CH_3 SSSCI2019_O_76	ดุสิตพร ศรีลักษณ์ Dusitporn Srilak	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	อิทธิพลของสารตัวเติมต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์ม ยางธรรมชาติโปรตีนตำผสมลิกนิน	National
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor				
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_CH_6 SSSCI2019_O_140	ชุตินา ศิลาณีเวช Chutima Silamaneewet	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	ผลของการปรับสภาพขานอ้อยด้วยต่างที่มีต่อการ เพิ่มผลผลิตน้ำตาลและองค์ประกอบทางเคมี	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_CH_21 SSSCI2019_O_246	วัชรารporn ปรภาสโนบล Vacharaporn Prapasanol	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การศึกษาสารพิษจากเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ ต้านอนุมูลอิสระของจาวตาล	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_CH_22 SSSCI2019_O_243	ปัทมาพร ยอดสันติ Pattamaporn Yodsanti	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การประเมินศักยภาพการเก็บกักคาร์บอนของต้น ตาลในจังหวัดเพชรบุรี	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_CH_20 SSSCI2019_P_147	Wilasinee Sathitdetkunchorn	Rajabhat Nakhonratchasima University	การวิเคราะห์ตะกั่ว เหล็ก และแคดเมียม ในน้ำ บาดาล โดยเทคนิคอะตอมมิก แอ็บซอร์พ ชันสเปกโทรโฟโตเมทรี	National
9	14.15-14.30	SSSCI2019_CH_14 SSSCI2019_P_199	เอกชัย อัครชะ Ekkachai Achcha	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์	การเคลือบสลายน้ำมือแฝงด้วยรีติวซ์แกรฟีน ออกไซด์บนกระจกเอฟทีโอโดยใช้การเคลือบ ไฟฟ้า	National
14.45-15.00		Refreshment Break				

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Mathematics and Statistics
Bongkotrat Room C, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ ซี ชั้น 2)

Chairperson			Co-Chairperson			
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประยัตต์ แสงงาม ภาควิชาสถิติ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร			อาจารย์ ดร.ชูเกียรติ ผุดพรมราช หัวหน้าสาขาวิชาสถิติประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา			
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
10.	14.30-14.45	SSSCI2019_MA_1 SSSCI2019_O_12	สิริพร หล้าปวงคำ Siriporn Lapouangkham	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	เงื่อนไขบางประการของฟังก์ชันการบวก	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_MA_2 SSSCI2019_O_17	เจษฎา สุจริตธุระการ Jedsada Sutjaritthurakan	มหาวิทยาลัยราชภัฏภูเก็ต	ผลของการรณรงค์การสวมหน้ากากอนามัยที่มีผล ต่อตัวแบบเชิงคณิตศาสตร์การแพร่ระบาดของโรค หัด	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_MA_3 SSSCI2019_O_77	ปณิธิ วิจิตรไกรวิน Paniti Vichitkraivin	มหาวิทยาลัยมหิดล	The Resistance Factors Affecting the Adoption of Healthcare Robots Technology in Thailand Government Hospital	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_MA_5 SSSCI2019_O_86	สิทธิกร นาคขาว Sitthikorn Nakkao	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	เอกลักษณ์เชิงฟังก์ชันของอนุพันธ์	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_MA_6 SSSCI2019_O_107	เยาวลักษณ์ ศรีเมือง Yaowaluk Srimuang	Faculty of Science, Ramkhamhang University	General Solution of the n -D Pompeiu Functional Equation	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_MA_7 SSSCI2019_O_153	ธัญญลักษณ์ เทพสุวรรณ์ Tunyaluk Thepsuwan	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่	กิจกรรมการเรียนรู้เกี่ยวกับอัตราส่วนทองบน ร่างกายมนุษย์	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_MA_8 SSSCI2019_O_171	ศศิวิมล คณทา Sasiwimon Raokhetkit Khontha	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การศึกษาความเป็นไปได้ทางเศรษฐศาสตร์ในการ ลดขั้นตอนของการเคลือบแข็งในกระบวนการผลิต เลนส์	National
17.	16.30-16.45	SSSCI2019_MA_9 SSSCI2019_O_173	Rukchart Prasertpong รักชาติ ประเสริฐพงษ์	Nakhon Sawan Rajabhat University	ไอทีลภายในรฟและควอซี-ไอทีลรฟในปฏิกิริยา ประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์พรีออ เดอร์และคอมแพทิเบิล	National
18.	16.45-17.00	SSSCI2019_MA_10 SSSCI2019_O_176	ธัญวรัตน์ ชัชรัตน์ Thanwarat Chatcharata	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์	ไป-ไอทีลรฟและไป-ไอทีลเฉพาะรฟในปฏิกิริยา ประมาณของกึ่งกลุ่มภายใต้ความสัมพันธ์พรีออ เดอร์และคอมแพทิเบิล	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Physics and Energy
Bongkotrat Room A, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ เอ ชั้น 2)

Chairperson				Co-Chairperson		
รองศาสตราจารย์ ดร.ปานจิต มุสิก คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช				รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริชัย เทพา คณะพลังงาน สิ่งแวดล้อมและวัสดุ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี		
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_PH_25 SSSCI2019_O_164	Nattapon Chantarapanich	Kasetsart Univeristy	Design and Analysis of Plastic Medical Tray for Implant Packaging	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_PH_27 SSSCI2019_O_192	Natthaphong Kamma	Khon Kaen University	A Polymeric Coating on Prelithiated Silicon-Based Nanoparticles for High Capacity Anodes used in Li-ion Batteries	International
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_PH_1 SSSCI2019_O_6	Pinyapach Tiamduangtawan	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การพัฒนาวัสดุกำบังอนุภาคนิวตรอนที่สามารถซ่อมแซมตัวเองจากวัสดุเชิงประกอบ พอลิไวนิลแอลกอฮอล์ (PVA) และซาแมเรียมออกไซด์ (Sm ₂ O ₃)	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_PH_2 SSSCI2019_O_7	กุลลิตา โกละนันท์ Kullita Kolanan	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การตรวจวิเคราะห์โลหะอะมัลกัมด้วยเทคนิคการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ และกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด	National
12.15-13.15				Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor		
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_PH_4 SSSCI2019_O_16	Wichan Lertlop	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การกำหนดปัญหาให้นักศึกษาค้นคว้าเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักศึกษาชั้นปีที่ 1 สาขาฟิสิกส์ประยุกต์ปีการศึกษา 2562	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_PH_7 SSSCI2019_O_37	อัศวิน ยอดรักษ์ Assawin Yodruk	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ	การพัฒนาเครื่องทดสอบความล้าแบบหมุนดัด Development of A Rotary-Bending Fatigue Tester	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_PH_9 SSSCI2019_O_46	อภิฤดี ตันตเวชกิช Apirudee Tentawechakit	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การประเมินศักยภาพการอนุรักษ์พลังงาน กรณีศึกษา: โรงพยาบาลของรัฐขนาดใหญ่	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_PH_10 SSSCI2019_O_47	พิศาล ปานสุข Pisan Pansook	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การประเมินความคุ้มค่าทางเศรษฐศาสตร์ ของ การผลิตไฟฟ้าด้วยกังหันลมแบบ แนวตั้ง โดยใช้ ลมทั้งจากระบบกำจัดฝุ่นในโรงงานผลิตปูนกาว ซีเมนต์	National
9.	14.15-14.30	sssci2019_PH_23 sssci2019_O_157	รัชนิกร ปันล่า atchaneekorn Punla	Maejo University	การพัฒนาเซลล์แสงอาทิตย์เพอรอฟสไกต์โดยใช้ คอปเปอร์ออกไซด์เป็นวัสดุนำโฮลแบบชั้นคู่	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_PH_29 SSSCI2019_O_136	Pich Khoem รวิภัทร ลาภเจริญสุข Ravipat Lapcharoensuk	สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง	การวิเคราะห์ความแม่นยำของเครื่องเนียร์ อินฟราเรดสเปกโตรมิเตอร์สำหรับการตรวจสอบ คุณภาพน้ำเค็ม	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_PH_30 SSSCI2019_O_155	มครินทร์ กาญจนสุด Makkaryn Kanchanasoot	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	การออกแบบและประยุกต์ใช้เซลล์ไฟฟ้าชีวภาพ จากพืช เพื่ออุปกรณ์ไฟฟ้าแรงดันต่ำ	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_PH_31 SSSCI2019_O_224	อรอนงค์ เสนาะจิต Ornanong Sanorchit	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เทพสตรี	การหาสัมประสิทธิ์การลดทอนรังสีแกมมาของ แผ่นเส้นใยชานอ้อยกับ BaSO ₄ โดยมีน้ำยารักษา เป็นตัวประสาน	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_PH_32 SSSCI2019_O_237	Petcharat Jaiboon	Sakon Nakhon Rajabhat University	Effect of drying temperature on quality of RD6 variety brown parboiled glutinous	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_PH_33 SSSCI2019_O_249	ชนษฎ์ วิชาศิลป์	มหาวิทยาลัยราชภัฏ เชียงใหม่	การเปรียบเทียบศักยภาพเซลล์ไฟฟ้าเคมีที่ใช้ หมักชีวภาพจากผลไม้	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_PH_5 SSSCI2019_O_21	บัณฑิต จิตต์สุภาพ Bantorn Chitsupap	มหาวิทยาลัยบูรพา	การควบคุมเครื่องปรับอากาศแบบท่อน้ำสารทำ ความเย็นร่วมเพื่อการประหยัดพลังงานไฟฟ้า	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Biology, Biotechnology and Microbiology

Busabongkot Room B, 2nd floor (ห้องบุษบกข บี ชั้น 2)

Chairperson				Co-Chairperson		
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปวย อุ๋นใจ ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล				อาจารย์ ดร.มณฑารพ สุธาธรรม หัวหน้าสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา		
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_BT_1 SSSCI2019_O_19	ฤทัยรัตน์ สิริวัฒนรัชต์ Ruthairat Siri Wattanarat	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	ความหลากหลายของชนิดพันธุ์ปลาน้ำจืดใน คลองแสนแสบพื้นที่กรุงเทพมหานคร	National
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_BT_2 SSSCI2019_O_28	Pornsiri Bumrungham พรศิริ บำรุงธรรม	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	การโคลน การแสดงออก และการศึกษาลักษณะ ของรีคอมบิแนนท์แมนนาเนส	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_BT_9 SSSCI2019_O_89	รพีพรรณ กองตูม Rapeepan Kongtoom	มหาวิทยาลัยราชภัฏ หมู่บ้านจอมบึง	การศึกษาสมบัติบางประการของพันธุ์พริก พื้นเมือง(พริกกะเหรี่ยง) ที่ปลูกในพื้นที่ภาค ตะวันตกของประเทศไทย	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_BT_11 SSSCI2019_O_103	Krit Phinetsathian ฤกษ์ณ พิเนตรเสถียร	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สกลนคร	ความหลากหลายทางชีวภาพของพืชให้สีย้อม จังหวัดสกลนคร	National
12.15-13.15				Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor		
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_BT_12 SSSCI2019_O_108	Araya Pranpravit อารยา ปรานประวิตร	Suratthani Rajabhat University	ความสามารถในการต้านโรคเบาหวานผ่านการ ยับยั้งการทำงานของเอนไซม์จากผักพื้นบ้าน ท้องถิ่นในเขตพื้นที่ หมู่ 9 ตำบลขุนทะเล อำเภอ เมือง จังหวัดสุราษฎร์ธานี	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_BT_20 SSSCI2019_O_141	Asro Hajiabdullah อัซรอ หะยีอับดุลเลาะ	มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์	การผลิตกรดซีกินิกจากกากน้ำตาลด้วยเชื้อ Actinobacillus succinogenes	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_BT_21 SSSCI2019_O_144	รัชนิกร สวามิ Ruchnekor Swami	มหาวิทยาลัยบูรพา	การยับยั้งเชื้อแบคทีเรียของไฟโคไซยานินจาก สาหร่าย <i>Arthrospira platensis</i> และสาหร่าย <i>Synechocystis</i> sp. PCC6803	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_BT_28 SSSCI2019_O_220	กัลทิมา พิชัย Kaltima Pichai	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	การเก็บรักษาเชื้อยีสต์จากน้ำหมักเปลือก สับปะรด โดยวิธีการทำแห้งแบบเยือกแข็ง	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_BT_29 SSSCI2019_O_222	กัญญ์วรา วงศ์แพทย์ Kanwara Wongpaet	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	พฤติกรรมของนกเป็ดแดง (<i>Dendrocygna javanica</i>) บริเวณอ่างเก็บน้ำ ภายใน มหาวิทยาลัย	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_BT_31 SSSCI2019_O_225	Peangjai Jianwichayakul เพียงใจ เจียรวิญญกุล	มหาวิทยาลัยราชภัฏเทพสตรี	ความหลากหลายทางชีวภาพของไส้เดือนดินใน จังหวัดลพบุรีที่มีศักยภาพในการผลิตปุ๋ยหมักมูล ไส้เดือนจากผักตบชวา	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_BT_33 SSSCI2019_O_229	รุ่งนภา ทากัน Rungnapa Tagun	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	ผลกระทบของมลพิษในระบบนิเวศนาข้าวต่อ สิ่งมีชีวิตในอำเภอแม่แตง จังหวัดเชียงใหม่	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_EN_15 SSSCI2019_O_106	กิตติมา เกตุสอาด Kittima Ketsa-ad	มหาวิทยาลัยมหิดล	การคัดแยกแบคทีเรียต้านทานแคดเมียมที่สร้าง สารลดแรงตึงผิวชีวภาพและสภาวะที่เหมาะสม ในการสร้างสารลดแรงตึงผิวชีวภาพ	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_BT_38 SSSCI2019_O_245	ไกรฤกษ์ ทวีเชื้อ Kraierk Taweechue	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การศึกษาเพื่อทราบลำดับนิวคลีโอไทด์และความ ผันแปรของยีนมัยโอสแตตินในแพะ (<i>Capra hircus</i>) ที่เลี้ยงในจังหวัดเพชรบุรี	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_BT_39 SSSCI2019_O_247	พรอริยา ฉิรินัง Pornariya Chirinang	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	คุณสมบัติเป็นโพรไบโอติกของ <i>Lactobacillus plantarum</i> 3C2-10 ที่ผลิตสารลดแรงตึงผิว ชีวภาพจากเปลือกส้ม	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_BT_32 SSSCI2019_P_228	วัชร ชาญเมืองใจ Watcharee Hanmoungjai	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่	ผลการเจริญของเส้นใยเห็ดจิ้งจอกบนอาหารเลี้ยง เชื้อสูตรดัดแปลงชนิดต่าง ๆ	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Environmental Science & Technology

Busabongkot Room A, 2nd floor (ห้องบุษบก เอ ชั้น 2)

Chairperson	Co-Chairperson
-------------	----------------

ผู้ช่วยศาสตราจารย์สุรศักดิ์ นุ่มมีศรี
คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนาวลัย อุทาสกุล
สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_EN_1 SSSCI2019_O_22	พรทิพย์ วิมลทรง Pornthip Wimonson	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุราษฎร์ธานี	การวิเคราะห์แผนเผชิญเหตุอุทกภัยระดับจังหวัด ของประเทศไทย	National
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_EN_2 SSSCI2019_O_34	ชำนาญพงษ์ เฉลิมเผ่า Chamnanpong Chalernpow	มหาวิทยาลัยมหิดล	การผลิตก๊าซไฮเทนชีวภาพจากของเสียทาง การเกษตรและอุตสาหกรรม	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_EN_3 SSSCI2019_O_43	ภัทรธรา ฐานวิเศษ Phatlapha Thanwised	Sakon Nakhon Rajabhat University	แนวทางการจัดการขยะภายในมหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนคร	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_EN_4 SSSCI2019_O_48	สุวิมล คุปติวุฒิ Suwimon Kooptiwoot	Suan Sunandha Rajabhat University	Mining waste separation behavior related factor	National
12.15-13.15		Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor				
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_EN_5 SSSCI2019_O_50	ทศพร นิละไพจิตร Todsaporn Neelapaijit	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยี พระจอมเกล้าธนบุรี	การประเมินคาร์บอนฟุตพริ้นท์จากกิจกรรมของ ตลาดชุมชน	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_EN_6 SSSCI2019_O_53	สุวิมล คุปติวุฒิ Suwimon Kooptiwoot	Suan Sunandha Rajabhat University	Development of a garbage bin selection expert system for waste separation	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_EN_13 SSSCI2019_O_105	วิเวียน จุลมนต์ Vivian Chullamon	Thammasat University	การวิเคราะห์ความเหมาะสมของพื้นที่ด้วย GIS เพื่อเลือกที่ตั้งโรงงานแปรรูปขยะมูลฝอยเป็น พลังงานในจังหวัดปทุมธานี	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_EN_18 SSSCI2019_O_116	Aphiranan Phongjetpuk	Mahidol University	การประเมินปริมาณการใช้น้ำ และผลกระทบ ด้านความขาดแคลนน้ำในการผลิตกระแสไฟฟ้า	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_EN_22 SSSCI2019_O_145	ไพบุลย์ แจ่มพงษ์ Paiboon Jeamponk	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	ผลกระทบจากปัญหาภาวะหมอกควันต่อปัญหา สุขภาพอนามัยของประชาชนที่มาเข้ารับบริการ ที่โรงพยาบาลเชียงแสน จังหวัดเชียงราย	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_EN_23 SSSCI2019_O_148	วลัยพร ฟ่อนพันธ์ Walaiporn Phonphan	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การติดตามการเปลี่ยนแปลงพื้นที่ป่าชายเลน จังหวัดสมุทรสงครามด้วยเทคโนโลยีการสำรวจ ระยะไกล	National
14.45-15.00 Refreshment Break						
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_EN_26 SSSCI2019_O_166	นิช วงศ์สงจำ Nich Wongsongja	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา	การศึกษาการมีส่วนร่วมของชุมชนด้านสังคม และสิ่งแวดล้อมบริเวณรอบโรงไฟฟ้าพลังงานน้ำ เขื่อนศรีนครินทร์ จังหวัดกาญจนบุรี Promotion of Community Participation for Saline Soil Remediation by Alternative Technology of Bio-Organic Fertilizers and Nano Material at Krabueang Yai, Phimai District, Nakhon Ratchasima Province	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_EN_29 SSSCI2019_O_184	วรารณ โกศลวิตร Waraporn Kosanlavit	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา	การเลือกเทคโนโลยีเตาเผาที่เหมาะสมสำหรับ การแปรรูปมูลฝอยเป็นพลังงาน กรณีศึกษา จังหวัดปทุมธานี	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_EN_30 SSSCI2019_O_186	นฤพร เวชกุลชัย Naruporn Wetchayagulchai	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์	ความหลากหลายชนิด ความชุกชุมและความคล้ายคลึง ของนก ในถิ่นที่อยู่อาศัยของนก บริเวณชายฝั่ง ทะเล เพื่อการอนุรักษ์และการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_EN_33 SSSCI2019_O_203	นิตินาถ เจริญโกคราช Nitinarth Charoenpokarj	Suan Sunandha Rajabhat University	การประเมินศักยภาพการเก็บกักคาร์บอนของต้น ตาลในจังหวัดเพชรบุรี	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_EN_35 SSSCI2019_O_243	ปัทมาพร ยอดสันติ Patmaporn Yodsanti	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การศึกษาคุณภาพน้ำจากตู้น้ำดื่มหยอดเหรียญ บริเวณรอบ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ รังสิต	National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_EN_17 SSSCI2019_O_115	วนิดา ชูอักษร Wanida Chooaksorn	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์รังสิต		National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Food Science & Technology and Home Economics

Krungthon Ballroom, 3rd floor (ห้องกรุงธนบอลรูม ชั้น 3)

Chairperson				Co-Chairperson		
รองศาสตราจารย์ ดร.รัชคณิน จงจิตวิมล คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม				อาจารย์ ดร.ธนิดา ฉั่วเจริญ หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา		
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_FT_19 SSSCI2019_O_114	Supatchalee Sirichokworakrit	Suan Sunandha Rajabhat University	The effect of extraction methods on phenolic, anthocyanin, and antioxidant activities of Riceberry bran	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_FT_1 SSSCI2019_O_8	ฐานวีร์ ลอยแก้ว Thanawee Loikaeo	มหาวิทยาลัยรังสิต	ศึกษาสมบัติทางกายภาพ เคมี และ โภชนาการของ แป้งแกล่นตะวัน เพื่อนำมาแทนที่แป้งสาลีบางส่วนใน ผลิตภัณฑ์ขนมอบ	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_FT_3 SSSCI2019_O_29	กัญญาพัชร เพชรภรณ์ Kanyapat Petcharaporn	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	นวัตกรรมการผลิตกระเทียมเจียวไร้มันพร้อมรับประทาน ด้วยเทคโนโลยีการทอดด้วยหม้อไร้มัน (Air Fryer)	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_FT_5 SSSCI2019_O_38	จุฑามาศ มุลวงศ์ Jutamas Moolwong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	การศึกษาสภาวะที่เหมาะสมการผลิตน้ำพริกลงเรือดำรับวังสวนสุนันทา กึ่งสำเร็จรูปด้วยเครื่องทำแห้งแบบลูกกลิ้ง	National
12.15-13.15				Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor		
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_FT_18 SSSCI2019_O_104	ชูสิทธิ์ หงษ์กุลทรัพย์ Choosit Hongkulsap	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	ผลของการทำแห้งแบบแช่เยือกแข็งต่อความคงตัวของสารสกัดจาก ดอกกระเจียว	National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_FT_20 SSSCI2019_O_146	ณัฐพล ประเทืองจิตต์ Nattapol Prathengjit	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	การพัฒนาคุกกี้โดยการใช้แป้งมันเทศสีม่วงและแป้งข้าวทนต์แทนแป้งสาลี	National

The 2nd Suan Sunandha National and International Academic Conference on Science and Technology

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_FT_21 SSSCI2019_O_172	วรกร วิวัชรกรกุล Worakorn Wiwatcharakornkul	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	ลายพิมพ์เอชพีทีแอลซี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด ของ ดอกไม้ 5 ชนิดในพิกัดเกษตร	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_FT_22 SSSCI2019_O_174	ธีรยุทธ์ พูนจันทร์นา Teerayut Poonjunna	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครศรีธรรมราช	การพัฒนาผลิตภัณฑ์เนยประ Development of Pra Butter Products	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_FT_18 SSSCI2019_O_104	วารารณ์ สงศรีอินท Waraporn Songsriin	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครศรีธรรมราช	การใช้ผงลูกประทดแทนผงอัลมอนต์ในมาภา รอง	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_FT_14 SSSCI2019_O_88	ครองศักดิ์ ภัคชนกนก Kongsakda Phakthanakanok	มหาวิทยาลัย ราชภัฏหมู่บ้านจอมบึง	ผลของการอบแห้งต่อลักษณะบางประการของ เอนไซม์โปรตีนเอสจากเหง้าสับปะรด	National
14.45-15.00		Refreshment Break				
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_FT_26 SSSCI2019_O_191	วันดี แก้วสุวรรณ Wandee Kaewsuan	Nakhon Sri Thammarat Rajabhat Univerisity	กรรมวิธีการผสมต่อลักษณะเนื้อสัมผัสของ กล้วยอบชุบแป้งทอด	National
12.	15.15-15.30	SSSCI2019_FT_27 SSSCI2019_O_207	อรุณชัย ตั้งเจริญบำรุงสุข Arunchai Tangcharoenbumrungsuk	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์	การศึกษาเพื่อดูความเป็นไปได้ในการใช้ อินพราเรตสเปกโทรสโกปีและคีโมเมตริกส์เป็น สิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ในการระบุแหล่งต้นทาง ของข้าวหอมมะลิ	National
13.	15.30-15.45	SSSCI2019_FT_30 SSSCI2019_O_242	สุนธรา สุนธร์ธารา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลทรายในขนมตาล	National
14.	15.45-16.00	SSSCI2019_FT_32 SSSCI2019_O_248	ธนิดา ขาญชัย	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	อาหารท้องถิ่นเมืองเพชร	National
15.	16.00-16.15	SSSCI2019_FT_12 SSSCI2019_P_73	นันท์ยาภรณ์ เมืองแดง Nanyaporn Mueangdang	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม	การทดแทนแป้งมันสำปะหลังด้วยผงลูกจันใน ลอดช่องสิงคโปร์	National
16.	16.15-16.30	SSSCI2019_FT_31 SSSCI2019_O_244	สุนธรา สุนธร์ธารา	มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี	การพัฒนาวาฟเฟิลเพื่อสุขภาพจากข้าวโพดงอก	National
17.	16.30-16.45	SSSCI2019_FT_28 SSSCI2019_P_227	ขนิษฐา อินทร์ประสิทธิ์ Khanittha Inprasit	กรมวิทยาศาสตร์บริการ	การศึกษาสมบัติสารยึดเกาะผสมระหว่างปลาย ข้าวคั่วกับไฮโดรคอลลอยด์ในการปรับปรุงเนื้อ สัมผัสของขนมปลายข้าวแผ่นอบกรอบ	National

SsSci^{2nd} conference 2019

Conference Sessions: Sports and Health Science
Bongkotrat Room B, 2nd floor (ห้องบงกชรัตน์ ปี ชั้น 2)

Chairperson				Co-Chairperson		
ดร.ภคกุล สังข์สุริยะ นักวิจัยห้องปฏิบัติการอนุพันธุศาสตร์และเทคโนโลยีชีวภาพสัตว์น้ำ ศูนย์พันธุวิศวกรรมและเทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ (BIOTEC) สำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ (สวทช.)				อาจารย์ ดร.คมกฤช รัตตะมณี หัวหน้าสาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา		
No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
1.	11.15-11.30	SSSCI2019_SP_15 SSSCI2019_P_128	Churairat Srimanee	Mahidol University	Biomonitoring of metals exposure in Aranyik handicraft workers	International
2.	11.30.-11.45	SSSCI2019_SP_1 SSSCI2019_O_11	Jatuporn Ounprasertsuk	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	บุคลิกภาพ 5 มิติ และการจัดการความขัดแย้ง ของนักศึกษา มหาวิทยาลัยราชภัฏแห่งหนึ่งใน ประเทศไทย	National
3.	11.45-12.00	SSSCI2019_SP_2 SSSCI2019_O_15	Luckwirun Chotisiri	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	The Development of Line Application for Home Visit among NCD Patients	National
4.	12.00-12.15	SSSCI2019_SP_5 SSSCI2019_O_23	Wachiaporn Chotipanut	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสวนสุนันทา	ผลของโปรแกรมความสุขต่อพฤติกรรม ส่งเสริมสุขภาพจิตผู้สูงอายุในตำบลบางนางลี่ อำเภออัมพวา จังหวัดสมุทรสงคราม	National
12.15-13.15 Buffet Lunch, Rim Nam Terrace, 1 st floor						
5.	13.15-13.30	SSSCI2019_SP_9 SSSCI2019_O_33	ภูวสิทธิ์ ภูลวรรณ Mr.Phoowasit Phoolawan	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสกลนคร	พฤติกรรมป้องกันโรคเบาหวานของ ประชาชนกลุ่มเสี่ยงในตำบลจั่วต่อน อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร	National

No.	Time	Paper Code/ Registration Code	Name	Institute	Topic	International/ National
6.	13.30-13.45	SSSCI2019_SP_29 SSSCI2019_O_219	ดาวิณี ชินวงศ์ Dawinee Chinnawong	มหาวิทยาลัย ราชภัฏสุรินทร์	การศึกษาผลของตำรับยาพอกเข้าในผู้ป่วยข้อ เข้าเสื่อม ณ โรงพยาบาลสังขะและโรงพยาบาล ส่งเสริมสุขภาพตำบลม อำเภอสังขะ จังหวัด สุรินทร์	National
7.	13.45-14.00	SSSCI2019_SP_30 SSSCI2019_O_233	เอกสิทธิ์ ไชยปิ่น	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา	การพัฒนารูปแบบกิจกรรมส่งเสริมสุขภาพโดย กระบวนการมีส่วนร่วมของผู้สูงอายุ เทศบาล ตำบลหนองบัว อำเภอไชยปราการ จังหวัด เชียงใหม่	National
8.	14.00-14.15	SSSCI2019_SP_31 SSSCI2019_O_232	Preetiwat Wonnabussapawich	มหาวิทยาลัย ราชภัฏนครราชสีมา	ผลของโปรแกรมการยืดเหยียดกล้ามเนื้อที่ ส่งผลต่อสมรรถภาพทางกายของนักกีฬาระดับ มัธยมศึกษาจังหวัดนครราชสีมา	National
9.	14.15-14.30	SSSCI2019_SP_32 SSSCI2019_O_238	จิตติมา ถ้ายอง	วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร	ประสิทธิผลของรูปแบบการจัดการเรียนการ สอนโดยใช้ปัญหาเป็นหลักเรื่องการดูแลรักษา ผู้ป่วยระบบหัวใจและหลอดเลือดต่อผลสัมฤทธิ์ การเรียนรู้ ทักษะการแก้ปัญหา การทำงานเป็น ทีม และความคิดเห็นของนักศึกษา หลักสูตร ประกาศนียบัตรวิชาชีพชั้นสูง สาขาปฏิบัติการ ฉุกเฉินการแพทย์ วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร จังหวัดตรัง	National
10	14.30-14.45	SSSCI2019_SP_33 SSSCI2019_O_241	อัสมาต์ ใจเที่ยง	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช	คุณภาพชีวิตและภาวะโภชนาการของเกษตรกร ชาวสวนยางพื้นที่ตำบลนาเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนครศรีธรรมราช	National
14.45-15.00				Refreshment Break		
11.	15.00-15.15	SSSCI2019_SP_8 SSSCI2019_O_32	ทิพย์วารินทร์ เบญจนิรัตน์ Tipvarin Benjanirut	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สวนสุนันทา	ความต้องการและการเข้าถึงบริการด้านสุขภาพ ของผู้สูงอายุในชนบทจังหวัดสมุทรสงคราม	National

Poster Presentation

SsSci ^{2nd} conference
2019

Phanurangsi Ballroom, 1st floor front area: หน้าห้องประชุมภาณุรังษี ชั้น 1

Conference Schedule: กำหนดการนำเสนอผลงาน

- 11.00-16.00 Poster presentation for participation
- 13.00-15.00 Poster presentation for evaluation committee (นำเสนอผลงานและการตรวจให้คะแนนโดยกรรมการผู้ทรงคุณวุฒิ)
- 15.00-16.00 Poster presentation awards ceremony (พิธีมอบรางวัลนำเสนอผลงานวิชาการประเภทโปสเตอร์)

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
1.	SSSCI2019_CS_22 SSSCI2019_P_142	การจำแนกนักศึกษาตามคุณลักษณะและคณะที่เรียน โดยใช้เทคนิคการจำแนกข้อมูลด้วยวิธีต้นไม้การตัดสินใจ กรณีศึกษานักศึกษามหาวิทยาลัยหอการค้าไทย	Computer Science and Information Technology	สิริธร เจริญรัตน์ Sirithorn Jalearnrat	มหาวิทยาลัยหอการค้าไทย
2.	SSSCI2019_CS_27 SSSCI2019_P_159	โมเดลการทำนายพฤติกรรมความเสี่ยงการเกิดภาวะความเครียดทางการเมือง	Computer Science and Information Technology	สมจินต์ จันทระเจษฎาการ Somjin Junatarajessadkorn	มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม
3.	SSSCI2019_CS_30 SSSCI2019_P_165	การประยุกต์วิธีการเอจล์สำหรับกิจกรรมในการเรียนการสอน	Computer Science and Information Technology	สกวรัตน์ จงพัฒนานกร Sakauwrat Jongpattanakorn	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
4.	SSSCI2019_CS_33 SSSCI2019_P_211	การเปรียบเทียบประสิทธิภาพการทำนายสีหมึกพิมพ์ยูวีเฟล็กโซกราฟีบนฉลากพอลิโพรพิลีนโดยใช้โครงข่ายประสาทเทียมและซอฟต์แวร์การทำนายสี	Computer Science and Information Technology	ณัฐวิทย์ โสหา Natthawut Soha	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
5.	SSSCI2019_MA_4 SSSCI2019_P_78	ทัศนคติและพฤติกรรมของนิสิตระดับปริญญาตรีมหาวิทยาลัยบูรพา ที่มีต่อการใช้บริการรถตู้โดยสารเส้นทางกรุงเทพฯ (รังสิต) – บางแสน	Mathematics and Statistics	ปรียารัตน์ นาคสุวรรณ Preyarat Naksuwan	มหาวิทยาลัยบูรพา

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
6.	SSSCI2019_MA_11 SSSCI2019_P_189	Stratified Unified Ranked Set Sampling for Asymmetric Distributions	Mathematics and Statistics	Chainarong Pianpailoon	Sakon Nakhon Rajabhat University
7.	SSSCI2019_MA_12 SSSCI2019_P_193	ความสัมพันธ์ระหว่างลำดับจากคอปและลำดับพี โบนซ์ซีดัดแปลง	Mathematics and Statistics	ณัฐณิย์ คงนวล Nattinee Khongnual	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช
8.	SSSCI2019_MA_13 SSSCI2019_P_205	ผลกระทบของปริมาณน้ำฝนที่มีผลต่อตัวแบบ สำหรับโรคมือ เท้า ปาก	Mathematics and Statistics	กิตติภัทร พลเดช Kittipat Pondach	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครศรีธรรมราช
9.	SSSCI2019_PH_8 SSSCI2019_P_40	การเตรียมไม้เทียมจากพลาสติก และเส้นใย มะพร้าว	Physics and Energy	สิงหนเดช แดงจวง Singhadej Tangjuank	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรดิตต์
10.	SSSCI2019_PH_11 SSSCI2019_P_64	Energy Absorption and Exposure Buildup Factors for Coconut fiber gypsum board	Physics and Energy	Kittisak Sriwongsa	มหาวิทยาลัยศิลปากร
11.	SSSCI2019_PH_12 SSSCI2019_P_65	Evaluation of radiation shielding properties for samarium bismuth borate glasses	Physics and Energy	Kittisak Sriwongsa	มหาวิทยาลัยศิลปากร
12.	SSSCI2019_PH_13 SSSCI2019_P_66	Evaluated shielding radiation and exposure build up factor for La ₂ O ₃ based glasses	Physics and Energy	Kittisak Sriwongsa	มหาวิทยาลัยศิลปากร
13.	SSSCI2019_PH_14 SSSCI2019_P_94	Energy Conservation of Split Type Air Conditioner in Mechanical Engineering Department Building of RMUTL Tak	Physics and Energy	Yuttana Sriudom	Rajamangala University of Technology Lanna Tak
14.	SSSCI2019_PH_15 SSSCI2019_P_110	การประยุกต์วิธีการหาค่าสภาพต้านทานไฟฟ้าของ ชั้นดินเพื่อค้นหาแหล่งน้ำบาดาล และการแก้ภัย แล้ง	Physics and Energy	ธนวัฒน์ รังสูงเนิน Thanawat RangSungnoen	NakhonRatchasima Rajabhat University
15.	SSSCI2019_PH_16 SSSCI2019_P_111	Development of quantum mechanics learning by integrated teaching using normal scattering effects on charge transport in a metal/superconductor junction	Physics and Energy	ภาณุพัฒน์ ชัยวร Panupat Chaiworn	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
16.	SSSCI2019_PH_19 SSSCI2019_P_131	ประสิทธิภาพของเครื่องย่อยชีวมวลและเครื่องอัด แท่งเชื้อเพลิงจากเศษเหลือทิ้งทางการเกษตร	Physics and Energy	พงษ์ศักดิ์ จิตตบุตร Pongsuk Jittabut	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครราชสีมา

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
17.	SSSCI2019_PH_20 SSSCI2019_P_143	อิทธิพลของการปรับสภาพทางความร้อนต่อ โครงสร้างจุลภาคและสมบัติของผิวพื้นเคลือบ ความร้อนของโลหะผสมนิกเกิล-โครเมียม-โม ลิบดีนัม-อะลูมิเนียม	Physics and Energy	อรัชพร ศรีจันทร์ Aradchaporn Srichen	Chiang Mai University
18.	SSSCI2019_PH_21 SSSCI2019_P_151	การเผาถ่าน วิธีดั้งเดิมของชุมชนในบริเวณอ่างเก็บ น้ำห้วยเสนง	Physics and Energy	ลำพูน เหลลาราช Lumpoon Laorach	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์
19.	SSSCI2019_PH_22 SSSCI2019_P_154	การเตรียม เฟสโครงสร้างและสมบัติทางไดอิเล็ก ตริกของวัสดุเซรามิก $\text{Na}_1/3\text{Ca}_1/3\text{Yb}_1/3\text{Cu}_3\text{Ti}_4\text{O}_{12}$	Physics and Energy	จุฑาพล จำปาแถม Jutapol Jumpatam	มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์
20.	SSSCI2019_PH_24 SSSCI2019_P_161	โครงสร้างโฟโตนิกส์คริสตัลของด้วงขาโต <i>Carvedon serratus</i> Olivier เพศผู้	Physics and Energy	ฐิติพร เจาะจง Thitiporn Jorjong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม
21.	SSSCI2019_PH_26 SSSCI2019_P_167	Conductive Composite Paper from Cellulose Fiber by in situ polymerization of pyrrole	Physics and Energy	Siripassorn Sukkhawuttigit	มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ศูนย์ รังสิต
22.	SSSCI2019_PH_28 SSSCI2019_P_195	การเตรียมและศึกษาคุณสมบัติเฉพาะของถ่านกัม มันต์จากกล้วยน้ำว้า โดยวิธีการกระตุ้นด้วย โพแทสเซียมคาร์บอเนต	Physics and Energy	ภาคิน อินทร์จิตจ้อย พรทิพย์ ภูมิยิ่ง	มหาวิทยาลัยราชภัฏ นครสวรรค์
23.	SSSCI2019_CH_1 SSSCI2019_P_54	การใช้ตัวดูดซับแบบผสมสำหรับการเก็บตัวอย่าง สารก่อเพลิงชนิดเหลวตกค้าง	Chemistry and Forensic science	นิสาลักษณ์ ทาเครือ Nisalak Thakheru	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
24.	SSSCI2019_CH_2 SSSCI2019_P_75	การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัประรด ด้วยการกระตุ้น โดยใช้โพแทสเซียม ไฮดรอกไซด์ และ โซเดียมไฮดรอกไซด์	Chemistry and Forensic science	พูนฉวี สมบัติศิริ Punchavee Sombatsiri	มหาวิทยาลัยราชภัฏ ลำปาง
25.	SSSCI2019_CH_4 SSSCI2019_P_109	Synthesis and Evaluation of Molecularly Imprinted Polymer as a Selective Material for Vanillin	Chemistry and Forensic science	วีรณัฐ คฤหานนท์ Wiranut Karuehanon	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
26.	SSSCI2019_CH_5 SSSCI2019_P_129	การปรับปรุงคุณภาพของผ้าไหมด้วยสаниมเหล็ก	Chemistry and Forensic science	วีรญา สิงคินภา Weeraya singkanipa	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
27.	SSSCI2019_CH_8 SSSCI2019_P_168	Participation of Evidence Collection in Forensic Science by the Foundation Officer	Chemistry and Forensic science	Somchart Ketpan	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
28.	SSSCI2019_CH_9 SSSCI2019_P_170	Effects of PEG-based triazolyl substituents on copper-catalyzed aerobic alcohol oxidation	Chemistry and Forensic science	ชมทิตา บ่อทรัพย์ Chomtisa Borsap	มหาวิทยาลัยมหิดล
29.	SSSCI2019_CH_10 SSSCI2019_P_178	Formulation of Calcium Tablets by Direct Compression Tableting	Chemistry and Forensic science	Auttapol Hogjalern	Chulalongkorn University
30.	SSSCI2019_CH_13 SSSCI2019_P_198	Rapid Analysis of Alpha-Mangostin Content in Mangosteen Pericarps by Near-Infrared Spectroscopy	Chemistry and Forensic science	ศุมาพร เกษมสำราญ Sumaporn Kasemsumran	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
31.	SSSCI2019_CH_15 SSSCI2019_P_208	การศึกษาองค์ประกอบเคมี และประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านต่อการยับยั้งเชื้อราสาเหตุโรคไหม้ข้าว	Chemistry and Forensic science	วัชรภรณ์ ทาหาร Watcharaporn Thahan	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
32.	SSSCI2019_CH_16 SSSCI2019_P_209	การเตรียมและการวิเคราะห์ลักษณะของอิมัลชันเชิงซ้อนที่เตรียมได้จากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน	Chemistry and Forensic science	ภัทรฤทัย ปัญหานไรวินท์ Pattararuethai Piyachanraiwin	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
33.	SSSCI2019_CH_17 SSSCI2019_P_210	Selection of alternative commercial amine solutions for acid gases removal	Chemistry and Forensic science	Aomkwan Lueadkrungsri	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
34.	SSSCI2019_CH_18 SSSCI2019_P_216	การตรวจวัดปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน	Chemistry and Forensic science	Apichat Phengdaam	Prince of Songkla University
35.	SSSCI2019_BT_3 SSSCI2019_P_63	ประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบของฝอยทองต่อการควบคุมไรโซปลาในเห็ดหูหนู	Biology, Biotechnology and Microbiology	Suphak Kondara สุภัก คณดารา	Pibulsongkram Rajabhat University
36.	SSSCI2019_BT_4 SSSCI2019_P_67	การศึกษาเชื้อราที่ก่อโรคเน่าในมันสำปะหลังในเขตอำเภอวังทอง จังหวัดพิษณุโลก	Biology, Biotechnology and Microbiology	อารียา ประเสริฐกรรณ์ Arriya Prasertgun	Pibulsongkram Rajabhat University

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
37.	SSSCI2019_BT_6 SSSCI2019_P_79	การเปรียบเทียบวัสดุฝังชนิดต่าง ๆ เพื่อทำพรรณไม้แห้งแบบสามมิติ ที่เก็บรักษาด้วยพอลิเอสเตอร์เรซิน	Biology, Biotechnology and Microbiology	พรอนันต์ บุญก่อน Pornanan Boongorn	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
38.	SSSCI2019_BT_7 SSSCI2019_P_82	ผลของการต้มและการนึ่งต่อศักยภาพในการต้านอนุมูลอิสระและปริมาณสารประกอบฟีนอลิกของผักโขม	Biology, Biotechnology and Microbiology	ชนิกานุจน์ จันทร์มาทอง Chanikan Junmatong	มหาวิทยาลัยราชภัฏ พิบูลสงคราม
39.	SSSCI2019_BT_10 SSSCI2019_P_101	ผลของสารสกัดจากใบและผลตีปัสติการยับยั้งเชื้อ <i>Penicillium digitatum</i> และ <i>Colletotrichum gloeosporioides</i> สาเหตุโรคพืช	Biology, Biotechnology and Microbiology	อังคณา เชื้อเจ็ดตน Angkana Chuajedton	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
40.	SSSCI2019_BT_13 SSSCI2019_P_124	Using ultrafiltration technique for concentrate influenza virus from the supernatant.	Biology, Biotechnology and Microbiology	ทรงศนีย์ บุญยทรงศนีย์ Darsaniya Punyadarsaniya	Mahanakorn University of technilogy
41.	SSSCI2019_BT_14 SSSCI2019_P_125	Screening and identification of the phytase producing bacteria isolated from natural environments and swine manure	Biology, Biotechnology and Microbiology	สงกรานต์ เชื้อครุฑ Songkran Chuakrut	Naresuan University
42.	SSSCI2019_BT_18 SSSCI2019_P_133	ผลของสารสกัดมะขามเครือต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค	Biology, Biotechnology and Microbiology	หฤทัย ไทยสุชาติ Haruthai Thaisuchat	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
43.	SSSCI2019_BT_19 SSSCI2019_P_134	การศึกษาขนาดและรูปแบบของโปรตีนไวเทลลินในแม่พันธุ์กึ่งกุลาคาที่ได้รับอาหารผสมฮอร์โมน 17 β -estradiol	Biology, Biotechnology and Microbiology	ศรีภาพรพรณ ธาระนารถ Sripapan Tharanart	มหาวิทยาลัยบูรพา วิทยาเขต จันทบุรี
44.	SSSCI2019_BT_22 SSSCI2019_P_183	ผลของสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพจากสารสกัดใบมะรุมในการป้องกันความเป็นพิษของเอทานอลในยีสต์ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	Biology, Biotechnology and Microbiology	วิสุตา ชุมสวัสดิ์ Wisuta Chumsawat	Mahidol University
45.	SSSCI2019_BT_24 SSSCI2019_P_201	แบคทีเรียจากลำไส้ของสัตว์ที่มีศักยภาพย่อยกลูคาแพสำหรับผลิตกาแฟหมักระดับอุตสาหกรรม	Biology, Biotechnology and Microbiology	ธีรวัฒน์ งามนอก Teerawat Ngamnok	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
46.	SSSCI2019_BT_26 SSSCI2019_P_215	ประสิทธิภาพของเจลแถมสีจากสารสกัดกระเทียมและข่าสำหรับการยับยั้งสี	Biology, Biotechnology and Microbiology	สุวิชญา บัวชาติ Suwichaya Buachard	มหาวิทยาลัยราชภัฏ กำแพงเพชร

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
47.	SSSCI2019_BT_27 SSSCI2019_P_217	การสกัดคอลลาเจนชนิดที่ 2 จากเศษของครีปปลาหมึกซึ่งเป็นของเสียในอุตสาหกรรมอาหารทะเล	Biology, Biotechnology and Microbiology	Siripong Somsiriwon	Chulalongkorn University
48.	SSSCI2019_BT_30 SSSCI2019_P_223	ผลของสารสกัดหยาบจากกล้วยไม้ต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์บางชนิด	Biology, Biotechnology and Microbiology	วิมลรัตน์ พจนไทรทิพย์ Wimonrat Phottraithip	มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่
49.	SSSCI2019_BT_35 SSSCI2019_P_234	การศึกษาเบื้องต้นถึงความหลากหลายชนิดและสังคมพืชในป่าผลัดใบภายหลังการสัมปทานทำไม้ บริเวณป่าชุมชนบ้านทุ่งฮ้าง อำเภอแจ้ห่ม จังหวัดลำปาง	Biology, Biotechnology and Microbiology	ชัตนารี มีสุขโข	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
50.	SSSCI2019_EN_11 SSSCI2019_P_100	การศึกษาคุณภาพน้ำที่เปลี่ยนแปลงไปในกระบวนการแช่ฟอกเปลือกปอกระเจา	Environmental science and technology	ประภา โชะสละม Prapa Sohsalam	มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
51.	SSSCI2019_EN_12 SSSCI2019_P_102	การลดฝุ่นขนาด 2.5 ไมครอนด้วยการติดตั้งแผงบังแดดพร้อมพืชใบแคบและใบกว้าง	Environmental science and technology	เอกรัตน์ ปานแร่ Akarat Panrare	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
52.	SSSCI2019_EN_14 SSSCI2019_P_81	ความหลากหลายทางชีวภาพของสิ่งมีชีวิตในน้ำและคุณภาพน้ำผิวดิน ภายในมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม (ส่วนทะเลแก้ว)	Environmental science and technology	ศิริรัตน์ จิตบรรเทา Silorat Jitbanthao	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
53.	SSSCI2019_EN_31 SSSCI2019_P_187	ความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและไดอะตอมในชุมชนแบบยึดเกาะ เพื่อหาแนวโน้มในการประยุกต์ใช้ในการประเมินคุณภาพน้ำ	Environmental science and technology	เอกชัย ญาณะ Ekkachai Yana	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
54.	SSSCI2019_FT_2 SSSCI2019_P_25	ผลของฟอสเฟต น้ำและโซเดียมต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์หมูสับ	Food Science and Home Economics	มาลี ชัมศรีสกุล Malee Simsriskul	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
55.	SSSCI2019_FT_4 SSSCI2019_P_31	ผลของโซเดียมแลคเตทที่มีต่อคุณภาพเนื้อปลาบดแช่เยือกแข็งที่ผลิตจากปลายี่สก(<i>Probarbus jullieni</i>)	Food Science and Home Economics	ปัทมา ภาสุถาน Pattama Phasuthan	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ
56.	SSSCI2019_FT_6 SSSCI2019_P_41	ออกแบบและพัฒนาเครื่องคัดแยกข้าวเปลือกออกจากข้าวกล้องแบบตะแกรงโยก สำหรับโรงสีข้าวชุมชน	Food Science and Home Economics	สุกัญญา ทองโยธี Sukanya Thongyothee	มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิรวิทยาดงเจน

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
57.	SSSCI2019_FT_7 SSSCI2019_P_49	การสกัดและความคงตัวของแอนโธไซยานินจาก ข้าวหอมมะลิสีน้ำเงิน	Food Science and Home Economics	Wipada Siri-anusornsak วิภาดา ศิริ อนุสรณ์ศักดิ์,	Kasetsart University
58.	SSSCI2019_FT_8 SSSCI2019_P_61	การใช้มอลทิทอลทดแทนน้ำตาลซูโครสใน เมอแรงค์	Food Science and Home Economics	ภรณ์ ลิ้มปิสุต Pouranee Limpisut	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ
59.	SSSCI2019_FT_9 SSSCI2019_P_62	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ข้าวพองปราศจากน้ำมันจาก ข้าวกล้องหับทิมชุมแพ	Food Science and Home Economics	กมลทิพย์ มั่นภักดี Kamontip Manpakdee	มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระ จอมเกล้าพระนครเหนือ
60.	SSSCI2019_FT_11 SSSCI2019_P_72	Development of high anthocyanin crispy rice bar	Food Science and Home Economics	Nuttawut Lainumngen	Institute of Food Research and Product Development
61.	SSSCI2019_FT_16 SSSCI2019_P_96	การศึกษาสำหรับอาหารไทยทรงดำตามประเพณี กรณีศึกษา : ตำบลบ่อทอง อำเภอบางระกำ จังหวัดพิษณุโลก	Food Science and Home Economics	วรรณิสา สุดวังยาง Wannisa Sutwangyang,	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล สงคราม
62.	SSSCI2019_FT_17 SSSCI2019_P_97	การศึกษาดำรงอาหารพื้นบ้านชาวไท-ยวน กรณีศึกษา : หมู่บ้านสมอแข ตำบลสมอแข อำเภอ เมือง จังหวัดพิษณุโลก	Food Science and Home Economics	บันฑิตา ทับทิมเพชรารังกุล Bantita Tubtimpeachranggul	มหาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม
63.	SSSCI2019_FT_24 SSSCI2019_P_185	การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมปังปราศจากกลูเตน	Food Science and Home Economics	ปวีณสุดา ชีปนวัฒนา Paweesuda Keepanawattana	Kasetsart University
64.	SSSCI2019_SP_11 SSSCI2019_P_39	Effects of walking meditation and massage on neuropathic symptoms in persons with type-2 diabetic peripheral neuropathy	Sports and Health Science	พิชญา สุขไพบูลย์ Ms.Pichaya Sukphaibool	มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
65.	SSSCI2019_SP_12 SSSCI2019_P_60	A Research of Model of Professional Basketball Management for Professional Basketball Players	Sports and Health Science	Jatuporn Banroengsanoh	Kasetsart University
66.	SSSCI2019_SP_13 SSSCI2019_P_113	ความรู้ ทักษะ การปฏิบัติตนในการดูแลสุขภาพ ช่องปาก และสภาวะทันตสุขภาพของนักเรียน มัธยมศึกษาตอนต้น อำเภอลำลูกเกด จังหวัด อุบลราชธานี	Sports and Health Science	Banhan Aemprakhon	วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
67.	SSSCI2019_SP_14 SSSCI2019_P_118	การจัดการกองทุนหลักประกันสุขภาพระดับ ท้องถิ่นหรือพื้นที่ กรณีศึกษาองค์การบริหารส่วน ตำบลบัวงาม อำเภอดงหลวง จังหวัดอุบลราชธานี Factors Related to achievement of Athlete	Sports and Health Science	Sarawut Saiboon	วิทยาลัยการสาธารณสุข สิรินธร จังหวัดอุบลราชธานี
68.	SSSCI2019_SP_16 SSSCI2019_P_135	at Institute of Physical Education participating in the University Games of Thailand.	Sports and Health Science	Thitipong Sukdee	มหาวิทยาลัยการกีฬาแห่งชาติ
69.	SSSCI2019_SP_19 SSSCI2019_P_138	ความชุกของฮีโมโกลบินอีในกลุ่มชาติพันธุ์ลาวเทิง ในสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว	Sports and Health Science	Amkha Sanephonasa	Chulalongkorn University
70.	SSSCI2019_SP_20 SSSCI2019_P_139	ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการซื้อยาของประชาชน ในตำบลเชียงดา อำเภอสว่างคอม จังหวัดอุดรธานี	Sports and Health Science	สรญา แสนมานน Soraya Saenmanot	มหาวิทยาลัยราชภัฏอุดรธานี
71.	SSSCI2019_SP_22 SSSCI2019_P_177	The Development of Promoting Model for Quality of Life of Elderly with a Retro Dance	Sports and Health Science	Atthaphol Rodkaew	มหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูล สงคราม
72.	SSSCI2019_SP_23 SSSCI2019_P_179	การพัฒนาโปรแกรมการเสริมสร้างการรับรู้ ความสามารถของตนเองในการป้องกันการ ตั้งครรภ์ก่อนวัยอันควร	Sports and Health Science	ชลดา กิ่งมาลา Chonlada Kingmala	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุรินทร์
73.	SSSCI2019_SP_24 SSSCI2019_P_180	การศึกษาความเครียดและการเผชิญความเครียด ในญาติผู้ดูแลผู้สูงอายุที่เจ็บป่วยด้วยโรคเรื้อรังใน ชุมชน	Sports and Health Science	ภาวิณี แผงสุข Pavinee Pangsuk	วิทยาลัยพยาบาลบรมราชชนนี สุรินทร์
74.	SSSCI2019_SP_25 SSSCI2019_P_188	ความรู้และทัศนคติต่อวิชาชีพสาธารณสุข ของ นักศึกษาสาขาวิชาสาธารณสุขศาสตร์ คณะ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏ สุรินทร์	Sports and Health Science	นราวุธ สิ้นสุพรรณ Narawut Sinsupun	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
75.	SSSCI2019_SP_26 SSSCI2019_P_231	พฤติกรรมการดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ และ พฤติกรรมการสูบบุหรี่ของนักศึกษาชั้นปี 1 มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์	Sports and Health Science	นภา วงษ์ศรี Napha Wongsri	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
76.	SSSCI2019_SP_27 SSSCI2019_P_204	Enhancement of visual perception in primary education: A case study of Mae Tha school, Lampang province	Sports and Health Science	Chatsuda Mata	มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง
77.	SSSCI2019_SP_28 SSSCI2019_P_218	พฤติกรรมอนามัยที่เป็นปัจจัยเสี่ยงต่อการติดเชื้อพยาธิกับภาวะโภชนาการของประชาชนโดยรอบอ่างเก็บน้ำสำคัญในจังหวัดสุรินทร์	Sports and Health Science	จีระเดช อินทเจริญสานต์ Jeeradach Intajarurnsan	มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์
78.	SSSCI2019_CS_2 SSSCI2019_O_5	การพัฒนาซอฟต์แวร์อ่านบทคัดย่อรูปเล่มโครงงานวิทยาการคอมพิวเตอร์	Computer Science and Information Technology	นินานาถ เตชะเพชรไพบูลย์ Nisanart Tachpetpaiboon	มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา
79.	SSSCI2019_CS_3 SSSCI2019_O_9	การพยากรณ์ปริมาณฝุ่น PM2.5 โดยใช้วิธีวิเคราะห์อนุกรมเวลาด้วยเทคนิคเหมืองข้อมูลกรณีศึกษา: กรุงเทพฯ เขตบางรัก	Computer Science and Information Technology	ทศภูมิ รันระนา Tusaphum Runrana	มหาวิทยาลัยสยาม
80.	SSSCI2019_PH_3 SSSCI2019_O_13	กัมมันตภาพรังสีในทรายชายหาด	Physics and Energy	อมรา อธิพิงษ์ Ammara Ittipongse	Suan Sunandha Rajabhat
81.	SSSCI2019_BT_16 SSSCI2019_O_90	การใช้แอคติโนมัยซีท้านทานแคดเมียมกับพืชร่วมกันในการส่งเสริมการบำบัดแคดเมียมในดินปนเปื้อน	Biology, Biotechnology and Microbiology	ภัสราภรณ์ ธูปเพ็ง Patsaraporn Thooppeng	Mahidol University
82.	SSSCI2019_BT_17 SSSCI2019_O_98	ความสามารถของแอคติโนมัยซีท้านทานแคดเมียมในการกำจัดแคดเมียมออกจากน้ำและการละลายแคดเมียมในดิน	Biology, Biotechnology and Microbiology	โชตินันท์ จันประดิษฐ์ Chotinan Junpradit	Mahidol University
83.	SSSCI2019_BT_25 SSSCI2019_O_206	ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ด้านเชื้อแบคทีเรีย และด้านการเกิดไบโอฟิล์มของสารสกัดสารสกัด จอฉนวนต่อเชื้อในช่องปาก	Biology, Biotechnology and Microbiology	วรพรรณณี เผ่าทองสุข Worrapanee Powtongsook	มหาวิทยาลัยหัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ
84.	SSSCI2019_BT_34 SSSCI2019_O_738	ผลของ Non-albicans <i>Candida</i> species ร่วมกับ <i>Streptococcus mutans</i> ต่อความสามารถในการก่อโรคฟันผุ	Biology, Biotechnology and Microbiology	วิรัชพัชร แสนเสนาะ Wirunphat Sansanoa	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
85.	SSSCI2019_FT_29 SSSCI2019_O_785	การพัฒนาคุณภาพน้ำมันปาล์มสำหรับการทอดอาหารโดยใช้สารสกัดจากสมุนไพร	Food Science and Home Economics	ปริญญญา จิยพิงค์	กรมวิทยาศาสตร์บริการ

No.	Paper Code/ Registration Code	Topic	Theme	Name	Institute
86.	SSSCI2019_SP_17 SSSCI2019_O_55	ประสิทธิภาพของการสอนด้วยชุดสื่อวีดิทัศน์เรื่อง การเช็ดตัวลดไข้ โดยประยุกต์ทฤษฎีแรงจูงใจใน การป้องกันโรคของผู้ดูแลเด็กป่วยแผนกศัลยกรรม เด็ก โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย	Sports and Health Science	ฐมาพร เชี่ยวชาญ Tamaporn Chaiwcharn	มหาวิทยาลัย ศรีนคริน ทรวิโรฒ

กลุ่มที่ 4

เคมีและนิติวิทยาศาสตร์ Chemistry and Forensic Science

ชื่อเรื่อง	หน้า
การใช้ตัวดูดซับแบบผสมสำหรับการเก็บตัวอย่างสารก่อเพลิงชนิดเหลวตกค้าง นิสาลักษณ์ ทาเครือ	4 - 1
การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสับปรดด้วยการกระตุ้นโดยใช้โพแทสเซียมไฮ ดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ พูนวิ สมบัติศิริ, ศิวัช ตั้งประเสริฐ และโสภิษฐ์พร ศิลปะภิรมย์สุข	4 - 11
อิทธิพลของสารตัวเติมต่อสมบัติเชิงกลของฟลอมยางธรรมชาติโปรตีนต่ำผสมลิกนิน ดุสิตพร ศรีลักษณ์ และนันทิยา หาญสกุลลักษณ์	4 - 24
พัฒนาคุณภาพการย้อมผ้าไหมด้วยสีย้อมเหล็ก วีรญา สิงคณิกา, กาญจนา เปนสุข, รุ่งนภา โคมุต และเรวดี กาบทอง	4 - 32
ผลของการปรับสภาพขานออยด้วยด่างที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำตาลและองค์ประกอบทางเคมี ชุตินา ศิลาภรณ์เวช, อัซรอ หะยิอับดุลเลาะ, ปรัชญา กรธัชฐ์ลิ้ม, อุไรวรรณ ขุนจันทร์ และ ปรีชา กสิกรรมไพบุลย	4 - 42
การพัฒนาสูตรตำรับแคลเซียมชนิดเม็ดด้วยวิธีการตอตรง อรรถพล ฮกเจริญ และชุตินณชน สติรพิพัฒนกุล	4 - 52
การเคลือบลายนิ้วมือแฝงด้วยรีติวซ์แกรฟีนออกไซด์บนกระจกเอฟทีโอโดยใช้การเคลือบไฟฟ้า เบญจวรรณ จันทรงษ์, ภาคิน อินทร์ชิดจ้อย และเอกชัย อัสชะ	4 - 58
การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านต่อการยับยั้ง เชื้อราไหมขาว วัชรภรณ์ ทาหาร, นิพาดา โสลา, นุจรินทร์ กอนแก้ว, นุจรินทร์ บัวหลวง และกรองกาญจน์ จันตะ	4 - 68
การเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนจากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน ภัทรฤทัย ปญฺชนาโรวินท, ชุตินณชน สติรพิพัฒนกุล และดุขฎิ ขาญวานิช	4 - 80

ชื่อเรื่อง	หน้า
การตรวจวัดปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน อภิชาติ เพ็งดำ, พันทิพา รุณแสง, เบญจพร ภูเพชร, ประภาพร อุทาร์พันธุ์, พรอมพงศ์ เพียรพินิจธรรม และสนอง เอกสิทธิ์	4 - 90
การศึกษาสารพิษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจาวตาล วัชรภรณ์ ประภาสะโนบล, จันทนา ก่อนเก่ากมลพร ประเสริฐพันธ์, ภัททิรา อินพรม และเอกรินทร์ ราชพลแสน	4 - 98
การพัฒนาสีครามและวิธีการออกซิเดชันสีครามในการย้อมผ้าฝ้าย สุดกมล ลาโสภา, ดวงกมล สุขวี, พัทธรา พรหมสาขา ณ สกลนคร, กนกภรณ์ พรหมรัตน์ และ พนิดา นาคพรมมินทร์	4 - 106

การใช้ตัวดูดซับแบบผสมสำหรับการเก็บตัวอย่างสารก่อเพลิงชนิดเหลวตกค้าง

นิสาลักษณ์ ทาเครือ

สาขาวิชานิติวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
email: newiieok@gmail.com

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาตัวดูดซับแบบผสมให้สามารถจับไอระเหยของสารก่อเพลิงชนิดเหลว (ทินเนอร์) ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยศึกษาความสามารถของตัวดูดซับแบบผสม ชนิดตัวดูดซับทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้ว ได้แก่ ตัวดูดซับ ไพรมารี เซคันดารีเอมีน, โครโมซอร์บ ดับเบิ้ลยู, คาร์บอน เอสพีอี และ ซี18 เก็บตัวอย่างโดยอ้อม (indirect sampling) ระบบไดนามิกเฮดสเปซ (Dynamic Headspace sampling) และนำตัวดูดซับมาสกัดด้วยสารละลายเมทานอล ก่อนการวิเคราะห์สารด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

ผลการศึกษาพบว่า การใช้ตัวดูดซับแบบผสม ให้ผลการวิเคราะห์ที่ดีกว่าการใช้ตัวดูดซับชนิดเดียว โดยที่ใช้ตัวดูดซับ ไพรมารี เซคันดารีเอมีน ร่วมกับ คาร์บอน เอสพีอี บรรจุในท่อเดียวกัน ในปริมาณอัตราส่วน 1:1 พบโครมาโตแกรมที่แสดงถึงสารประกอบหลักที่มักพบในทินเนอร์ที่ยังหลงเหลืออยู่ คือ เมทิล เอทิล คีโตน, เอทิลอะซิเตต, บิวทิล อะซิเตต และ โทลูอีน และยังสามารถตรวจพบ บิวทิล อะซิเตต และ โทลูอีน ได้เมื่อเวลาผ่านไป 300 วินาที จากผลการวิจัยนี้จะเป็นทางเลือกหนึ่ง หรือใช้เป็นแนวทางในการเก็บตัวอย่างไอระเหยของสารก่อเพลิง ที่อาจพบในสถานที่เกิดเหตุคดีเพลิงไหม้ได้ โดยจะทำให้สามารถพบสารประกอบได้หลากหลายชนิดมากกว่าการใช้ตัวดูดซับชนิดเดียว

คำสำคัญ : สารก่อเพลิงชนิดเหลว, ตัวดูดซับแบบผสม, GCMS

The Use of Mixed Adsorbents for Sampling of Ignitable Liquid Residue

Nisaluck Thakrua

Forensic science program, Graduated school, Chiang Mai University, Chiang Mai, Thailand

E-mail; newiieok@gmail.com

Abstract

This study aimed to development of mixed adsorbents for effective adsorbed vapour of ignitable liquid residue (Thinner). In the experiment, The mixed adsorbents consist of polar and nonpolar adsorbents. Adsorbents are primary secondary amine, chromosorb w, carbon spe and C18. Sampling technique is indirect sampling, dynamic headspace sampling system. Before analysis by GC-MS, thinner in adsorbents were extracted by methanol.

The result showed that the mixed adsorbents could adsorb ignitable liquid residue better than single adsorbent. The mixed adsorbent consist of primary secondary amine and c18. Two type of adsorbents were packed in a glass tube. The ratio of mixed adsorbents is 1:1. The characteristic chromatogram of thinner remain which are found methyl ethyl ketone, ethyl acetate, butyl acetate and toluene. After 300 sec, were found butyl acetate and toluene. The result from this research could lead to an alternative way for sampling ignitable liquid residue for checking and investigating scene in case of fire. Which makes it possible to find many types of compounds rather than using only one type of adsorbent.

Keywords: ignitable liquid, mixed adsorbents, GC/MS

บทนำ

การเกิดเพลิงไหม้ในแต่ละครั้ง สร้างความสูญเสียเป็นอย่างมาก ไม่ว่าจะเป็นทรัพย์สิน การบาดเจ็บ หรือการเสียชีวิต โดยอาจเกิดขึ้นเองโดยธรรมชาติ โดยอุบัติเหตุ หรือเจตนาวางเพลิง โดยที่การวางเพลิงนับว่าเป็นอาชญากรรมที่ประทุษร้ายต่อทั้งชีวิตและทรัพย์สิน (ไทพีศรีนิติ, 2545) เพลิงไหม้เกิดขึ้นได้ ต้องมีองค์ประกอบหลัก 3 อย่างคือ เชื้อเพลิง ออกซิเจน และความร้อนที่เพียงพอจะติดไฟได้ เมื่อครบ 3 องค์ประกอบ เพลิงจะเกิดการลุกไหม้ขึ้น และเกิดปฏิกิริยาลูกโซ่ต่อไป

โอกาสที่จะพบสารก่อเพลิงไหม้ได้มีเพียงแต่น้ำมันเชื้อเพลิงหรือผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมที่มีสารประกอบหลักเป็นสารประกอบไม่มีขั้ว เช่น น้ำมันเบนซิน น้ำมันดีเซล น้ำมันก๊าด ซึ่งเป็นเชื้อเพลิงที่พบบ่อยในการวางเพลิง เนื่องจากมีจุดวาบไฟต่ำ และสามารถหาซื้อได้ง่าย แต่อาจพบการนำตัวทำละลายที่มีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ (Oxygenate) เช่น acetone และ methanol ซึ่งเป็นสารที่มีมวลโมเลกุลขนาดเล็กมีคุณสมบัติความมีขั้วสูง ไปใช้ในการวางเพลิงได้

โดยการตรวจพิสูจน์ในคดีเกี่ยวกับการวางเพลิง มีความสำคัญในการสืบสวนเป็นอย่างมาก สุวรรณ, 2549 ได้ศึกษาตัวอย่างน้ำมันเชื้อเพลิง 5 ชนิด คือ ทินเนอร์ แก๊สโซฮอล์ น้ำมันเบนซิน น้ำมันก๊าด และน้ำมันดีเซล พบว่าน้ำมันเชื้อเพลิงแต่ละชนิด มีองค์ประกอบทางเคมีที่แตกต่างกัน สามารถแยกความแตกต่างได้จากเวลาที่ใช้ในการแยกสาร

เนื่องจากสารก่อเพลิงมีจุดเดือดต่ำ จึงเกิดการระเหยได้อย่างรวดเร็ว การเก็บตัวอย่างสารก่อเพลิง จึงต้องเป็นไปอย่างรวดเร็ว ธนัญญา, 2559 ได้พัฒนาวิธีการตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและเสื้อผ้าของผู้วางเพลิง โดยเทคนิค GC-FID พบว่าใช้เวลาไม่เกิน 1 ชั่วโมง สามารถพบค่าความเข้มข้นของสารประกอบน้ำมันเบนซินได้มากที่สุด หลังจากนั้น 3 ชั่วโมง จะลดลงอย่างรวดเร็ว จนถึง 12 ชั่วโมงจะตรวจไม่พบ ส่วนการทดสอบหาการคงอยู่ของน้ำมันเบนซินบนเสื้อผ้ายืดผ้าฝ้าย พบว่า จะเห็นพิกที่ชัดเจนในช่วง 3 ชั่วโมงแรก และเมื่อผ่านไปจะไม่สามารถคำนวณหาปริมาณของน้ำมันเบนซินได้อีก

การเก็บตัวอย่างเพื่อวิเคราะห์สารก่อเพลิงเป็นสิ่งที่สำคัญ เนื่องจากหากมีการเก็บตัวอย่าง ที่ผิดวิธี อาจทำให้เกิดผลวิเคราะห์ที่ผิดพลาด การเก็บตัวอย่างโดยทั่วไปแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ได้แก่ การเก็บตัวอย่างโดยตรง เป็นการเก็บตัวอย่างวัตถุพยานจากสถานที่เกิดเหตุที่เชื่อว่ามีสารก่อเพลิงค้างอยู่ภายใน บรรจุในภาชนะที่มิดชิด ไม่ให้มีการถ่ายเทของอากาศ และนำส่งไปที่ห้องปฏิบัติการ ส่วนการเก็บตัวอย่างโดยอ้อม เป็นการเก็บไอระเหยของสารก่อเพลิงจากวัตถุพยานหรือสถานที่เกิดเหตุ โดยให้ไอระเหยถูกดูดซับบนตัวดูดซับ (Stauffer et al., 2008) ก่อนนำไปสกัดและวิเคราะห์ต่อไป ด้วยเทคนิคที่เหมาะสม

ในปัจจุบัน นิยมใช้ activated carbon เป็นตัวดูดซับไอระเหย แต่คุณสมบัติของ activated carbon มีประสิทธิภาพในการดักจับสารประกอบที่ไม่มีขั้ว เช่น สารประกอบไฮโดรคาร์บอนได้ดีกว่า สารประกอบที่มีขั้ว และดักจับสารประกอบที่มีมวลโมเลกุลขนาดใหญ่ ได้ดีกว่าขนาดเล็ก ในทางตรงกันข้าม St. Pierre et al., 2014 ได้ศึกษาการดูดซับสารประกอบออกซิเจน โดยเปรียบเทียบกับ zeolite กับ activated charcoal strip พบว่าการใช้ตัวดูดซับ zeolite สามารถดูดซับได้มากกว่า 1.5-8 เท่า ต่อมา Rodgers et al., 2014 ได้ศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการดูดซับไอระเหยของสารก่อเพลิง โดยนำ zeolite ซึ่งดูดซับไอระเหยของ oxygenate ได้ดี และ carbon strip ที่สามารถดูดซับไอระเหยของสารไม่มีขั้วได้ดี มาเก็บตัวอย่างน้ำมันดีเซล กับ oxygenate ที่อยู่บนตัวอย่างเดียวกัน พบว่า zeolite จะสามารถพบ สารประกอบ oxygenate ได้มากกว่า carbon strip และ carbon strip ก็สามารถพบ สารที่ไม่มีขั้วได้มากกว่า zeolite

ด้วยเหตุผลเหล่านี้จึงเป็นปัญหาที่ว่า หากผู้วางเพลิงได้ใช้สารก่อเพลิงที่เป็นสารประกอบ oxygenate ผู้วิเคราะห์ใช้ตัวดูดซับเพียง Activated carbon จะสามารถตรวจพบสารก่อเพลิงชนิดนี้ได้หรือไม่ หรืออาจตรวจไม่พบ ดังนั้นเพื่อแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในลักษณะนี้ ผู้วิจัยจึงมีแนวคิดในการเลือกใช้ตัวดูดซับแบบผสม ที่มีความสามารถในการดูดซับไอระเหยสารทั้งมีขั้วและไม่มีขั้วได้อย่างมีประสิทธิภาพ และเลือกใช้ทินเนอร์ ซึ่งเป็นสารก่อเพลิงที่เป็นตัวแทนที่ดีในการศึกษาองค์ประกอบของสารก่อเพลิงที่มีสภาพขั้วทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้ว อีกทั้งมีโอกาสที่จะเกิดเหตุวางเพลิงโดยใช้ทินเนอร์ได้ เนื่องจากสามารถหาซื้อได้ง่าย ไม่เป็นที่น่าสงสัยในการนำไปใช้วางเพลิงมาเป็นสารตัวอย่าง รวมถึงศึกษาขั้นตอนการ desorption ซึ่งเป็นอีกหนึ่งขั้นตอนที่สำคัญในการวิเคราะห์ เนื่องจากเมื่อได้ตัวดูดซับที่ดี แต่มีการ desorption ที่ไม่ดีสารที่ถูกเก็บในตัวดูดซับจะไม่สามารถหลุดออกมาทั้งหมด ดังนั้นการค้นคว้าในครั้งนี้ จะเป็นการศึกษาตั้งแต่ตัวดูดซับ วิธีการเก็บตัวอย่าง รวมถึงการวิเคราะห์ผลเพื่อเป็นทางเลือกในการเก็บตัวอย่างและอาจนำไปประยุกต์ใช้ในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อพัฒนาตัวดูดซับแบบผสมให้สามารถจับไอระเหยของสารก่อเพลิงชนิดเหลวได้อย่างมีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์โดยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟี

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การทดสอบวัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

ทำการวิเคราะห์วัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ตัวดูดซับ ทั้ง 4 ชนิด (carbon-based solid phase extraction (carbon spe), C18 ODS (C18), Primary secondary amine (PSA) และ chromosorb W) สำลี และแผ่นไม้ โดยนำมาสกัดด้วยตัวทำละลาย methanol หรือ Dichloromethane (DCM) ปริมาตร 1.00 mL และวิเคราะห์ด้วย GC/MS

2. การเตรียมสารละลายทินเนอร์

เตรียมสารละลายทินเนอร์ที่ความเข้มข้น 0.50, 1.00 และ 2.00 % (v/v) ปรับปริมาตรด้วยตัวทำละลาย methanol หรือตัวทำละลาย DCM

3. การเตรียมท่อบรรจุตัวดูดซับ

การบรรจุตัวดูดซับลงในท่อบรรจุตัวดูดซับมีขั้นตอนคือ นำสำลีบรรจุที่ปลายด้านหนึ่งของท่อแก้ว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายใน 3 mm เพื่อรองรับตัวดูดซับ หลังจากนั้นบรรจุตัวดูดซับ ปริมาณ 100 mg และปิดปลายท่อแก้วอีกด้านหนึ่งด้วยสำลี นำท่อซิลิโคนต่อไว้ปลายท่อด้านหนึ่ง เพื่อใช้เชื่อมกับกล่องเก็บไอระเหย ส่วนอีกด้านหนึ่งของท่อแก้วต่อด้วยท่อ PTFE เพื่อป้องกันการหลุดของตัวดูดซับในขณะทำการทดลอง โดยบรรจุตัวดูดซับในอัตราส่วน ตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ชนิดและปริมาณของตัวดูดซับที่ใช้บรรจุในการทำคอลัมน์ตัวดูดซับ

คอลัมน์ตัวดูดซับ (Ad-C)	ตัวดูดซับชนิดที่ 1	ตัวดูดซับชนิดที่ 2	อัตราส่วนปริมาณ (ตัวดูดซับชนิดที่ 1 : ตัวดูดซับชนิดที่ 2)
Ad-C ₁	PSA	carbon spe	1 : 1
Ad-C ₂	PSA	carbon spe	3 : 1
Ad-C ₃	PSA	chromosorb w	1 : 1
Ad-C ₄	PSA	chromosorb w	3 : 1
Ad-C ₅	PSA	C18	1 : 1
Ad-C ₆	PSA	C18	3 : 1
Ad-C ₇	carbon spe	C18	1 : 1
Ad-C ₈	carbon spe	C18	3 : 1
Ad-C ₉	carbon spe	C18	1 : 3
Ad-C ₁₀	PSA	-	100%
Ad-C ₁₁	carbon spe	-	100%
Ad-C ₁₂	chromosorb w	-	100%
Ad-C ₁₃	C18	-	100%

4. การเก็บตัวอย่างไอระเหยโดยใช้คอมลัมน์ตัวดูดซับ (adsorbent column)

ในการเก็บไอระเหยจะสามารถทำได้โดยจัดชุดอุปกรณ์ให้พร้อมใช้งานตามรูป 2.2 เปิดปั๊มลมและควบคุมแรงดันลมให้ได้ 3.5 mL/min หลังจากนั้นนำตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ให้ใส่เข้าไปในกล่อง ปิดฝากล่องและทำการเก็บไอระเหยเป็นเวลา 15 นาที หลังจากนั้นให้ถอดท่อบรรจุตัวดูดซับออกเพื่อทำการชะสารออกจากตัวดูดซับโดยถอดท่อ PTFE ที่ติดตั้งไว้เพื่อกันตัว

ดูดซับหลุด ออก 1 ด้านแล้วสวมท่อยาง เพื่อใช้ในการช่วยหยุดสารตัวทำละลายลงไปในท่อ รอจนให้สารละลายตัวอย่างไหลผ่านตัวดูดซับออกมาจากท่อให้หมด หลังจากนั้นนำสารตัวอย่างที่ได้ไปวิเคราะห์โดยเทคนิค GC/MS

5. การทดสอบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแต่ละชนิดและประสิทธิภาพในการชะสารของ methanol และ DCM

เตรียมตัวดูดซับ จำนวน 1 ท่อ ต่อ 1 ชนิดตัวดูดซับต่อ 1 ครั้งการทดลอง ติดตั้งชุดอุปกรณ์ที่ใช้ทดสอบ หลังจากนั้นหยุดสารตัวอย่างทินเนอร์ ปริมาณ 500 μ L ลงบนกระจกนาฬิกา แล้วนำเข้าไปในกล่องเก็บไอระเหย จากนั้นปิดฝากล่อง และดำเนินการตามข้อ 4 โดยในขั้นตอนของการชะสารจะใช้ปริมาณของตัวทำละลาย 3 ระดับ คือ 0.50, 1.00 และ 1.50 mL เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของการชะสาร ว่าตัวทำละลายชนิดใดและปริมาณที่เหมาะสม

6. การทดสอบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแบบผสม

บรรจุตัวดูดซับ 2 ชนิดในท่อบรรจุตัวดูดซับ นำมาใช้ในการเก็บตัวอย่างไอระเหยของทินเนอร์ ที่หยุดลงบนกระจกนาฬิกา 500 μ L แล้วนำเข้าไปในกล่องโลหะ และเริ่มทำการเก็บตัวอย่างไอระเหยตามหัวข้อที่ 2.6-ข้อ 4 โดยใช้ตัวทำละลาย methanol ปริมาตร 1 mL ในการชะสารที่อยู่ในท่อบรรจุตัวดูดซับ หลังจากนั้นนำสารที่ได้จากการชะ ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค GC/MS

7. การศึกษาผลของระยะเวลาต่อการตรวจพบสารระเหยในสารก่อเพลิงเหลว

นำไม้อัด ซึ่งมีคุณสมบัติในการดูดซับของเหลวได้ค่อนข้างดีอีกทั้งยังสามารถเป็นวัตถุที่อาจพบได้ในสถานที่เกิดเหตุเพลิงไหม้ มาใช้ทดสอบเพื่อศึกษาผลของระยะเวลาต่อการตรวจพบสารระเหยในสารก่อเพลิงเหลว โดยหยุดสารตัวอย่างทินเนอร์ ปริมาตร 500 μ L หยุดลงบนแผ่นไม้อัด ขนาด 50 x 50 mm จากนั้นทิ้งไว้ในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิ 27 °C เป็นเวลา 0, 30, 60, 120 และ 300 วินาที ตามลำดับ ก่อนที่จะนำวัสดุไปใส่ในกล่องเก็บไอระเหยเพื่อทำการเก็บตัวอย่างไอระเหยของทินเนอร์ โดยทำตามขั้นตอนตามหัวข้อที่ 4

8. การวิเคราะห์ตัวอย่างสารระเหย โดยเทคนิค GC/MS

นำตัวอย่างทุกตัวที่เตรียมไว้ใช้ในการวิเคราะห์ด้วย GC/MS โดยกำหนดสภาวะที่ใช้ในการวิเคราะห์ดังนี้

GC/MS

Instrument identification:	Agilent 6890
Injection volume:	1 μ L
Carrier gas:	Helium 2.0 mL/min
Column:	film HP-5 capillary column 30 m x 0.25 mm IDX, 0.25 μ m Film thickness
Split:	Split flow 1:50
Temperature:	
Injector port	180 °C
Oven	40 °C, hold for 4 min, rising by 10 °C/min to 280 °C, hold for 2 min
Interface	280 °C
Detector:	
Ion source	230°C
El	70 eV
Total run time:	30 min

ผลการวิจัย

1. การทดสอบการปนเปื้อนวัสดุและสารเคมีที่ใช้ในการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองไม่พบรูปแบบโครมาโตแกรมของพีคสารประกอบอื่นๆ มารบกวน จึงสามารถนำวัสดุต่างๆไปใช้ในการทดลองได้

2. การคัดเลือกยี่ห้อทินเนอร์และการวิเคราะห์องค์ประกอบของทินเนอร์

ทินเนอร์ทั้ง 4 ยี่ห้อ ที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ให้รูปแบบ โครมาโตแกรมอยู่ในช่วง RT ประมาณ 2-10 นาที ตัวทำละลายมีความสามารถในการสกัดสารใกล้เคียงกัน แต่พบว่ามีสารบางชนิดที่พบเมื่อใช้ methanol เป็นตัวทำละลายแต่ไม่พบเมื่อใช้ DCM เป็นตัวทำละลาย นั่นคือ ethyl cyclohexane และ 2-butoxy ethanol ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 องค์ประกอบของทินเนอร์

ชื่อสาร	Sophon/ methanol	Barco/ methanol	Lion/ methanol	Advance/ methanol	Sophon/DCM	Barco/DCM	Lion/DCM	Advance/DCM	มอก. 496-2553	เกษร (2539)	สุวรรณ (2549)
acetone										✓	
acetaldehyde	✓				✓						
n-butanol									✓	✓	
2-butoxy ethanol	✓	✓									✓
butyl acetate	✓		✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
benzene										✓	
cyclohexane										✓	
ethanol										✓	
ethyl acetate									✓		
ethyl benzene		✓				✓					
ethyl cyclohexane		✓									
ethyl ether										✓	
hexane										✓	
isobutanol										✓	
isopropanol										✓	
methanol										✓	
methyl acetate										✓	
MEK										✓	
MIBK										✓	
m-xylene										✓	
p-xylene										✓	
propanol	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	
o-xylene										✓	
toluene									✓	✓	✓

สารประกอบที่พบในทินเนอร์แตกต่างกันเนื่องจากทินเนอร์แต่ละยี่ห้อ มีองค์ประกอบและปริมาณของสารที่ต่างกัน จึงให้ผลที่ออกมาแตกต่างกัน แต่องค์ประกอบที่สำคัญที่พบทั้งตาม มอก. และจากการวิเคราะห์ของ เกษร (2539) รวมถึงของ

ผู้วิจัยเอง นั่นคือ toluene และ butyl acetate ในส่วนของการศึกษาในครั้งนี้ มีจุดประสงค์เพื่อหาองค์ประกอบของทินเนอร์ 4 ยี่ห้อ คือ Sophon, Barco, Lion และ Advance ซึ่งได้ผลดังที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ตัวทำละลายที่ใช้มีความสามารถแยกองค์ประกอบของทินเนอร์ออกมาได้ค่อนข้างดีใกล้เคียงกัน ดังนั้นในขั้นตอนการศึกษาต่อไปจะเลือกใช้ทินเนอร์ยี่ห้อ Sophon เป็นตัวแทนในการศึกษาความสามารถในการดูดซับทินเนอร์ เนื่องจากทินเนอร์ ยี่ห้อ Sophon มีสารประกอบ toluene และ n-butyl acetate รวมถึงมีจำนวนสารที่มากกว่ายี่ห้ออื่นๆ ซึ่งทำให้สามารถศึกษาความสามารถในการดูดซับสารได้หลากหลายเพิ่มขึ้น

3.การทดสอบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแต่ละชนิดและการชะสารของ methanol และ DCM

3.1 การทดสอบสารละลาย DCM เป็นตัวชะสาร

จากการทดสอบทางสถิติ ทดสอบความแตกต่าง 2 ปัจจัย (ตัวดูดซับ, ปริมาณของตัวชะสาร) โดยใช้การวิเคราะห์แบบ 2-ways anova โดยใช้ Peak area ของสารแต่ละชนิดที่พบ เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติพบว่า มีเพียง toluene เท่านั้นที่พบความแตกต่างทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% โดยแตกต่างในปัจจัยด้านปริมาณของตัวชะสารโดยที่ ปริมาณของ DCM ที่ใช้ชะสาร 1.5 mL สามารถแยกสารออกมาได้ดีที่สุดเมื่อเทียบกับปริมาณอื่นที่ใช้ ส่วนความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

3.2 การทดสอบสารละลาย methanol เป็นตัวชะสาร

จากการทดสอบค่าทางสถิติ ทดสอบความแตกต่าง 2 ปัจจัย (ตัวดูดซับ, ปริมาณของตัวชะสาร) โดยใช้ การวิเคราะห์แบบความแปรปรวน 2 ทาง (2-ways anova analysis) โดยใช้ Peak area ของสารแต่ละชนิดที่พบ โดยรวมการทดลองนี้สามารถพบองค์ประกอบของทินเนอร์ คือ methyl ethyl ketone (MEK), ethyl acetate, methyl acetate, butyl acetate, ethylbenzene และ toluene

เมื่อวิเคราะห์ผลทางสถิติของ methyl acetate พบว่า ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ความเชื่อมั่น 95% แสดงว่า ปัจจัยด้านตัวดูดซับ และปริมาณของตัวชะสาร ไม่มีผลต่อการดูดซับและการชะสารของสารดังกล่าว ส่วนสารประกอบที่มีความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ในด้านของตัวดูดซับ นั่นคือ MEK, ethylbenzene และ butyl acetate โดยตัวดูดซับแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับสารข้างต้นได้แตกต่างกันโดยที่

MEK ถูกดูดซับด้วย PSA ได้ดีกว่า chromosorb w

ethyl benzene ถูกดูดซับด้วย PSA ได้ดี C18

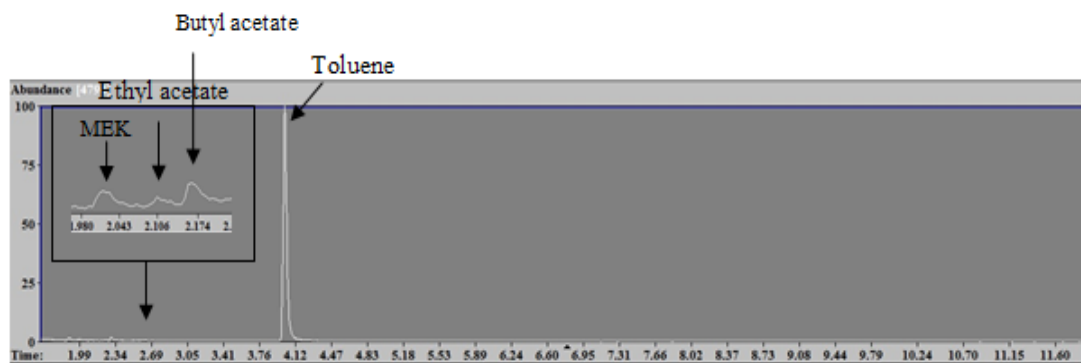
butyl acetate ถูกดูดซับด้วย PSA, carbon spe, C18 และ chromosorb w ได้ดีตามลำดับ

สารประกอบที่มีความแตกต่างทางสถิติในด้านของปริมาณของตัวชะที่ใช้ในการชะสารออกมามากที่สุด คือ ethyl acetate และ toluene ถูกชะออกมาด้วย methanol ในปริมาตร 1.5 mL ได้ดีเท่ากับ 1 mL และมากกว่า 0.5 mL อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

4. การทดสอบความสามารถในการดูดซับของตัวดูดซับแบบผสม

จากการทดลองที่ผ่านมาสามารถทราบได้ว่าตัวดูดซับที่ศึกษามีความสามารถในการดูดซับไอระเหย ของทินเนอร์ได้หลายชนิด ผู้วิจัยจึงได้ทำการเปรียบเทียบผลการทดลองกับ มาตรฐาน มอก. และเลือกเพียงสารประกอบบางชนิดมาใช้เป็นพิกัดเอกลักษณ์ของทินเนอร์สำหรับการวิจัยครั้งนี้ นั่นคือ MEK, ethyl acetate, butyl acetate และ toluene ซึ่งเป็นสารประกอบหลักที่พบได้ในทินเนอร์ทั่วไป

เนื่องจากสารประกอบที่กำหนดเป็นพิกัดเอกลักษณ์ มีสภาพขั้วที่แตกต่างกัน การใช้ตัวดูดซับเพียงชนิดเดียว อาจไม่เพียงพอ จึงนำตัวดูดซับแบบผสมมาใช้ในการเก็บตัวอย่างไอระเหยของทินเนอร์ ตัวดูดซับแต่ละชุดจะมีลักษณะของรูปแบบโครมาโตแกรมที่คล้ายกัน ดังภาพที่ 1 สามารถนำพื้นที่ใต้พีคมาเปรียบเทียบเป็นร้อยละเทียบกับทินเนอร์ที่มีความเข้มข้น 1% (v/v)



ภาพที่ 1 โครมาโตแกรมของสารประกอบของทินเนอร์จากตัวดูดซับแบบผสม PSA : C18 / 1 : 1

จากตารางที่ 3 การทดลองที่ใช้ตัวดูดซับ PSA : C18 / 1 : 1 สามารถตรวจพบสารประกอบที่เป็นองค์ประกอบของทินเนอร์ได้ในปริมาณที่สูงหลายชนิด ส่วนตัวดูดซับ PSA : chromosorb w เป็นตัวดูดซับคู่ที่ค่อนข้างมีขั้วทั้ง 2 ชนิด จึงสามารถดูดซับสารได้ในปริมาณที่น้อยกว่าตัวดูดซับแบบผสมชนิดอื่นๆ จากการทดลองพบว่า ตัวดูดซับ PSA : C18 ในอัตราส่วน 1:1 เป็นตัวดูดซับที่สามารถดูดซับสารได้ค่อนข้างดี และพบสารดังกล่าวข้างต้นในปริมาณที่มากกว่าตัวดูดซับแบบผสมตัวอื่นๆ ทินเนอร์ที่ใช้ในการวิเคราะห์นี้ มีส่วนประกอบหลากหลาย ทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้ว ส่วนที่ไม่มีขั้วคือ toluene ที่มีอัตราส่วนที่มากกว่าชนิดอื่น ส่วนสารที่เหลือที่มีปริมาณน้อย แต่อาจพบได้หลายชนิดซึ่งส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขั้ว ดังนั้นการที่ตัวดูดซับ PSA และ C18 สามารถดูดซับสารได้ในปริมาณที่มากกว่าตัวดูดซับชนิดอื่น เนื่องจากโครงสร้างของ PSA เป็นแบบมีขั้วอยู่แล้ว และ C18 มีโครงสร้างที่ไม่มีขั้วจึงสามารถดูดซับสารทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้วได้

ตารางที่ 3 % peak area ของสารประกอบที่พบในทินเนอร์ที่ใช้ตัวดูดซับแบบผสมเมื่อเปรียบเทียบกับทินเนอร์ 1% (v/v) จากการวิเคราะห์ด้วย GC/MS

ตัวดูดซับ*	MEK	ethyl acetate	butyl acetate	Toluene
PSA : Carbon spe / 1 : 1	79.02 ± 0.70	81.00 ± 0.49	67.50 ± 0.31	21.73 ± 0.43
PSA : Carbon spe/ 1 : 3	76.27 ± 0.74	72.97 ± 0.46	71.27 ± 0.91	30.43 ± 0.43
PSA : Chromosorb / 1 : 1	83.00 ± 0.43	70.21 ± 1.41	67.31 ± 0.74	23.31 ± 0.43
PSA : Chromosorb / 3 : 1	84.74 ± 0.72	84.97 ± 1.27	78.56 ± 1.12	24.17 ± 0.43
PSA : C18 / 1 : 1	95.52 ± 0.53	114.97 ± 0.19	90.56 ± 0.50	44.88 ± 0.45
PSA : C18 / 1 : 3	87.10 ± 0.34	96.86 ± 0.99	87.89 ± 0.47	32.45 ± 0.46
carbon spe : C18 / 1 : 1	84.57 ± 1.01	73.24 ± 0.35	89.39 ± 0.71	48.93 ± 0.51
Carbon spe : C18 / 3 : 1	63.68 ± 0.64	83.90 ± 1.25	88.94 ± 0.86	37.07 ± 0.50
Carbon spe : C18 / 1 : 3	71.86 ± 0.57	84.07 ± 2.65	88.78 ± 0.72	34.45 ± 0.57
Carbon spe 100%	67.68 ± 0.72	69.36 ± 0.55	61.99 ± 0.89	27.75 ± 0.58
Chromosorb 100%	42.30 ± 0.12	55.83 ± 0.21	55.72 ± 1.06	19.46 ± 0.57
C18 100%	71.58 ± 0.68	71.92 ± 0.09	47.94 ± 0.48	24.65 ± 0.64
PSA 100%	85.68 ± 0.36	72.86 ± 0.61	89.41 ± 0.57	20.38 ± 0.56

5. การศึกษาผลของระยะเวลาต่อการตรวจสอบสารระเหยในสารก่อเพลิงเหลวของตัวดูดซับแบบผสม

จากตารางที่ 4 พบว่า % peak area ของสารประกอบทั้ง 4 ชนิดที่พบในทินเนอร์เทียบกับ 1%(v/v) ทินเนอร์ มีแนวโน้มพบได้ลดลงเมื่อตั้งทิ้งไว้ในเวลาที่นานมากขึ้น ทั้งนี้เนื่องจากการระเหยของสารเกี่ยวข้องกับจุดเดือดและความดันไอ โดยที่สามารถเรียงลำดับจุดเดือดและความดันไอของสารระเหยที่ได้ศึกษาได้ ดังนี้

จุดเดือด : ethyl Acetate < MEK < toluene < butyl acetate

ความดันไอ : ethyl acetate > MEK > toluene > butyl acetate

ตารางที่ 4 %peak area ของสารประกอบที่พบในทินเนอร์ที่ทิ้งไว้ที่เวลาต่างๆจากการใช้ตัวดูดซับแบบผสมเมื่อเปรียบเทียบกับทินเนอร์ 1%(v/v) วิเคราะห์ด้วย GC/MS

Time (Sec)	MEK (RT=2.02 min)	ethyl acetate (RT= 2.10 min)	butyl acetate (RT= 2.16 min)	toluene (RT= 3.79 min)
ไม่ทิ้งไว้เลย	58.06 ± 0.44	106.07 ± 0.07	90.84 ± 0.90	29.46 ± 0.66
30	47.48 ± 1.14	48.21 ± 0.96	81.27 ± 0.10	25.28 ± 0.78
60	38.43 ± 0.31	-	73.56 ± 0.15	20.58 ± 0.69
120	-	-	68.45 ± 1.03	18.28 ± 0.14
300	-	-	62.22 ± 0.28	12.83 ± 0.53

ซึ่งจะเห็นได้ว่าจุดเดือดและความดันไอจะมีค่าที่ตรงข้ามกัน ซึ่งความสัมพันธ์ของทั้งคุณสมบัติดังกล่าว มีผลต่อการระเหยของสาร โดยที่ สารระเหย เช่น ethyl acetate ที่มีจุดเดือดต่ำ ความดันไอสูง จะสามารถระเหยได้เร็ว ตรงกันข้าม butyl acetate มีจุดเดือดที่สูง และความดันไอต่ำ จึงเกิดการระเหยช้า ทำให้เมื่อเวลาหลัง 60 วินาทีไม่สามารถตรวจพบ ethyl acetate และหลังจาก 120 วินาที ไม่สามารถตรวจพบ MEK ทั้งนี้ยังสามารถพบ Toluene และ Butyl acetate หลังจากเวลาผ่านไป 300 วินาที

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาและพัฒนาตัวดูดซับแบบผสม สำหรับเก็บไอระเหยของสารก่อเพลิงชนิดเหลว โดยเริ่มจากขั้นตอนการคัดเลือกทินเนอร์ซึ่งผู้วิจัยเลือกใช้เป็นตัวแทนของสารก่อเพลิงชนิดเหลว ได้ศึกษาความสามารถในการดูดซับไอระเหยของทินเนอร์ของตัวดูดซับแต่ละชนิดควบคู่ไปกับการศึกษาปริมาณของตัวชะสารพบว่าเมื่อใช้ methanol เป็นตัวชะ สามารถชะสารออกจากตัวดูดซับได้ดีกว่าการใช้ DCM โดยสารที่จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของทินเนอร์ได้ถูกนำมาเปรียบเทียบกับ มอก. และเลือกสารประกอบที่ตรงกับ มอก. มาเพื่อใช้เป็นพีคที่สนใจ ของทินเนอร์ในการวิจัยนี้ โดยตัวดูดซับแต่ละชนิดมีความสามารถในการดูดซับสารประกอบที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับความเป็นขั้วของสารระเหย และตัวดูดซับ รวมถึงคุณสมบัติของสารระเหยนั่น ๆ ด้วย ปริมาณของตัวชะ methanol ที่ใช้ในการชะสารคือ 1 ml เมื่อทดลองใช้ตัวดูดซับแบบผสมโดยใช้อัตราส่วนและชนิดของตัวดูดซับที่แตกต่างกันมาใช้ในการดูดซับไอระเหย พบว่า ตัวดูดซับ PSA : C18 ในอัตราส่วน 1:1 สามารถดูดซับสารที่เป็นองค์ประกอบของทินเนอร์ได้ในปริมาณที่สูงหลายชนิด ซึ่งเนื่องจาก PSA มีสมบัติค่อนข้างมีขั้ว ส่วน C18 มีสมบัติเป็นสารไม่มีขั้ว ความสามารถของตัวดูดซับทั้งสองชนิดจึงสามารถดูดซับสารได้ทั้งมีขั้วและไม่มีขั้ว และยังพบอีกว่าดูดซับได้ดีกว่าการใช้ตัวดูดซับชนิดเดียวและเมื่อได้ศึกษาระยะเวลาต่อการตรวจพบไอระเหยของทินเนอร์ โดยใช้ตัวดูดซับแบบผสม ดังกล่าว พบว่า เมื่อเวลาผ่านไปมากกว่า 300 วินาที ยังสามารถดูดซับสารได้บางชนิด จากการศึกษาพบว่า ทินเนอร์แต่ละชนิดมีองค์ประกอบที่หลากหลาย แต่เนื่องจากงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเพียง 1 ยี่ห้อ อาจไม่เพียงพอต่อการนำไปใช้ในงานตรวจสอบที่เกิดเหตุจริงๆได้แต่สามารถนำไปเป็นแนวทางในการประยุกต์ใช้ตัวดูดซับแบบผสมเพื่อใช้เป็นตัวดูดซับในขั้นตอนของการเก็บตัวอย่าง สารก่อเพลิงได้ เนื่องจากการใช้ตัวดูดซับแบบผสมสามารถดูดซับสารระเหยทั้งแบบมีขั้วและไม่มีขั้วได้ดี ซึ่งเห็นได้จากหัวข้อที่ 4 มีการเปรียบเทียบความสามารถในการดูดซับไอระเหยของทินเนอร์จากตัวดูดซับแต่ละชนิดจะเห็นได้ว่าตัวดูดซับแบบผสม สามารถดูดซับสารได้ดีกว่าการใช้ตัวดูดซับเพียงชนิดเดียว

ข้อเสนอแนะ

ตัวดูดซับแบบผสมที่ผู้วิจัยได้ศึกษา สามารถใช้เป็นตัวเลือกในการเก็บตัวอย่างไอระเหยของทินเนอร์ได้ แต่เนื่องจากทินเนอร์มีสารประกอบที่ใช้ผสมเป็นทินเนอร์ค่อนข้างหลากหลายมาก และแต่ละชนิดมีความแตกต่างกัน แต่โดยทั่วไป จะมีสารประกอบตัวหลักที่ไม่แตกต่างกันมากนัก เช่น toluene, ketone และ alcohol เป็นต้น หากจะนำไปใช้จริงในสถานที่เกิดเหตุ จึงควรต้องศึกษาชนิดของตัวดูดซับและยี่ห้อของทินเนอร์ให้มากขึ้น ให้เหมาะกับการใช้เก็บไอระเหยของสารก่อเพลิงเหลว

ชนิดอื่นๆด้วย ส่วนวิธีการ เก็บตัวอย่าง สามารถใช้เป็นทางเลือกในการเก็บตัวอย่างไอระเหยของสารก่อเพลิงชนิดเหลวได้เช่นกันแต่อาจต้องพัฒนาในส่วนของกล่องให้สามารถควบคุมความร้อนได้

เอกสารอ้างอิง

- Rodgers, C. L., K. A. St. Pierre, and A. B. Hall. (2014). **Recovery of oxygenated ignitable liquids by zeolites, Part II: Dual-mode heated passive headspace extraction.** Forensic Science International, v. 240, p.144-150.
- St. Pierre, K. A., V. J. Desiderio, and A. B. Hall. (2014). **Recovery of oxygenated ignitable liquids by zeolites, Part I: Novel extraction methodology in fire debris analysis.** Forensic Science International, v.240, p.137-143.
- Stauffer, E., J. A. Dolan, and R. Newman. (2008). **CHAPTER 6 - Sample Collection,** Fire Debris Analysis: Burlington, Academic Press, p.163-197
- เกษร ต้นนุกิจ. (2539). **คุณภาพทินเนอร์และการวิเคราะห์สารพิษในทินเนอร์,** กรมวิทยาศาสตร์บริการ, ปีที่ 44, ฉบับที่ 140, ประจำเดือน ม.ค.2539, หน้า.10-13.
- ไทพีศรีนิติ ภัคติกุล. (2545).**การตรวจสถานที่เกิดเหตุคดีเพลิงไหม้, การตรวจหาพยานหลักฐานจากสถานที่เกิดเหตุ.** คณะสังคมศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, หน้า. 133-155
- ธัญญา ศูนย์คุ้ม.(2559), **การตรวจพิสูจน์น้ำมันเบนซินบนฝ่ามือและเสื้อผ้าของผู้วางเพลิงโดยเทคนิค* Gas Chromatography - Flame Ionization Detector (GC-FID):** แพทยสารทหารอากาศ, ฉบับที่ 61, หน้า18-23.
- สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. (2554). **มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมทินเนอร์สำหรับแลคเกอร์,** มอก.496 2553
- สุวรรณ ลาภสุวณานนท์.(2549).**การตรวจพิสูจน์คราบน้ำมันเชื้อเพลิงบนผิวหนังโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี.** (วิทยานิพนธ์ ปริญญาโทบริหารคดี, มหาวิทยาลัยมหิดล)

การสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสับปะรดด้วยการกระตุ้น โดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์

พูนฉวี สมบัติศิริ ศิวัช ตั้งประเสริฐ โศภิษฐพร ศิลปะภรณ์สุข

คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏรำไพพรรณี

email: punchavee_s@hotmail.com, siwattawis@hotmail.com, s.sopittaporn@gmail.com

บทคัดย่อ

เปลือกและจุกของสับปะรดเป็นวัสดุเหลือทิ้งจากการเกษตร ได้นำมาศึกษาเพื่อเป็นการเพิ่มมูลค่าและลดปัญหาในการกำจัดทิ้งด้วยการนำมาใช้เป็นวัสดุตั้งต้นเพื่อผลิตถ่านกัมมันต์ งานวิจัยนี้จึงเป็นการสังเคราะห์และศึกษาคุณภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกและจุกสับปะรดสับปะรดด้วยกระบวนการกระตุ้นทางเคมี โดยใช้อัตราส่วนระหว่างวัตถุดิบและสารกระตุ้น คือ โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผลการทดลองพบว่า การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมกับจุกของสับปะรดที่เหมาะสมคือ ที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักของถ่านจากเปลือกผสมจุกของสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1:2 และเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที และที่อัตราส่วนโดยน้ำหนักถ่านของเปลือกผสมจุกของสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ เท่ากับ 1:2 และเผากระตุ้นที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 180 นาที จะได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าการดูดซับไอโอดีนสูงสุด เท่ากับ 1,432 และ 1,687 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ค่าร้อยละปริมาณความชื้นร้อยละ เท่ากับ 4.58 และ 9.53 และมีค่าร้อยละปริมาณเถ้า เท่ากับ 11.60 และ 6.30 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การสังเคราะห์ ถ่านกัมมันต์ เปลือกสับปะรด จุกสับปะรด โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ โซเดียมไฮดรอกไซด์

Synthesis of activated carbon from pineapple peels mix with pineapple crowns by activation with potassium hydroxide and sodium hydroxide

Punchavee Sombutsiri^{1,a}, Siwat Thungprasert^{1,b}, Sopittaporn Sillapapiromsuk^{1,c}

¹Faculty of Science, Lampang Rajabhat University, Lampang, Thailand

E-mail; ^apunchavee_s@hotmail.com, ^bsiwattawis@hotmail.com, ^cs.sopittaporn@gmail.com

Abstract

Pineapple peels and pineapple crown are the solid waste produced from agriculture. The aim for this work was synthesis and analyze activated carbon from mix peels and crown of pineapple by activated with potassium hydroxide and sodium hydroxide. This research was found that activated carbon from mix peels and crown of pineapple and potassium hydroxide as 1:2 at 700 °c for 180 min and mix peels and crown of pineapple and sodium hydroxide as 1:2 at 700 °c for 180 min gave the best performance. The percent of iodine number adsorption of both activated carbon were 1,432 and 1,687 mg/g, respectively. The percent of humidity were 4.58 % and 9.53 % and percent of ash content were 11.6 % and 6.30 %, respectively.

Keywords: Synthesis, Activated carbon, Pineapple peels, Pineapple crowns, Potassium hydroxide, Sodium hydroxide

บทนำ

ถ่านกัมมันต์ (Activated carbon) เป็นถ่านที่ผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพเพื่อทำให้เกิดรูพรุนเพิ่มขึ้นจำนวนมาก ภายในโครงสร้างมีลักษณะเป็นผลึกขนาดเล็กลักษณะโครงสร้างคล้ายแกรไฟต์ ถ่านกัมมันต์มีพื้นที่จำเพาะสูงมาก (300-2500 ตารางเมตรต่อกรัม) เนื่องจากมีความพรุนมากกว่า ทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับกลิ่นและสีได้มากกว่าถ่านธรรมดา จึงสามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน เช่น ดูดซับโลหะ ฟอสฟอรัส ดูดซับกลิ่น แต่งรสของสารละลาย ทำให้ก๊าซให้บริสุทธิ์และใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ คือ อุตสาหกรรมน้ำตาล อุตสาหกรรมน้ำมันและไขมัน อุตสาหกรรมอาหาร อุตสาหกรรมเครื่องดื่มแอลกอฮอล์ อุตสาหกรรมเคมีและยา เป็นต้น (สุภาพร เพ็ญญา และคณะ, 2557, น. 13-21)

วัสดุตั้งต้นที่นำมาใช้เตรียมและผลิตถ่านกัมมันต์ได้ต้องเป็นของแข็งที่มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบ เช่น ชีวมวล (Biomass) เซลลูโลส (Cellulose) พีต (Peat) ลิกไนต์ (Lignite) ถ่านหิน (Coal) นอกจากนี้ยังมีวัสดุทางเลือกอีกกลุ่มหนึ่งที่สามารถใช้ในการเตรียมถ่านกัมมันต์ได้ คือ วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตร (Agricultural residues) เนื่องจากหาได้ง่าย ราคาถูก และเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม เช่น เปลือกแอปริคอต (Apri-cot shell) ชังข้าวโพด (Corn cob) เปลือกขนุน (Jackfruit peel) เปลือกมะพร้าว (Coconut husk) ไม้มะกอก (Olive tree wood) เมล็ดมะกอก (Olive stones) เครือกล้วย (Banana empty fruit bunch) แกลบข้าว (Rice husk) เป็นต้น วัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรเหล่านี้มีวิธีเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์ 2 วิธี คือ กระตุ้นทางกายภาพ (Physical activation) และกระตุ้นทางเคมี (Chemical activation) ซึ่งวิธีการกระตุ้นทางเคมีเป็นวิธีที่นำมาใช้ศึกษาเตรียมถ่านกัมมันต์กันอย่างแพร่หลาย เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีกระตุ้นทางกายภาพ เนื่องจากขั้นตอนไม่ยุ่งยาก เวลาการกระตุ้นน้อย อุณหภูมิในการกระตุ้นต่ำ และถ่านได้มีพื้นที่ผิว และปริมาณ รูพรุนสูง สารเคมีที่ได้รับความนิยมนำมาใช้ในการกระตุ้นทางเคมี ได้แก่ ซิงค์คลอไรด์ ($ZnCl_2$) กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) (ธีรดิษฐ์ โพรตติงมคกุล, 2560, น. 197) จากงานวิจัยของ Liou and Wu (2009, pp. 693-698) พบว่าเมื่อใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) เป็นสารก่อกัมมันต์จะให้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิวจำเพาะสูง

ประชากรในจังหวัดลำปางส่วนใหญ่ประกอบอาชีพเกษตรกรรม ซึ่งเป็นอาชีพที่สามารถสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านเป็นอย่างมาก โดย พืช ผัก ผลไม้ ที่ชาวบ้านนิยมนำมาปลูกเพื่อสร้างรายได้ และนำมาบริโภคภายในครอบครัว คือ ข้าว ข้าวโพด สับปะรด สำหรับสับปะรดถือว่าเป็นผลไม้ที่นิยมเป็นอย่างมากในกลุ่มคนรักสุขภาพ และต้องการที่จะลดน้ำหนัก แต่จะทานเพียงเนื้อของสับปะรดเท่านั้น ส่วนเปลือกของสับปะรด และส่วนจุกของสับปะรดก็จะถูกนำไปทิ้งเป็นขยะหรือนำไปเผาเป็นจำนวนมากซึ่งก่อให้เกิดมลพิษทางอากาศอย่างมาก และไม่มีการนำส่วนต่างๆ เหล่านี้มาแปรรูปเพื่อสร้างรายได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาศึกษาการสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุกของสับปะรดที่ถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) จนกลายเป็นถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่ผิว และปริมาณรูพรุนที่สูงซึ่งมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงกว่าถ่านธรรมดาทั่วไป เพื่อเป็นแนวทางในการนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในงานด้านต่างๆ และเป็นการสร้างรายได้จากการนำของเหลือทิ้งทางการเกษตรเหล่านี้ไปแปรรูปให้มีมูลค่าเพิ่มมากขึ้น

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อสังเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุกสับปะรดที่ถูกกระตุ้นโดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)
2. เพื่อศึกษาคุณภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุกสับปะรดที่ถูกกระตุ้นโดยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) และโซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมเปลือกและจุลสัประด

นำเปลือกและจุลสัประดมาสับเป็นชิ้นเล็กๆ ขนาด 1-2 เซนติเมตร จำนวน 500 กรัม แล้วนำมาอบในตู้อบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นนำเปลือกและจุลสัที่อบแล้วเก็บไว้ในที่แห้ง

2. การเตรียมถ่านจากเปลือกและจุลสัประด

นำเปลือกและจุลสัประดที่อบแล้วมาเผาให้เป็นถ่านที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส ใช้เวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นนำถ่านจากเปลือกและจุลสัประดเก็บไว้ในที่แห้ง

3. การเตรียมถ่านกัมมันต์โดยการแช่ในโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์

อัตราส่วนของถ่านจากเปลือกและจุลสัประด:โซเดียมไฮดรอกไซด์ และอัตราส่วนของถ่านจากเปลือกและจุลสัประด:โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ใช้อัตราส่วนเดียวกัน ได้แก่ 1:1, 1:2, 2:1 โดยทำการแช่ในโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นกรองด้วยกระดาษกรอง แล้วนำไปอบให้แห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง

4. การเผากระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์

นำเปลือกและจุลสัประดแต่ละอัตราส่วนที่แช่และผ่านการอบแล้วมาเผากระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ อุณหภูมิที่ใช้ในการกระตุ้นให้เป็นถ่านกัมมันต์ คือ 600 และ 700 องศาเซลเซียส ตามลำดับ เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จะได้ถ่านกัมมันต์จากเปลือกและจุลสัประดที่มีลักษณะเป็นสีดำ ถ่านกัมมันต์ที่ได้ด้วยน้ำประปา 2-3 ครั้ง เพื่อกำจัดสารกระตุ้นที่หลงเหลืออยู่ออกให้หมด ตามด้วยการล้างน้ำกลั่นอีก 2-3 ครั้ง หรือทดสอบที่น้ำล้างให้มี pH เป็นกลางเป็นการเสร็จสิ้นขั้นตอนการล้าง นำถ่านกัมมันต์ที่ล้างแล้วไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง

5. การวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์

นำถ่านกัมมันต์ที่ได้จากการเผากระตุ้นแต่ละอัตราส่วนมาทำการวิเคราะห์สมบัติของถ่านกัมมันต์ แบ่งออกเป็นวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน (Iodine number) ของถ่านกัมมันต์ โดยวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D4607-94 จากนั้นวิเคราะห์สมบัติแบบประมาณ (Proximate analysis) โดยวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของถ่านตัวอย่าง โดยวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3173-95 และวิเคราะห์หาปริมาณของเถ้าของถ่านตัวอย่าง โดยวิธีการวิเคราะห์ตามมาตรฐาน ASTM D3174-95 (ปริญธร เต็มญารศิลป์, 2551)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

งานวิจัยนี้ทำการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัประด และศึกษาคุณภาพของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัประด โดยวิเคราะห์ค่าการดูดซับไอโอดีน วิเคราะห์หาปริมาณเถ้าและวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ดังนี้

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัประด

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัประดโดยอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง แล้วทำการเผาที่อุณหภูมิ 300 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง โดยเปลือกสัประดสดน้ำหนัก 5,230 กรัม เมื่อนำไปอบจะได้เปลือกสัประดแห้งน้ำหนัก 3,868 กรัม จากนั้นนำไปทำการเผาจะได้ถ่านจากเปลือกสัประดที่มีน้ำหนัก 1,692 กรัม และจุลสัประดสดน้ำหนัก 6,540 กรัม ผ่านการอบจะได้หัวสัประดแห้งน้ำหนัก 2,463 กรัม และนำไปเผาจะได้ถ่านจากจุลสัประดน้ำหนัก 1,200 กรัม ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การเตรียมถ่านจากเปลือกและจุกสับปะรด

ส่วนของสับปะรด ที่นำมาใช้	น้ำหนักก่อนอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังอบ (กรัม)	น้ำหนักหลังเผาเป็นถ่าน (กรัม)	ถ่าน (เปอร์เซ็นต์)
เปลือกสับปะรด	5,230	3,868	1,692	32.35
หัวสับปะรด	6,540	2,463	1,200	18.35

การเตรียมถ่านกัมมันต์ จะใช้ถ่านที่ได้จากเปลือกสับปะรดและจุกสับปะรดมาผสมกันในอัตราส่วนที่เท่ากัน กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ โดยแบ่งชุดการทดลองเป็น 4 ชุด ดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ 1:1 1:2 และ 2:1 เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส น้ำหนักก่อนเผา เท่ากับ 23.89 กรัม, 34.8 กรัม และ 48.42 กรัม น้ำหนักหลังเผา เท่ากับ 9.93 กรัม, 14.12 กรัม และ 21.97 กรัม ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ 1:1 1:2 และ 2:1 เเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส น้ำหนักก่อนเผา เท่ากับ 36.86 กรัม, 42.30 กรัม และ 44.67 กรัม น้ำหนักหลังเผา เท่ากับ 17.01 กรัม, 19.99 กรัม และ 26.53 กรัม ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ 1:1 1:2 และ 2:1 เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส น้ำหนักก่อนเผา เท่ากับ 21.62 กรัม, 29.95 กรัม และ 49.56 กรัม น้ำหนักหลังเผา เท่ากับ 13.09 กรัม, 15.12 กรัม และ 23.7 กรัม ตามลำดับ ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้แก่ 1:1 1:2 และ 2:1 เเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส น้ำหนักก่อนเผา เท่ากับ 31.4 กรัม, 37.6 กรัม และ 60.54 กรัม น้ำหนักหลังเผา เท่ากับ 16.28 กรัม, 27.44 กรัม และ 32.45 กรัม ตามลำดับ ดังตารางที่ 2 และตารางที่ 3

ตารางที่ 2 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุกสับปะรดที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วน (ถ่านต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์)	น้ำหนักก่อนเผา (กรัม)	น้ำหนักหลังเผา (กรัม)	ถ่านกัมมันต์ (เปอร์เซ็นต์)
600	1:1	23.89	9.93	41.57
	1:2	34.80	14.12	40.57
	2:1	48.42	21.97	45.37
700	1:1	36.86	17.01	46.14
	1:2	42.30	19.99	47.26
	2:1	44.67	26.53	59.39

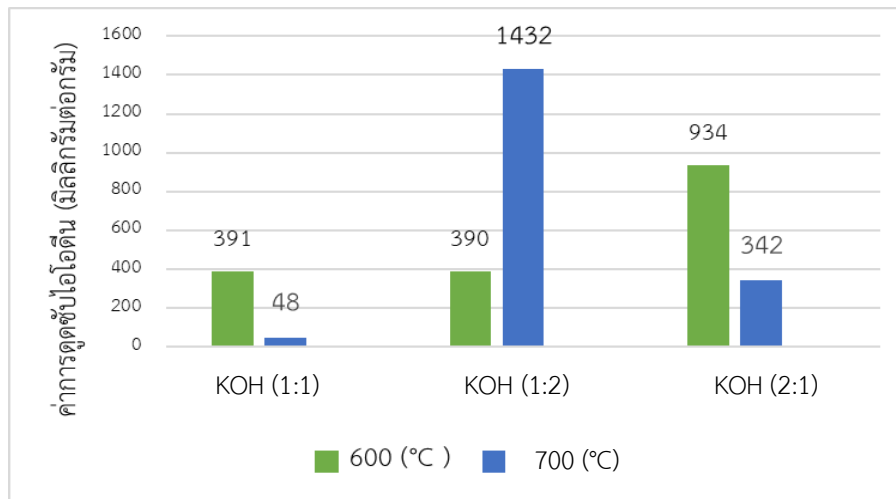
ตารางที่ 3 การเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

อุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)	อัตราส่วน (ถ่านต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์)	น้ำหนักก่อนเผา (กรัม)	น้ำหนักหลังเผา (กรัม)	ถ่านกัมมันต์ (เปอร์เซ็นต์)
600	1:1	21.62	13.09	60.55
	1:2	29.95	15.12	50.48
	2:1	49.56	23.70	47.82
700	1:1	31.40	16.28	51.85
	1:2	37.60	27.44	72.98
	2:1	60.54	32.45	53.60

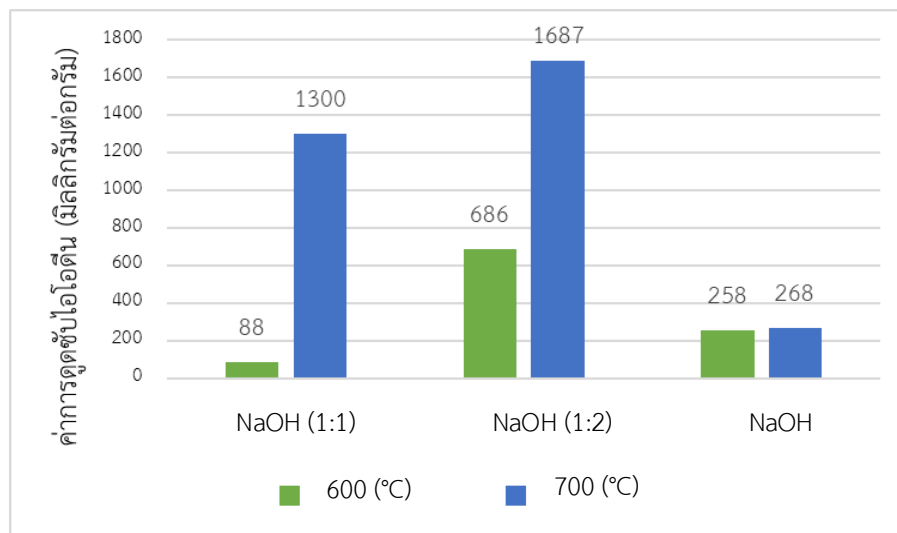
2. การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนมเบอร์

จากการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 2:1, 1:1, 1:2 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 934, 391 และ 390 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:2, 2:1 และ 1:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 1,432, 342 และ 48 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนมเบอร์ของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:2, 2:1 และ 1:1 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 686, 258 และ 88 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:2, 1:1 และ 2:1 ผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนมเบอร์เท่ากับ 1,687, 1,300 และ 268 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 1 และภาพที่ 2

โดยถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้น 1:2 เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1,432 และ 1,687 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามลำดับ และถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้น 1:2 เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 686 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาความสามารถในการกำจัดโครเมียมและนิกเกิลจากน้ำเสีย สังกะสีโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส และไม่กระถินเทพา พบว่า อัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุดิบต่อสารกระตุ้นโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อัตรา 1:2 ได้ผลิตถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส และไม่กระถินเทพามีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 701 มิลลิกรัมต่อกรัม (รัชชัย สิงห์ศิริ, 2549, น. 25) อีกทั้งยังสอดคล้องกับงานวิจัยการพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว พบว่าการเผาถ่านกัมมันต์ที่ดีต้องเผาในช่วงอุณหภูมิ 700-900 องศาเซลเซียส การเผาในช่วงอุณหภูมินี้จะเป็นการเผาไหม้ที่สมบูรณ์ สารตั้งต้นจะกลายเป็นคาร์บอนที่มีรูพรุนหนาได้ถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพดีกว่า (อนุสรณ์ สิ้นสะอาด, 2560, น. 95-108)



ภาพที่ 1 กราฟแสดงค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

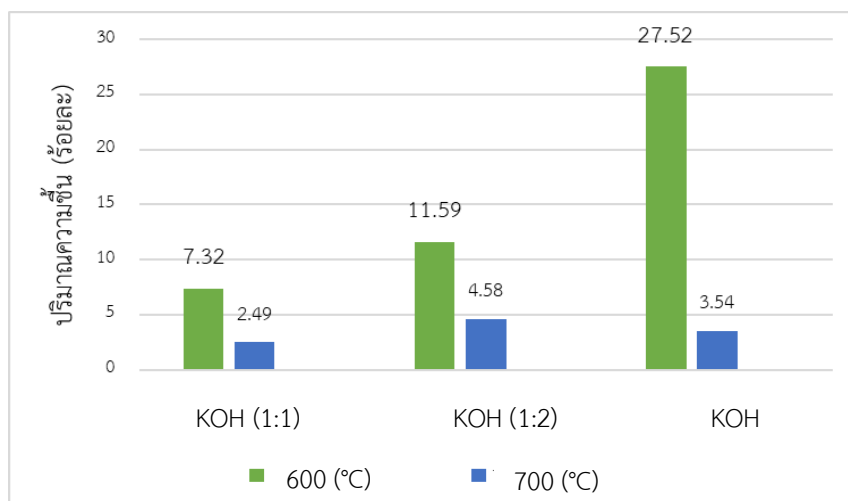


ภาพที่ 2 กราฟแสดงค่าการดูดซับไอโอดีนของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

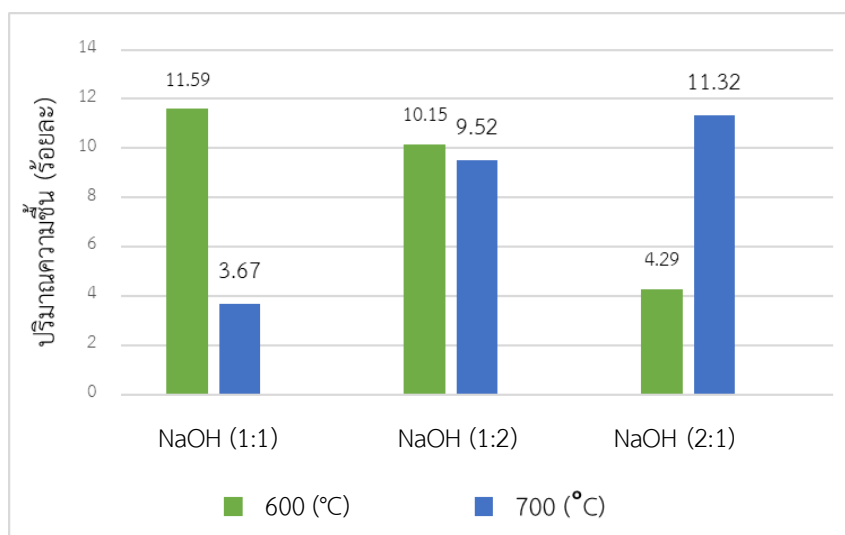
3. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้น

จากการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 7.32, 11.59 และ 27.52 ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 2.49, 4.58 และ 3.54 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดถูกกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 11.59, 10.15 และ 4.29 ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลชีพประดถูกกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 3.67, 9.52 และ 11.32 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4

โดยถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสับประตูกะดุนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้น 1:1 เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 7.32 ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสับประตูกะดุนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้น 1:1 เผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นน้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 2.49 และ 3.67 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาการเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันให้ได้ถ่าน และนำถ่านไปกระตุ้นทางเคมีด้วยซิงค์คลอไรด์ พบว่า อัตราส่วนระหว่างสารตั้งต้นต่อสารกระตุ้นที่เหมาะสมคือ 1:1 มีค่าปริมาณความชื้น 1.07% เป็นอัตราส่วนที่มีความชื้นน้อยที่สุด (สุภาพร เพ็ญญา และคณะ, 2557, น. 13-21)



ภาพที่ 3 กราฟแสดงค่าปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์



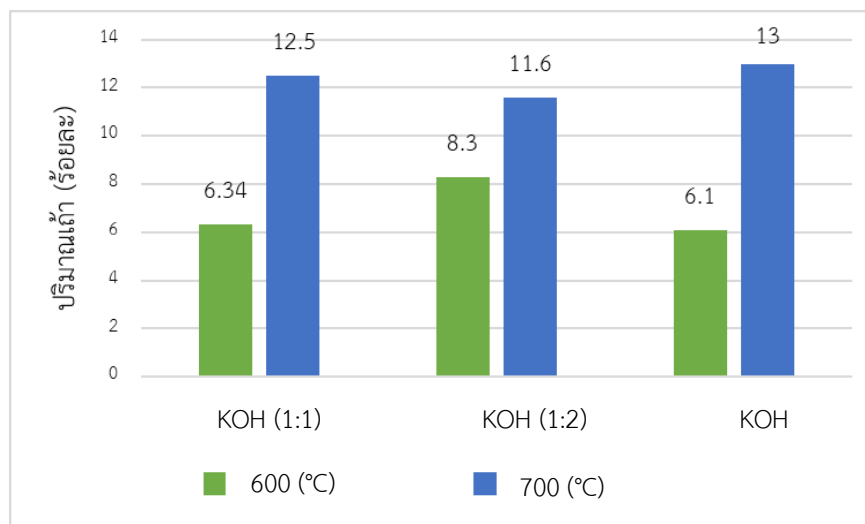
ภาพที่ 4 กราฟแสดงค่าปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์

4. การวิเคราะห์ปริมาณเถ้า

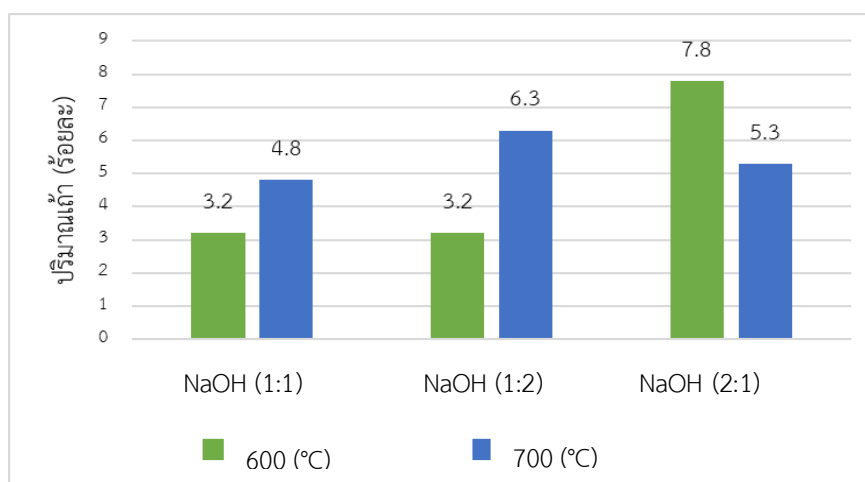
จากการวิเคราะห์ปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสับประตูกะดุนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าเท่ากับ ร้อยละ 6.34, 8.30 และ 6.10 ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสับประตูกะดุนด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ใน

อัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าเท่ากับ ร้อยละ 12.50, 11.60 และ 13.00 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์หาปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลินทรีย์สับปะรดถูกกระตุ้นด้วยไซโตเรียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าเท่ากับ ร้อยละ 3.20, 3.20 และ 7.80 ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลินทรีย์สับปะรดถูกกระตุ้นด้วยไซโตเรียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และผ่านการเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าเท่ากับ ร้อยละ 4.80, 6.30, และ 5.30 ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 5 และภาพที่ 6

โดยถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลินทรีย์สับปะรดถูกกระตุ้นด้วยไซโตเรียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้น 1:1 เผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 3.20 และเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุดเท่ากับ ร้อยละ 4.80 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยการศึกษาการเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากมังคุด โดยนำเปลือกมังคุดไปผ่านกระบวนการคาร์บอนไนเซชันให้ได้ถ่าน และนำถ่านไปกระตุ้นทางเคมีด้วยซิงค์คลอไรด์ พบว่า อัตราส่วนระหว่างสารตั้งต้นต่อสารกระตุ้นที่เหมาะสมคือ 1:1 มีค่าปริมาณเถ้า 5.68% เป็นอัตราส่วนที่มีปริมาณเถ้าที่น้อยที่สุด (สุภาพร เพ็ญญา และคณะ, 2557, น. 13-21)



ภาพที่ 5 กราฟแสดงค่าปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์



ภาพที่ 6 กราฟแสดงค่าปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยไซโตเรียมไฮดรอกไซด์

5. สรุปผลการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนมเบอร์ ร้อยละปริมาณความชื้น และร้อยละปริมาณเถ้า

จากการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนมเบอร์ ร้อยละปริมาณความชื้น และร้อยละปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัปะรดที่ถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 และ ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัปะรดที่ถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ในอัตราส่วนของผงถ่านต่อสารกระตุ้นคือ 1:1, 1:2, 2:1 ได้ผลการวิเคราะห์สรุปดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 สรุปผลการวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนมเบอร์ ร้อยละปริมาณความชื้น และร้อยละปริมาณเถ้า

อัตราส่วน		อุณหภูมิการเผา (°C)					
		600			700		
		ค่าไอโอดีน นมเบอร์ (mg/g)	ปริมาณ เถ้า	ปริมาณ ความชื้น	ค่าไอโอดีน นมเบอร์ (mg/g)	ปริมาณ เถ้า	ปริมาณ ความชื้น
ถ่านต่อ	1:1	391	6.34	7.32	48	12.50	2.49
โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์	1:2	390	8.30	11.60	1,432	11.60	4.58
	2:1	934	6.10	27.53	342	13.00	3.84
ถ่านต่อ	1:1	88	3.20	11.59	1,300	4.80	3.67
โซเดียมไฮดรอกไซด์	1:2	686	3.20	10.15	1,687	6.30	9.53
	2:1	258	7.80	4.29	268	5.30	11.32

จากตารางที่ 4 จะเห็นได้ว่าสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัปะรด เมื่อกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:2 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่สภาวะดังกล่าวได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1,432 มิลลิกรัมต่อกรัม และเมื่อกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียสในอัตราส่วน 1:1 และ 1:2 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่สภาวะดังกล่าวได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1,300 และ 1,687 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.900-2547 ที่กล่าวว่า ค่าไอโอดีนนมเบอร์ต้องไม่น้อยกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุลสัปะรด เมื่อกระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:2 เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ที่สภาวะดังกล่าวได้ถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีนนมเบอร์ที่ดีที่สุดคือ 1,687 มิลลิกรัมต่อกรัม เนื่องจากโครงสร้างของโซเดียมไฮดรอกไซด์มีขนาดเล็กกว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ เมื่อนำโซเดียมไฮดรอกไซด์ไปกระตุ้นสารตั้งต้นจะทำให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีพื้นที่จำเพาะสูง เนื่องจากมีความพรุนที่มากกว่า ทำให้ถ่านมีพื้นที่ผิวภายในเพิ่มขึ้น สามารถดูดซับไอโอดีนได้ดีกว่าถ่านกัมมันต์ที่ถูกกระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์

ปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:1 เท่ากับร้อยละ 7.32 และที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 1:1, 1:2, 2:1 มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 2.49, 4.58 และ 3.54 ตามลำดับ ถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ในอัตราส่วน 2:1 เท่ากับร้อยละ 4.29 และในอัตราส่วน 1:1, 1:2 ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีปริมาณความชื้นเท่ากับ ร้อยละ 3.67 และ 9.52 ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.900-2547 ที่กล่าวว่า ปริมาณเถ้าต้องมีย่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 10

ปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เท่ากับ ร้อยละ 6.34, 8.30 และ 6.10 ตามลำดับ และปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส เท่ากับ ร้อยละ 3.20, 3.20 และ 7.80 ตามลำดับ ปริมาณเถ้าของถ่านกัมมันต์ที่กระตุ้นด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วน 1:1, 1:2 และ 2:1 ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส เท่ากับ ร้อยละ 4.80, 6.30 และ 5.30 ตามลำดับ ซึ่งข้อมูลดังกล่าวข้างต้นเป็นไปตามมาตรฐาน มอก.900-2547 ที่กล่าวว่า ปริมาณความชื้นต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 8

สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการเตรียมถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุกสับปะรดด้วยการเผากระตุ้นโดยใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ถ่านกัมมันต์แบ่งเป็นชุดการทดลองดังนี้ ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วนของถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส การวิเคราะห์ถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุกสับปะรด ได้แก่ ค่าไอโอดีน นัมเบอร์ ร้อยละปริมาณเถ้า และปริมาณความชื้นสามารถสรุปได้ดังนี้

1) การเตรียมถ่านจากเปลือกผสมจุกของสับปะรด ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส ก่อนอบเปลือกน้ำหนัก 5,230 กรัม หลังอบเปลือกน้ำหนักคงเหลือ 3,868 กรัม เมื่อเผาเสร็จถ่านของเปลือกมีน้ำหนัก 1,692 กรัม ถ่านที่ได้จากเปลือกสับปะรดคิดเป็น 32.35 เปอร์เซ็นต์ ส่วนจุกสับปะรดมีน้ำหนักก่อนอบ 6,540 กรัม หลังอบจุกสับปะรดน้ำหนักคงเหลือ 2,463 กรัม เมื่อเผาเสร็จถ่านของจุกสับปะรดมีน้ำหนัก 1,200 กรัม ถ่านที่ได้จากจุกสับปะรดคิดเป็น 18.35 เปอร์เซ็นต์

2) การเตรียมถ่านกัมมันต์จากชุดการทดลองทั้งหมด 4 ชุด ได้แก่ ชุดการทดลองที่ 1 อัตราส่วนของถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 2 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 3 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ชุดการทดลองที่ 4 อัตราส่วนระหว่างถ่านจากเปลือกผสมจุกสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:1 1:2 และ 2:1) เเผาที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส พบว่า ถ่านกัมมันต์ในชุดการทดลองที่ 4 ทุกอัตราส่วนมีน้ำหนักมากที่สุด โดยมีน้ำหนักหลังเผา 16.28, 27.44 และ 32.45 กรัม ตามลำดับ

3) การวิเคราะห์ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ พบว่า อัตราส่วนของเปลือกผสมจุกของสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:2) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุด เท่ากับ 1,432 มิลลิกรัมต่อกรัม และอัตราส่วนของเปลือกผสมจุกของสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:2) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงสุด เท่ากับ 1,687 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบอัตราส่วนทั้งสองตามมาตรฐานค่าไอโอดีนนัมเบอร์ของมอก. 900-2547 ค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ดีควรมีค่ามากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม

4) การวิเคราะห์ร้อยละปริมาณความชื้น พบว่า อัตราส่วนของเปลือกผสมจุกของสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:2) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 4.58 และอัตราส่วนของเปลือกผสมจุกของสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:2) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณความชื้นร้อยละ 9.53 ตามมาตรฐานของถ่านกัมมันต์ที่มีประสิทธิภาพจะต้องมีค่าร้อยละปริมาณความชื้น น้อยกว่า 6

5) การวิเคราะห์ร้อยละปริมาณเถ้า พบว่า อัตราส่วนของเปลือกผสมจุของสับปะรดต่อโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (1:2) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 11.6 และอัตราส่วนของเปลือกผสมจุของสับปะรดต่อโซเดียมไฮดรอกไซด์ (1:2) ที่อุณหภูมิ 700 องศาเซลเซียส มีค่าปริมาณเถ้าร้อยละ 6.30 ตามมาตรฐานปริมาณความชื้นต้องมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละ 8 โดยปริมาณเถ้าที่ต่ำจะทำให้ปริมาณคาร์บอนคงตัวสูง ซึ่งจะส่งผลต่อความสามารถในการดูดซับต่อหน่วยน้ำหนักของถ่านกัมมันต์

ดังนั้น การเตรียมถ่านจากเปลือกผสมจุของสับปะรดด้วยโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์และโซเดียมไฮดรอกไซด์ ช่วยลดการดูดตันของรูพรุนภายในเนื้อของถ่านกัมมันต์ ส่งผลให้ถ่านกัมมันต์ที่ได้เกิดรูพรุนของถ่านเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับค่าไอโอดีน นัมเบอร์ ทำให้ค่าไอโอดีน นัมเบอร์สูง โดยถ่านกัมมันต์ที่มีค่าไอโอดีน นัมเบอร์สูงมากกว่า 600 มิลลิกรัมต่อกรัม ตามมาตรฐาน มอก. 900-2547 จะสามารถดูดซับได้ดี ส่วนร้อยละปริมาณความชื้นและเถ้าเป็นการระเหยของสารอินทรีย์ที่อยู่ในเปลือกและจุของสับปะรด ถัาร้อยละความชื้นและเถ้ามีค่าน้อย ปริมาณเถ้าคงเหลือน้อย ค่าคาร์บอนคงตัวจะเพิ่มขึ้นในขณะที่ปริมาณสารระเหยจะลดลงคาร์บอนคงตัวเป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่เหลือของถ่านหลังจากที่กำจัดความชื้นเถ้า และสารระเหยออก เนื่องจากการสลายตัวของโครงสร้างซึ่งหลุดออกไปในรูปสารระเหยหรืออาจเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารกระตุ้นกับโครงสร้างของถ่าน ส่งผลให้ค่าไอโอดีน นัมเบอร์สูงด้วย (สมชาย มณีวรรณ และคณะ, 2551, น. 8-32)

ข้อเสนอแนะ

1) งานวิจัยครั้งต่อไปควรศึกษาและพิจารณาภาวะในการหาอัตราส่วนของวัตถุดิบต่อสารเคมี และเวลาที่ใช้ในการวิจัย เพื่อเป็นการประหยัดค่าใช้จ่าย และเพื่อเป็นการพัฒนากระบวนการผลิตถ่านกัมมันต์ให้มีต้นทุนต่ำ

2) ในระหว่างการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ควรเก็บถ่านไว้ในถุงซิปล็อคปิดให้สนิท เนื่องจากถ่านกัมมันต์จากเปลือกผสมจุของสับปะรดจะไวต่อความชื้น เมื่อนำไปวิเคราะห์ปริมาณความชื้นอาจทำให้ถ่านกัมมันต์มีค่าความชื้นสูง และมีผลทำให้การวิเคราะห์เกิดความคลาดเคลื่อน

เอกสารอ้างอิง

- รัชชัย สิงหศิริ. (2549). การใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้ยูคาลิปตัส (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh.) และไม้กระถินเทพา (*Acacia mangium* Willd.) เพื่อการกำจัดโครเมียม และนิเกิล จากน้ำเสียสังเคราะห์. วารสารวิศวกรรมสิ่งแวดล้อมไทย, 20(3), 25.
- ธีรศักดิ์ โพธิ์ตันติมงคล. (2560). ถ่านกัมมันต์จากวัสดุเหลือใช้ทางการเกษตรโดยการกระตุ้นทางเคมีเพื่อการประยุกต์ใช้กำจัดสารมลพิษในน้ำ. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้, 8(1), 197.
- ปรินทร์ เต็มญารศิลป์. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์คุณลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงแล้ไฟหมากู (วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (เคมี)). มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ.
- สมชาย มณีวรรณ อนุสรณ์ วรสิงห์ นิตยา आयुยืน และณิชนันท์ คำนวนสิทธิ์. (2551). การผลิตถ่านกัมมันต์จากเปลือกมะขามเพื่อนำไปประยุกต์ใช้เป็นตัวกรองอากาศในโรงงานอุตสาหกรรมพ่นสีรถยนต์ (รายงานผลการวิจัย). พิษณุโลก: มหาวิทยาลัยนเรศวร.
- สุภาพร รัตนพันธ์ เพ็ญภา เพ็งแจ่ม และพนิตา กังชุ่น. (2557). การเตรียมและลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากเปลือกมังคุด (*Preparation and Characterization of Mangosteen Peel Activated Carbon*). วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, 43(4), 13-21.
- อนุสรณ์ สีนสะอาด. (2560). การพัฒนาประสิทธิภาพเตาเผาถ่านกัมมันต์จากกะลามะพร้าว. วารสารคณะเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง, 10(2), 95-108.

- Liou, T.H. and Wu, S.J. (2009). **Characteristics of microporous/mesoporous carbons prepared from rice husk under base-and acid-treated conditions**, *J Hazard Matter*, 172, 693-698.
- Punsuwan, N., Tangsathitkulchai, C., Takarada, T. (2015). **Low Temperature Gasification of Coconut Shell with CO₂ and KOH: Effects of Temperature Chemical Loading and Introduced Carbonization Step on the Properties of Syngas and Porous Carbon Product**, *International Journal of Chemical Engineering*, 7, 1-16.

อิทธิพลของสารตัวเติมต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มยางธรรมชาติโปรตีนต่ำผสมลิกนิน

ดุสิตพร ศรีลักษณ์¹, นันทิยา หาญศุภลักษณ์^{1, 2, 3}

¹ ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย

² ศูนย์วิทยาการขั้นสูงด้านเทคโนโลยีอุตสาหกรรม คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย

³ ศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางวัสดุยางและพอลิเมอร์เพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรม ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร 10900 ประเทศไทย

E-mail address: fengnyh@ku.ac.th (นันทิยา หาญศุภลักษณ์).

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้สนใจศึกษาอิทธิพลของสารตัวเติมสองชนิด คือ ไฮดรอกซี โพรพิล เมทิล เซลลูโลส (HPMC) และกลีเซอรอล (GLY) ที่มีผลต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำที่ผสมกับลิกนินซึ่งมีสมบัติด้านเชื้อจุลินทรีย์ โดยได้ใช้วิธี Central Composite Design (CCD) ช่วยในการออกแบบการทดลองและศึกษาอิทธิพลของปัจจัยในช่วงที่สนใจ คือ HPMC ในช่วง 0–10 phr และ GLY ในช่วง 1–12 phr สมบัติเชิงกลของฟิล์มยางที่วัดประกอบด้วยค่า 100% มอดุลัส 300% มอดุลัส 500% มอดุลัส ค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาด และความยืดสูงสุด ณ จุดขาด จากการทดลองพบว่าปริมาณของ HPMC และ GLY ไม่ส่งผลอย่างมีนัยสำคัญต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มยางที่ความเชื่อมั่น 95% ทำให้ไม่สามารถสร้างแบบจำลองที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระและตัวแปรตามที่น่าสนใจ แต่เมื่อพิจารณาข้อมูล ก็พบว่าอิทธิพลของปริมาณ HPMC ต่อค่ามอดุลัสสอดคล้องกับหลักการผสมสารที่มีสมบัติต่างกัน กล่าวคือ การผสม HPMC กับยางทำให้ค่ามอดุลัสของฟิล์มยางเพิ่มมากขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับสมบัติของ HPMC ที่มีค่ามอดุลัสสูงกว่ายาง สำหรับการเติม GLY นั้นจะลดค่ามอดุลัสลง นั่นคือเพิ่มความนิ่มของฟิล์มยางได้ โดยเกิดจาก GLY ทำหน้าที่เป็นพลาสติกไซเซอร์ อย่างไรก็ตามการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลเหล่านี้ก็ยังถือว่าไม่มีนัยสำคัญในทางสถิติ

คำสำคัญ: ยางธรรมชาติ, ไฮดรอกซี โพรพิล เมทิล เซลลูโลส, กลีเซอรอล

Effects of additives on mechanical properties of low-protein natural rubber films compositing with lignin

Dusitporn Sarilak^{1,a}, Nanthiya Hansupalak^{1,2,3,b}

¹ Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

² Center for Advanced Studies in Industrial Technology, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand

³ Specialized Center of Rubber and Polymer Materials for Agriculture and Industry, Faculty of Science, Kasetsart University, Bangkok 10900, Thailand
E-mail: ^adusitporn.sa@ku.th, ^bfengnyh@ku.ac.th

Abstract

This study aimed to investigate influences of hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) and glycerol (GLY) on mechanical properties (i.e. 100% modulus, 300% modulus, 500% modulus, tensile strength, and elongation at break) of low-protein natural rubber films compositing with lignin, added to enhance the antimicrobial property of the film. Central composite design (CCD) was used for experimental design in the range of 0–10 phr HPMC and 1–12 phr GLY, respectively. The results revealed that both HPMC and GLY did not significantly affect changes in those mechanical properties with 95% interval confidence. As a result, models representing the relationship between the independent and dependent variables could not be obtained. However, the visualization of data revealed that the influence of HPMC on the moduli was in agreement with the fundamental knowledge of blending two substances with different properties. The increasing of HPMC enhanced films' moduli, which is due to the fact that HPMC is stiffer than rubber. The addition of GLY, however, decreased the moduli, softening the rubber film. This was attributed to GLY acting as a plasticizer. Nevertheless, the influences of HPMC and GLY were deemed not significant statistically.

Keywords: natural rubber; hydroxypropyl methylcellulose; glycerol

บทนำ

ยางธรรมชาติ เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติของของไหลหนืด อีกทั้งยังมีความยืดหยุ่นที่ดี จึงเป็นหนึ่งในตัวเลือกที่น่าสนใจในการนำมาสังเคราะห์เป็นแผ่นฟิล์ม การจัดโปรตีนในยางธรรมชาติออก ซึ่งเรียกว่าผ่านกระบวนการนี้ว่า ยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำ รวมทั้งการเติมสารเติมแต่ง (Additives) เพื่อปรับปรุงสมบัติเชิงกลหรือสมบัติทางกายภาพ ล้วนช่วยเพิ่มการใช้งานของฟิล์มยางได้อย่างหลากหลายขึ้น เช่น กุ้งมื่อ กุ้งยางอนามัย เป็นต้น (Yeang et al., 2002)

การปรับปรุงสมบัติเชิงกลของฟิล์มยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำ เช่น มอดุลัส และค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาด เป็นต้น สามารถทำได้ด้วยการผสมกับพอลิเมอร์ที่มีสมบัติเชิงกลที่ดีและมีความเข้ากันได้กับฟิล์มยาง ในที่นี้ Pichayakorn et al. (2012) ได้ศึกษาการเติมสารตัวเติมหลายชนิดและพบว่าไฮดรอกซี โพรพิลเมทิล เซลลูโลส (HPMC) กับกลีเซอรอล (GLY) มีความเหมาะสมในการนำมาปรับปรุงสมบัติของฟิล์มยางธรรมชาติ โดยให้ค่าสมบัติเชิงกลที่ดีที่สุดเมื่อเทียบกับสารตัวเติมชนิดอื่นๆ นอกจากนี้สารทั้งสองยังมีความเป็นพิษต่ำด้วย (Burdock, 2007; de Barros et al., 2019)

ลิกนินเป็นสารที่มีน้ำหนักโมเลกุลต่ำ เป็นสารธรรมชาติเพราะเป็นองค์ประกอบในโครงสร้างของพืชและเป็นของเหลือจากอุตสาหกรรมการแปรรูป (Vinardell and Mitjans, 2017) รายงานก่อนหน้านี้ระบุว่าลิกนินสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียได้ด้วย โดยสามารถต่อต้านเชื้อแบคทีเรียชนิดแกรมบวกได้ดีกว่าชนิดแกรมลบ (Dong et al., 2011) ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการเตรียมแผ่นฟิล์มยางธรรมชาติที่ผสมกับลิกนินเพื่อเพิ่มสมบัติการต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย แต่เนื่องจากปริมาณลิกนินที่เติมลงไปเพียงพอที่จะต่อต้านเชื้อแบคทีเรีย แต่ไม่เพียงพอที่จะทำให้สมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางอยู่ในระดับใช้งานได้ จึงจำเป็นต้องปรับปรุงด้วยการผสมพอลิเมอร์ที่มีคามอดุลัสสูง ในที่นี้เลือกใช้ HPMC ร่วมกับ GLY (Pichayakorn et al., 2012)

บทความนี้รายงานการศึกษาหาสภาวะที่เหมาะสมของการปรับปรุงสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์มยางโปรตีนต่ำโดยออกแบบการทดลองด้วยวิธี Central Composite Design (CCD) ช่วงที่สนใจคือ HPMC ในช่วง 0–10 phr และ GLY ในช่วง 1–12 phr เพราะนอกจากจะสามารถหาความสัมพันธ์ของแปรได้หลายตัวพร้อมกันด้วยวิธีนี้แล้ว ยังใช้จำนวนในการทดลองที่น้อยกว่าเมื่อเทียบกับการทดลองแบบเปลี่ยนทีละปัจจัย ซึ่งสามารถลดระยะเวลาในการศึกษาได้ นอกจากนี้ยังสามารถใช้สมการทางสถิติที่ได้มาในการทำนายสภาวะที่ดีที่สุดในการสังเคราะห์อีกด้วย (Ahmad and Abdul Munaim, 2019; Moughaoui et al., 2019; Rakić et al., 2014)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาอิทธิพลของไฮดรอกซี โพรพิลเมทิล เซลลูโลส และกลีเซอรอล ต่อสมบัติเชิงกลในยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำที่ผสมลิกนิน
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมฟิล์มยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำผสมลิกนินที่สามารถรับแรงดึงยึดได้ดี

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมน้ำยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำ (%dry rubber content = 50) ทำโดยผสมยูเรีย โซเดียมโดเดซิล ซัลเฟต (Sodium Dodecyl Sulfate; SDS) กับน้ำยางธรรมชาติสด (%dry rubber content = 37) จนเข้ากัน แล้วนำไปเหวี่ยงด้วยเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง จากนั้นตักแยกเฉพาะส่วนของชั้นครีมในตัวอย่างมาผสมกับสารละลาย SDS ทำเช่นนี้สามครั้งเพื่อให้แน่ใจว่าโปรตีนถูกกำจัดออกไปได้มากที่สุด (ร้อยละของไนโตรเจนลดลงมากกว่า 95.45 หลังจากจัดโปรตีนแล้ว ซึ่งยืนยันถึงปริมาณโปรตีนต่ำ)

2. การเตรียมฟิล์มยาง ทำโดยการผสมลิกนินในปริมาณ 0.1 phr (คงที่ในทุกการทดลอง) กับยางธรรมชาติชนิดโปรตีนต่ำ จากนั้นเติม HPMC และ GLY ตามสัดส่วนที่ได้ออกแบบการทดลองไว้ด้วย Design-Expert® 7 (Trial version) (ตารางที่ 1) กวนผสมให้เข้ากัน และเทลงแม่พิมพ์ อบจนแห้งสนิท

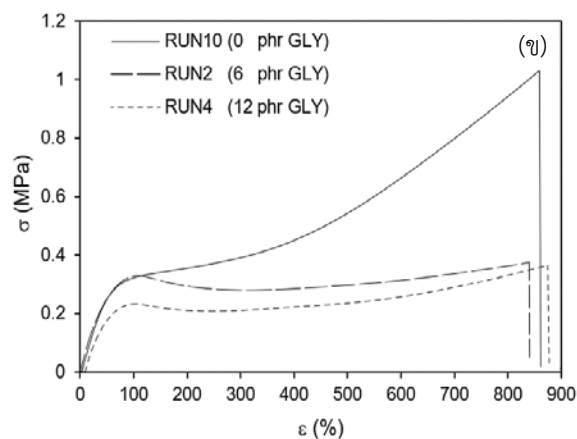
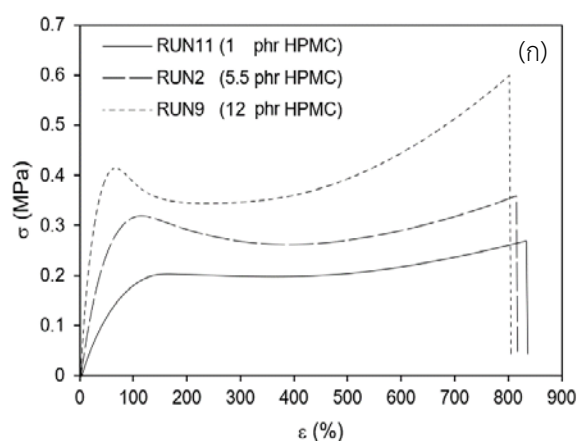
3. วัดสมบัติเชิงกลตามมาตรฐาน ASTM D412 ที่ 25 °C อัตรายืด 500 mm/min วิเคราะห์เชิงสถิติด้วย Design-Expert® 7 (Trial version)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การออกแบบด้วยวิธี CCD ในช่วงปริมาณของ HPMC และ GLY ที่สนใจ และค่า $\alpha = 1.41421$ ให้จำนวนการทดลองทั้งหมด 13 การทดลอง (ตารางที่ 1) โดยเป็นการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลาง 4 การทดลอง ผลการทดลองที่ได้คือค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาด 100% มอดุลัส 300% มอดุลัส 500% มอดุลัส และความยืดสูงสุด ณ จุดขาด แสดงไว้ในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ผลการทดลองที่ได้จากการออกแบบด้วยวิธี CCD

การทดลองที่	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
HPMC (phr)	5.5	5.5	5.5	5.5	5.5	8.7	2.3	2.3	10	5.5	1	8.7	5.5
GLY (phr)	6.0	6.0	6.0	12.0	6.0	1.8	1.8	10.2	6.0	0.0	6.0	10.2	6.0
Tensile strength (MPa)	0.33	0.35	0.33	0.38	0.43	0.53	0.31	0.41	0.49	0.87	0.43	0.52	0.38



ภาพที่ 1 ความเค้น (stress, σ) และ ความเครียด (strain, ϵ) ของ (ก) การทดลองที่ 2, 9 และ 11 และ (ข) การทดลองที่ 2, 4 และ 10 หมายเหตุ ขนาดของแกน y ในภาพที่ 1ก และ 1ข ต่างกัน

ในการศึกษาอิทธิพลของปริมาณ HPMC ต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม (การทดลองที่ 2 9 และ 11; ตารางที่ 1) ซึ่งปริมาณ GLY คงที่คือ 6 phr (ภาพที่ 1ก) จะเห็นว่าการเพิ่ม HPMC จาก 1 เป็น 10 phr ทำให้แผ่นฟิล์มยางแข็งมากขึ้น (มีค่ามอดุลัสของยังที่สูงขึ้น) สังเกตได้จากการเพิ่มขึ้นของความชันเริ่มต้นในภาพที่ 1ก นอกจากนี้ยังเห็นช่วงที่เป็นอลาสติก (ช่วงที่ความสัมพันธ์ σ - ϵ เป็นเส้นตรง) กว้างมากขึ้น รวมทั้งจุด yield point ที่สูงขึ้น ซึ่งบ่งบอกว่าชิ้นงานสามารถรับแรงได้มากก่อนที่จะเกิดการเสียรูปอย่างถาวร ลักษณะที่เปลี่ยนไปเหล่านี้ล้วนเกิดจากสมบัติของ HPMC ที่เป็นพอลิเมอร์แข็งเปราะ ไม่เหนียว (Prado et al., 2017) นอกจากนี้การเติม HPMC มากขึ้นยังทำให้ค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาดเพิ่มขึ้นด้วย ซึ่งเป็นผลจากการที่สายโซ่ของยางพันกับสายโซ่ของ HPMC ที่เป็นพอลิเมอร์ที่ติดงอยาก (Flexibility) ทำให้ HPMC ทำหน้าที่เป็นจุดรั้งของสายโซ่ในแผ่นฟิล์มได้ ดังนั้นเมื่อเกิดการยืดได้มากแล้วจะทำให้สายโซ่ของยางที่อยู่ระหว่างจุดรั้งยึดตัวและ เรียงตัวในทิศทางเดียวกับแรงดึงที่มากกระทำ ส่งผลให้ฟิล์มยางมีความแข็งแรงและสามารถรับแรงดึงได้มากขึ้น (Young and Lovell, 2011) ภาพที่ 1ก ยังแสดงให้เห็นค่าระยะยืดที่จุดขาดมีค่าลดลงเล็กน้อยเมื่อเพิ่ม HPMC

สำหรับอิทธิพลของปริมาณ GLY ต่อสมบัติเชิงกลของแผ่นฟิล์ม (การทดลองที่ 2 4 และ 10; ตารางที่ 1) ที่ปริมาณ HPMC คงที่ที่ 5.5 phr จะเห็นว่าการเพิ่ม GLY ทำให้ค่ามอดูลัสของยังของชิ้นงานลดลง (ภาพที่ 1ข) บ่งบอกว่าชิ้นงานมีความนิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังทำให้ค่า σ และ ϵ ที่จุด yield point ของฟิล์มยางลดลง ซึ่งบ่งบอกว่าชิ้นงานนี้เสียรูปอย่างถาวรได้ง่ายมากขึ้น (ทนแรงดึงได้น้อยลง) ค่าความต้านทานแรงดึงที่มีค่าลดลงตามการเพิ่ม GLY ด้วย สาเหตุของการเปลี่ยนแปลงสมบัติเชิงกลเหล่านี้เป็นผลจาก GLY ทำหน้าที่เป็น plasticizer ช่วยเพิ่มปริมาตรช่องว่างอิสระ (Free volume) ระหว่างสายโซ่ของ HPMC ซึ่งเป็นส่วนที่ดัดโค้งงอไม่เต้านสายโซ่ของยาง ผลที่ตามมาคือสายโซ่ของ HPMC เคลื่อนที่ได้ง่ายมากขึ้น ดังนั้น HPMC จึงไม่สามารถทำหน้าที่เป็นจุดที่เกิดการพันกันของสายโซ่ยางได้ดี ด้วยเหตุนี้จำนวนจุดที่สายโซ่พันกันก็ย่อมลดน้อยลงสิ่งที่เกิดตามมาจึงเป็นการลดลงของค่ามอดูลัสของยัง จุด yield point และค่าต้านแรงดึง (Aharoni, 1998)

โดยทั่วไปการเติม plasticizer มักช่วยเพิ่มการยืดของชิ้นงานได้มากขึ้น (Lim and Hoag, 2013) แต่ภาพที่ 1ข ได้แสดงให้เห็นว่าการเพิ่มของ GLY ในการศึกษาครั้งนี้ไม่ทำให้ระยะยืดที่จุดขาดนี้เปลี่ยนแปลงอย่างชัดเจนนัก นั่นเป็นเพราะ GLY ที่เติมลงไปนั้นจะทำให้สายโซ่ HPMC เท่านั้นที่เคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น โดยไม่ได้ส่งผลต่อสายโซ่ของยางที่มีค่า T_g ต่ำอยู่แล้ว กอปรกับชิ้นงานที่วัดนี้มีปริมาณ HPMC เพียง 5.5 phr เท่านั้น ด้วยเหตุนี้ระยะยืดที่จุดขาดของชิ้นงานจึงไม่เปลี่ยนแปลงมากนักในช่วงของ GLY ที่สนใจนี้

การศึกษาอิทธิพลของปริมาณสารทั้งสองต่อสมบัติเชิงกลยังได้ดำเนินการตามวิธีทางสถิติด้วย โดยสมบัติเชิงกลแรกที่จะกล่าวถึงก็คือค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาด โดยใช้ระดับความเชื่อมั่น 95% เริ่มต้นที่วิธี Sequential model sum of square (SMSS) เพื่อหาอันดับสูงสุดที่สมการพหุนามจะมีได้ จากตารางที่ 2 จะเห็นได้ว่า พจน์ที่เป็นกำลังสาม (cubic term) มีความซ้ำซ้อน หรือ Aliased กับสมการเชิงเส้น (linear model) จึงได้ว่าการเติมพจน์อันดับสองลงไปในการทำให้ค่า F มีค่าสูงสุด หรือ p-value ต่ำที่สุด อย่างไรก็ตามทุกพจน์ (อันดับ 0–2) ล้วนให้ p-value > 0.05 นั่นแสดงว่า ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% นี้ ไม่สามารถสร้างสมการพหุนามสำหรับอธิบายความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ หรืออาจเป็นว่าความสัมพันธ์ของตัวแปรต้นและตัวแปรตามอาจไม่เป็นไปตามสมการสมการพหุนามเลยก็ได้

ตารางที่ 2 ผลการวิเคราะห์ด้วยวิธี SMSS ของค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาดที่วัดได้จากการทดลอง

Source	Sum of Squares	Degrees of freedom	Mean Square	F-Value	p-value	
Linear vs Mean	0.0675	2	0.0337	1.7509	0.2229	
L&I ¹ vs Linear	0.0028	1	0.0028	0.1335	0.7232	
Quadratic vs L&I ¹	0.0797	2	0.0398	2.5312	<u>0.1489</u>	<u>Suggested</u>
Cubic vs Quadratic	0.0826	2	0.0413	7.4972	0.0313	Aliased
Residual	0.0276	5	0.0055			
Total	2.8007	13	0.2154			

¹ L&I = linear and interaction model

เมื่อทดสอบความเหมาะสมของสมการพหุนามอันดับต่างๆ (Lack-of-Fit test) ก็พบว่าสมการพหุนามอันดับ 1–2 ล้วนให้ค่า p-value > 0.05 (ตารางที่ 3) ซึ่งบ่งบอกว่าความแปรปรวนที่เกิดจากสมการมีค่ามากกว่าความแปรปรวนที่เกิดจากการทดลอง นั่นคือสมการทั้งหมดนี้มี lack-of-fit เกิดขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติและไม่เหมาะสมที่จะนำมาใช้ทำนายผลการทดลอง

ตารางที่ 3 ผลการทดสอบ Lack-of-Fit test ของสมการพอลิโนเมียลสำหรับค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาดที่วัดได้จากการทดลอง

Source	Sum of Squares	Degrees of freedom	Mean Square	F-Value	p-value	
Linear	0.1856	6	0.0309	17.5924	0.0076	
L&I ¹	0.1828	5	0.0366	20.7906	0.0058	
Quadratic	0.1031	3	0.0344	19.5489	<u>0.0075</u>	Suggested
Cubic	0.0205	1	0.0205	11.6660	0.0269	Aliased
Pure Error	0.0070	4	0.0018			

¹ L&I = linear and interaction model

ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of variance, ANOVA) (ตารางที่ 4) แสดงว่าไม่มีเทอมใดเลยที่มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (p-value > 0.05) รวมทั้งสมการพอลิโนเมียลอันดับ 2 เกิด Lack-of-Fit อย่างมีนัยสำคัญด้วย (p-value < 0.05) จึงสรุปได้ว่า สมการไม่สามารถอธิบายความแปรปรวนของข้อมูลได้ดีพอ จึงทำให้สมการนี้ไม่เหมาะสมที่จะนำมาทำนายผลการทดลองได้ ซึ่งเมื่อพิจารณาพร้อมกับ ค่า coefficient of determination (R^2) ของสมการก็พบว่าได้ $R^2 = 0.5765$ ซึ่งต่ำกว่า 1 มาก อีกทั้งค่า Adjusted R-squared ที่ควรมีค่าใกล้เคียงกับ R^2 กลับให้ค่าเพียงแค่ 0.2740 เท่านั้น นอกจากนี้ ค่า Predicted R-squared ที่ควรมีค่าไม่ต่างจาก Adjusted R-squared ไม่เกิน 0.2 นั้นก็มีค่าที่ -1.8616 ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าอิทธิพลของ HPMC และ GLY ต่อค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาดนี้ ไม่สามารถอธิบายด้วยสมการพอลิโนเมียลได้ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ตารางที่ 4 การวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA test) ค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาดที่วัดได้จากการทดลอง

Source	Sum of Squares	Degrees of freedom	Mean Square	F-Value	p-value	
Model	0.1500	5	0.0300	1.9056	0.2117	not significant
A	0.0216	1	0.0216	1.3703	0.2801	
B	0.0459	1	0.0459	2.9165	0.1314	
AB	0.0028	1	0.0028	0.1790	0.6850	
A ²	0.0045	1	0.0045	0.2875	0.6085	
B ²	0.0787	1	0.0787	5.0017	0.0604	
Residual	0.1102	7	0.0157			
Lack-of-Fit	0.1031	3	0.0344	19.5489	0.0075	significant
Pure Error	0.0070	4	0.0018			

A = HPMC (phr), B = GLY(phr)

สำหรับการวิเคราะห์อิทธิพลของ HPMC และ GLY ต่อตัวแปรตามอื่นๆ (100% มอดุลัส 300% มอดุลัส 500% มอดุลัส และความยืดหยุ่นสูงสุด ณ จุดขาด) ด้วยวิธีเดียวกับค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาด ก็พบข้อสรุปเดียวกัน คือ ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามนี้ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการพอลิโนเมียลที่ระดับความเชื่อมั่น 95% (ไม่แสดงผล) ผลที่ได้นี้ค้านกับการวิเคราะห์อิทธิพลของแต่ละตัวแปรที่ได้กล่าวไว้ข้างต้น ซึ่งพบว่าผลที่ได้สอดคล้องกับทฤษฎี ดังนั้นจึงเป็นไปได้

ว่าการเปลี่ยนแปลงปริมาณ HPMC และ GLY ในช่วงที่สนใจนี้ แม้ว่าจะทำให้ค่าสมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลง แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ยังถือว่าไม่มากนักอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการทดลองที่สูง ดังนั้นจึงควรทำการทดลองทั้งหมดซ้ำอีกครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติอีกครั้ง เพื่อยืนยันอิทธิพลของตัวแปรต้นทั้งสอง

สำหรับการเลือกสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมแผ่นฟิล์มยางที่สามารถรับแรงดึงได้ดี เนื่องจากไม่สามารถใช้สมการพอลิโนเมียลมาใช้ในการทำนาย ดังนั้นจึงเป็นไปได้ที่จะทำการเลือกสภาวะการสังเคราะห์ในการทดลองที่ 10 (ตารางที่ 1) มาเตรียมแผ่นฟิล์มยาง เพราะสามารถรับแรงที่จุดขาดได้สูงที่สุด แต่ทั้งนี้อาจเลือกการทดลองที่มีค่าการรับแรงได้รองลงมา แต่มีการเติม GLY ลงไปเพื่อเพิ่มความนิ่มของชิ้นงานให้มากกว่านี้ได้

สรุปและอภิปรายผล

แผ่นฟิล์มยางสามารถเตรียมได้ในช่วงที่ออกแบบการทดลองด้วยวิธี CCD ได้ (ตัวแปรต้นที่สนใจศึกษาคือปริมาณของ HPMC และ GLY) รวมทั้งมีความแข็งแรงพอที่จะนำไปทดสอบสมบัติเชิงกล (100% มอดุลัส 300% มอดุลัส 500% มอดุลัส ค่าความต้านแรงดึง ณ จุดขาด และความยืดสูงสุด ณ จุดขาด) ได้เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ทีละตัวแปรก็พบว่าปริมาณ HPMC และ GLY มีอิทธิพลต่อสมบัติเชิงกลของฟิล์มยาง โดยพบว่าการเพิ่ม HPMC ทำให้แผ่นฟิล์มยางแข็งแรงมากขึ้น สามารถรับแรงดึงที่มากกว่าได้มากก่อนที่จะเสียรูปอย่างถาวร รวมทั้งทำให้ชิ้นงานสามารถรับแรงดึงได้มากก่อนที่จะเกิดการฉีกขาดทั้งหมดนี้อธิบายได้จาก HPMC เป็นพอลิเมอร์ที่แข็งทื่อ จึงทำให้ชิ้นงานแข็งแรง อีกทั้งยังทำหน้าที่เป็นจุดพันกันของสายโซ่ยางได้ดี จึงทำให้เกิดการเรียงตัวของสายโซ่ยางตามทิศแนวแรงได้ดี ส่วนการเพิ่ม GLY ในแผ่นฟิล์มยางที่ผสมกับ HPMC ก็พบว่าทำให้ชิ้นงานนิ่มมากขึ้น เสียรูปถาวรได้ง่ายขึ้น (แรงดึงที่ใช้ทำให้เสียรูปถาวรมีค่าลดลง) และฉีกขาดง่ายขึ้น (แรงดึงที่ทำให้ฉีกขาดมีค่าลดลง) ปรากฏการณ์นี้เป็นผลจาก GLY เป็นโมเลกุลขนาดเล็ก จึงทำหน้าที่เป็น plasticizer ทำให้ HPMC ดัดโค้งงอได้ง่ายขึ้น (Flexibility) และเคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้น ด้วยเหตุนี้แผ่นฟิล์มยางโดยรวมจึงนิ่มมากขึ้น และด้วย HPMC ที่เคลื่อนที่ได้ง่ายขึ้นนั้นจึงทำให้จำนวนจุดพันกันลดลง การทนแรงดึงของชิ้นงานย่อมลดลง

แต่เมื่อทำการวิเคราะห์ข้อมูลเดียวกันด้วยหลักสถิติแล้วกลับพบว่าความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตาม (สมบัติเชิงกล) ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยสมการพอลิโนเมียล อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ข้อเสนอแนะ

การเปลี่ยนแปลงปริมาณ HPMC และ GLY ในช่วงที่สนใจนี้ แม้ว่าจะทำให้ค่าสมบัติเชิงกลเปลี่ยนแปลง แต่การเปลี่ยนแปลงนี้ยังถือว่าไม่มากนักอย่างมีนัยยะสำคัญทางสถิติ ซึ่งอาจเกิดจากความคลาดเคลื่อนจากการทดลองที่สูง ดังนั้นจึงควรทำการทดลองทั้งหมดซ้ำอีกครั้ง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนจากการทดลอง และทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติอีกครั้ง เพื่อยืนยันอิทธิพลของตัวแปรต้นทั้งสองนี้

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนวิจัยระดับปริญญาโท คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบคุณศูนย์เชี่ยวชาญเฉพาะทางวัสดุยางและพอลิเมอร์เพื่อการเกษตรและอุตสาหกรรม (Specialized center of Rubber and Polymer Materials in agriculture and industry (RPM)) ภาควิชาวัสดุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนการนำเสนอผลงานในครั้งนี้ สำหรับนายนันทน์ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท ศรีตรังแอโกรอินดัสทรี จำกัด (มหาชน) และคุณมะอายุ ยาดี กลุ่มวิสาหกิจชุมชน พัฒนายางพาราบ้านลำลอง จ.สงขลา

เอกสารอ้างอิง

- Aharoni, S. M. (1998). Increased glass transition temperature in motionally constrained semicrystalline polymers. *Polymers for Advanced Technologies*, 9(3), 169-201. doi:10.1002/(SICI)1099-1581(199803)9:3<169::AID-PAT740>3.0.CO;2-Z
- Ahmad, Z. S., & Abdul Munaim, M. S. (2019). Response surface methodology based optimization of sorbitol production via solid state fermentation process. *Eng. Agric. Environ. Food*, 12(2), 150-154. doi:10.1016/j.eaef.2018.12.002
- Burdock, G. A. (2007). Safety assessment of hydroxypropyl methylcellulose as a food ingredient. *Food Chem Toxicol*, 45(12), 2341-2351. doi:10.1016/j.fct.2007.07.011
- de Barros, N. R., Dos Santos, R. S., Miranda, M. C. R., Bolognesi, L. F. C., Borges, F. A., Schiavon, J. V., . . . Norberto, A. M. Q. (2019). Natural latex-glycerol dressing to reduce nipple pain and healing the skin in breastfeeding women. *Skin Res Technol*, 25(4), 461-468. doi:10.1111/srt.12674
- Dong, X., Dong, M., Lu, Y., Turley, A., Jin, T., & Wu, C. (2011). Antimicrobial and antioxidant activities of lignin from residue of corn stover to ethanol production. *Industrial Crops and Products*, 34(3), 1629-1634. doi:10.1016/j.indcrop.2011.06.002
- Lim, H., & Hoag, S. W. (2013). Plasticizer effects on physical-mechanical properties of solvent cast Soluplus(R) films. *AAPS PharmSciTech*, 14(3), 903-910. doi:10.1208/s12249-013-9971-z
- Moughaoui, F., Ouaket, A., Laaraibi, A., Hamdouch, S., Anbaoui, Z., Abourriche, A., & Berrada, M. (2019). A novel approach for producing low cost and highly efficient activated carbon for removing cationic dyes. *Mediterr. J. Chem.*, 8(2). doi:10.13171/10.13171/mjc8219040103fm
- Pichayakorn, W., Suksaeree, J., Boonme, P., Taweepreda, W., & Ritthidej, G. C. (2012). Preparation of deproteinized natural rubber latex and properties of films formed by itself and several adhesive polymer blends. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51(41), 13393-13404. doi:10.1021/ie301985y
- Prado, N. R. T. d., Raabe, J., Mirmehdi, S., Hugen, L. N., Lima, L. C., Ramos, A. d. L. S., . . . Tonoli, G. H. D. (2017). Strength Improvement of Hydroxypropyl Methylcellulose/ Starch Films Using Cellulose Nanocrystals. *Cerne*, 23(4), 423-434. doi:10.1590/01047760201723042303
- Rakić, T., Kasagić-Vujanović, I., Jovanović, M., Jančić-Stojanović, B., & Ivanović, D. (2014). Comparison of Full Factorial Design, Central Composite Design, and Box-Behnken Design in Chromatographic Method Development for the Determination of Fluconazole and Its Impurities. *Analytical Letters*, 47(8), 1334-1347. doi:10.1080/00032719.2013.867503
- Vinardell, M. P., & Mitjans, M. (2017). Lignins and their derivatives with beneficial effects on human health. *International Journal of Molecular Sciences*, 18(6). doi:10.3390/ijms18061219
- Yeang, H. Y., Arif, S. A. M., Yusof, F., & Sunderasan, E. (2002). Allergenic proteins of natural rubber latex. *Methods*, 27(1), 32-45. doi:10.1016/s1046-2023(02)00049-x
- Young, R. J., & Lovell, P. A. (2011). *Introduction to Polymers, Third Edition*. Boca Raton, FL, USA: CRC Press.

พัฒนาคุณภาพการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก

วีรญา สิงคณา, กาญจนา เป็นสุข, รุ่งนภา โคมุต, เรวดี กาบทอง

หลักสูตรครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์

E-mail: weeraya.sing82@gmail.com

บทคัดย่อ

ในการวิจัยเรื่องการพัฒนาคุณภาพการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก มีวัตถุประสงค์ 1) เพื่อศึกษาวิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก 2) เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับสนิมเหล็กของผ้าไหม 3) เพื่อศึกษาความคงทนของสีของผ้าไหม และวิเคราะห์ตัวอย่างผ้าไหมหลังการย้อม จากการวิจัยพบว่าวิธีการย้อมผ้าไหมด้วยน้ำสนิมเหล็กจากภูมิปัญญาชาวบ้าน อุโลก ตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ นำสนิมเหล็กเตรียมจากกระป๋องนมหรือตะปูที่ไม่ได้ใช้ มาชั่ง 5 กิโลกรัมแล้วนำมาแช่ลงในน้ำ 100 ลิตร เป็นเวลา 5 วัน กรองด้วยผ้าขาวบางและกระดาษกรอง น้ำสนิมเหล็กที่ได้มีค่า pH 7.28 ทำการย้อมร้อนซึ่งมีอุณหภูมิการย้อมอยู่ที่ 60 องศาเซลเซียส นำน้ำสนิมเหล็กมาผสมกับสารช่วยติดสี 2 ชนิด ได้แก่ น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วยและน้ำมะขามเปรี้ยว ลักษณะของผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็กจะมีสีที่เข้มขึ้นจากเดิม และเมื่อนำไปวัดด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์ปชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (AAS) พบว่าผ้าไหมมีการดูดซับเหล็ก ร้อยละ 84.72 ผ้าไหมมีความคงทนของสีต่อการซักและความคงทนของสีต่อแสงอยู่ในระดับมากที่สุด (4/5-5) และวิเคราะห์ตัวอย่างผ้าไหมโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM/EDS) พบว่ามีอนุภาคเหล็กอยู่ในเส้นใยของผ้าไหม ในการวิจัยครั้งนี้จะเห็นได้ว่า กระป๋องหรือเศษตะปูที่มีการเกิดสนิม สามารถนำมาเป็นวัสดุในการย้อมผ้าไหมได้โดยใช้น้ำสนิมเหล็ก 100 % และน้ำสนิมเหล็ก 25 % ไม่เติมสารช่วยติดสี ไม่เกิดการตกสีในขณะนำไปซักล้าง ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยสนิมเหล็ก 25 % และใส่สารช่วยติดสี คือน้ำมะขามเปรี้ยว มีการดูดซับเหล็กได้มากที่สุด

คำสำคัญ: สนิมเหล็ก ผ้าไหม การดูดซับสนิมเหล็ก

Developing the quality of silk dyeing with rust

Weeraya Singcanipa^a, Kanjana Pensuk, Rungnapa Komut, Rawadee Kabthong

Bachelor of Education Program in Chemistry, Faculty of Science and Technology, Surindra Rajaphat University, Surin, Thailand

E-mail: ^aweeraya.sing82@gmail.com

Abstract

The objectives of this study were to 1) to study the method of silk dyeing with rust. 2) to study the efficiency of rust absorption of silk. 3) to study the fastness of silk's color and analysis of silk samples after dyeing. The results was referenced from the method of silk dyeing with rust from the folk wisdom of Ban Ulok, Ulok Subdistrict, Lamduan District, Surin Province. The First, bring the rusty cans or rusty nails to weigh 5 kilograms and soak in the water 100 liters for 5 days. Next, filter with a thin white cloth and a filter paper, the rusted water has pH 7.28, and dye in the hot water at a temperature of 60 °C. Then, Mix the rusted water with 2 types of mordant, which are ash from banana leaves and sour tamarind juice. The appearance of silk dyeing with the rust will have a darker color from the original. And when measured by Atomic Absorption Spectrophotometer (AAS), it was found that silk has 84.72 percent rust absorption, silk has color fastness to washing and fastness to light in the highest level (4 / 5-5). After that, analyzed the silk samples by using a Scanning Electron Microscopy and Energy Dispersive X-ray Analysis (SEM / EDS), found that there are iron particles in the fibers of silk. The results of the study found that cans or nails with rust, it can be used as a material to dye silk by using 100% rust. And 25% rust, no added mordant, it will not discolor while washing. For silk that is dyed with 25% rust and added colorant sour tamarind juice has the most adsorption of steel.

Keywords: rust, silk, iron absorption

บทนำ

ประเทศไทยเป็นแหล่งผลิตผ้าไหมไทยและผลิตภัณฑ์ผ้าไหมไทยที่มีคุณภาพและมีชื่อเสียงมากเป็นแห่งหนึ่งของโลก มีแรงงานในอุตสาหกรรมจำนวนมาก โดยเฉพาะแรงงานในชนบท ผ้าไหมและผลิตภัณฑ์ผ้าไหมของไทย เป็นเอกลักษณ์ไทยที่ได้รับการกล่าวขวัญมานานแล้วในด้านความงามซึ่งมีสีสัน และลวดลาย รวมถึงฝีมือการทอผ้าของคนไทยที่ได้รับการถ่ายทอดมาจนถึงปัจจุบันซึ่งผ้าไหมและผลิตภัณฑ์ไหมของไทยนั้น ต่างได้รับความนิยมอย่างแพร่หลายทั้งจากชาวไทยและชาวต่างประเทศไทยผ้าไหมเป็นสินค้าหัตถกรรมที่มีขั้นตอนการผลิตที่ใช้แรงงานคนไทยเป็นหลัก ซึ่งเหมาะสมกับโครงสร้างเศรษฐกิจของประเทศไทยที่มีแรงงานเป็นจำนวนมาก กล่าวคือ อุตสาหกรรมการผลิตไหมไทยสามารถสร้างงานให้กับชาวบ้านและเป็นการเพิ่มรายได้ให้แรงงานในชนบทด้วย โดยในช่วงหลายปีที่ผ่านมาผ้าไหมและผลิตภัณฑ์ผ้าไหมสามารถสร้างรายได้เข้าประเทศมูลค่าไม่ต่ำกว่าห้าร้อยล้านบาทต่อปี ปัจจุบันคนไทยให้ความสำคัญกับภูมิปัญญาของชาวบ้านมากขึ้น หันมาบริโภคสินค้าไทย นิยมแต่งกายด้วยผ้าไทย ใช้ผลิตภัณฑ์ที่ทำจากผ้าทอมือ โดยเฉพาะผ้าไหมไทยซึ่งเป็นผ้าทอพื้นเมืองที่ทอขึ้นมาจากเส้นไหมอันเป็นเส้นใยจากธรรมชาติ มีเทคนิคการทอลวดลายที่มีความสวยงาม เป็นเอกลักษณ์ของท้องถิ่นต่าง ๆ มีเสน่ห์ในตัวเอง เป็นการสร้างสีสันให้กับงานฝีมือของไทย เลือกซื้อหาได้ง่ายไม่น้อยกว่าผ้าทอและผลิตภัณฑ์ผ้าทออื่นๆ แหล่งผลิตสำคัญของผ้าไหมอยู่ที่จังหวัดในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ขยายไปทุกภาคของประเทศ ผ้าไหมไทยมีความโดดเด่น เพราะมีเนื้อผ้าเป็นมันวาวเป็นประกาย มีเอกลักษณ์ของตัวเองที่ไม่เหมือนกับผ้าไหมจากประเทศอื่น ๆ ผ้าไหมและผลิตภัณฑ์ผ้าไหมที่เป็นที่นิยมในตลาด ได้แก่ ผ้าพันคอ ผ้าคลุมไหล่ เน็กไท เสื้อผ้า ผ้าผืนแต่งบ้าน ปลอกหมอน พรม กระเป๋า รองเท้า กล่องใส่ของผ้าไหม เป็นต้น (กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม : 2549)

จังหวัดสุรินทร์เป็นจังหวัดที่มีวัฒนธรรมในเรื่องการทอผ้าไหม และการย้อมสีไหมที่มีมาตั้งแต่สมัยบรรพบุรุษจนถึงปัจจุบัน ดังคำขวัญที่ว่า “ สุรินทร์ถิ่นช้างใหญ่ ผ้าไหมงาม ประคำสวย ร่ำรวยปราสาท ผักกาดหวาน ข้าวสารหอม งามพร้อมวัฒนธรรม” ตลอดจนประเพณีวัฒนธรรมต่างๆ ซึ่งส่งผลต่อลวดลายของผ้าไหมการผลิตเส้นไหม และกรรมวิธีการทอ แต่ที่นิยมคือการนำเส้นไหมชิ้นหนึ่งหรือไหมน้อยมาใช้ในการทอผ้า การทอผ้าไหมของจังหวัดสุรินทร์มีกรรมวิธีการทอที่สลับซับซ้อนและยาก ต้องอาศัยความสามารถและความชำนาญ เช่น การทอผ้าไหมหมัดหมี่พร้อมยกดอกไปในตัว ทำให้ผ้าไหมที่ได้เป็นผ้าเนื้อแน่นมีคุณค่า เป็นที่เดียวในประเทศไทยที่มีการทอในลักษณะนี้ จนเป็นที่สนพระทัยและเป็นที่ชื่นชอบของสมเด็จพระนางเจ้า พระบรมราชินีนาถ (เครื่องจิตร ตรีบุญนาถ และคณะ. 2539) บางกลุ่มของจังหวัดสุรินทร์ การทอผ้าจะทำหลังจากสิ้นสุดฤดูกาลทำนา ซึ่งเป็นอาชีพหลัก แหล่งผลิตผ้าไหมในจังหวัดสุรินทร์จึงมีเกือบทุกหมู่บ้านที่หมู่บ้านทำสาว ตำบลทำสาว อำเภอเมือง จังหวัดสุรินทร์ เป็นหมู่บ้านที่มีโรงงานทอผ้ายกทองโบราณที่คุณภาพผ้าและลายที่ดัดเทียมของโบราณ อาจารย์วิรัชธรรม ตระกูลเงินไทย ซึ่งเป็นผู้นำในด้านของการทอผ้าไหมยกทองโบราณและย้อมสีผ้าที่มีลักษณะเด่น ลักษณะเฉพาะในการทอ และการย้อมเป็นการทอโดยใช้ใยไหมเส้นเล็กละเอียด

ปัจจุบันเหล็กเป็นโลหะที่มนุษย์นำมาใช้ประโยชน์มากที่สุด เช่น งานโครงสร้างในงานก่อสร้าง งานโครงสร้างรถยนต์หรือเรือเนื่องจากความแข็งแรงและมีราคาถูก แต่ข้อด้อยที่สำคัญที่สุดคือการเกิดสนิม (Rusting) ประมาณกันว่าปีหนึ่ง ๆ เกิดการสูญเสียเนื้อเหล็กไปในรูปของสนิมเหล็กถึงเกือบหนึ่งในเจ็ดของปริมาณเหล็กที่ผลิตได้ ซึ่งนอกจากจะสร้างความสูญเสียในเชิงเศรษฐกิจอย่างมหาศาลแล้ว การเกิดสนิมยังก่อให้เกิดอันตรายร้ายแรงต่อชีวิตและทรัพย์สินอย่างประมาณค่าไม่ได้ สนิมเหล็กคือ สารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจน เรียกว่า ไฮดรอกไซด์เฟอร์ริกออกไซด์ ($Fe_2O_3 \cdot xH_2O$) ลักษณะเป็นคราบสีแดง ซึ่งไม่สามารถเกาะบนของเหล็กได้อย่างเหนียวแน่น สามารถหลุดออกไปได้ง่าย ทำให้เนื้อเหล็กที่อยู่ชั้นในสามารถเกิดสนิมต่อไปจนกระทั่งหมดทั้งชิ้นงาน (สุรศักดิ์ ไชยวงศ์สกุล. 2542) น้ำสนิมเหล็กหรือน้ำบาดาล จะใช้น้ำจากบ่อบาดาลที่เป็นสนิมหรือน้ำเหล็กไปเผาไฟแดงแล้วนำไปแช่น้ำทิ้งไว้ 3 วัน จึงนำน้ำสนิมมาใช้ได้ น้ำสนิมจะช่วยให้สีเข้มขึ้น ให้เฉดสีเทา-ดำ เหมือนมอร์แดนต์เหล็ก แต่มีข้อระวังคือ ถ้าสนิมมากเกินไปจะทำให้เส้นใยเปื่อยได้เช่นกัน (ประชากร สุขธมณี. 2560) การนำเอาสนิมเหล็กมาใช้ประโยชน์เพื่อให้ได้ผลิตภัณฑ์ผ้าไหมที่มีคุณค่าสอดคล้องต่อความต้องการ ทั้งในด้านของเศรษฐกิจและผู้บริโภคจึงเป็นแนวคิดในการทำวิจัยศึกษาทดลองนี้

แต่ในขณะเดียวกันคณะผู้จัดทำวิจัยได้ออกสำรวจสอบถามกับประชากรกลุ่มตัวอย่างคือ ชาวบ้าน อุบลตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ ว่าผ้าไหมประสบปัญหาพบเจอจากการใช้งานผ้าไหมแล้วเกิดการตกสี ทำให้ผ้าไหมสีจางและซีดลงไปเรื่อยๆ ทำให้ระยะเวลาของการสวมใส่น้อยลง ไม่คุ้มค่าเพราะผ้าไหมดูเก่าลง จึงได้คิดค้นหาจากวัสดุจากธรรมชาติและไม้สีเพื่องานสามารถหาได้จากท้องถิ่น เพื่อพัฒนาผ้าไหมจังหวัดสุรินทร์ให้มีเอกลักษณ์โดดเด่นและไม่ตกสี ทนต่อการใช้งาน

ผู้วิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาวิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเหล็กของผ้าไหมโดยใช้เครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ ศึกษาความคงทนสีของผ้าไหม ความคงทนของสีต่อการซักโดยทดสอบซักด้วยสบู่ และความคงทนของสีต่อแสง นอกจากนี้วิเคราะห์ตัวอย่างผ้าไหมด้วยโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM/EDS)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาวิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก ศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับเหล็กของผ้าไหม
2. เพื่อศึกษาความคงทนสีของผ้าไหม และวิเคราะห์ตัวอย่างผ้าไหม

ระเบียบวิธีวิจัย

1. วัสดุและอุปกรณ์

ผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์จากบ้านอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ กระป๋อง ตะปู ที่นำมาเตรียมน้ำสนิมเหล็ก นำมาจากร้านขายของเก่า ในอำเภอมืองสุรินทร์ จังหวัดสุรินทร์ มะขามเปรี้ยวจากตลาดสดเทศบาลเมืองสุรินทร์ และกากกล้วยจากบ้านอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ สารเคมี อุปกรณ์และเครื่องมือ จากห้องปฏิบัติการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์ และภาควิชาสิ่งทอ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลอีสาน วิทยาเขตสุรินทร์

2. ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย

จากการสัมภาษณ์ นางผืน สกุรัตน์ ซึ่งเป็นกลุ่มแม่บ้านที่ทอผ้าไหม และย้อมผ้าไหมในหมู่บ้านอุโลก ตำบลอุโลก อำเภอลำดวน จังหวัดสุรินทร์ เพื่อรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการย้อมผ้าไหมจากสีธรรมชาติสีย้อมจากสีสังเคราะห์ และย้อมผ้าไหมจากสนิมเหล็ก ซึ่งจะได้นำมาลงสรุปเป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับวิจัยต่อไป

2.1 วิธีการหมักน้ำสนิมเหล็ก

น้ำสนิมเหล็ก (กระป๋องสังกะสี) มาซัง 5 กิโลกรัม นำไปแช่น้ำ ปริมาณ 100 ลิตร จากนั้นให้แช่ทิ้งไว้ 5 วัน จนได้น้ำสนิมเหล็กที่เป็นสีเหลืองขุ่น มีตะกอนจากสนิม และวัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH) ก่อนนำมาใช้เป็นสีย้อมให้ กรองโดยใช้ผ้าขาวบาง

2.2 วิธีการเตรียมสารช่วยติดสี

สารช่วยติดสี 2 ชนิดคือมะขามเปรี้ยว 200 กรัมและ ชี้เถ้าจากกากกล้วย 200 กรัม มาละลายในน้ำ 1 ลิตร กรองด้วยผ้าขาวบาง และกรองด้วยกระดาษกรอง 1 ครั้ง วัดค่าความเป็นกรด-เบส (pH)

2.3 วิธีการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก

นำผ้าไหมที่ย้อมด้วยสีสังเคราะห์ ตัดให้ได้ขนาด 8x8 เซนติเมตร โดยแบ่งการทดลองเป็น 4 ชุดดังนี้ ย้อมผ้าไหมด้วยน้ำย้อมสนิมเหล็กอย่างเดียว (ชุดที่1) ย้อมผ้าไหมด้วยน้ำย้อมสนิมเหล็ก 75 % (ชุดที่ 2) ย้อมผ้าไหมด้วยน้ำย้อมสนิมเหล็ก 50 % (ชุดที่ 3) ย้อมผ้าไหมด้วยน้ำย้อมสนิมเหล็ก 25 % (ชุดที่ 4) โดยแต่ละชุดการทดลองไม่ใส่สารช่วยติดสี ใส่ น้ำมะขามเปรี้ยว ใส่ น้ำชีเถ้าจากกากกล้วย และน้ำมะขามเปรี้ยวกับน้ำชีเถ้าผสมกัน วิธีการย้อมนำน้ำสนิมเหล็ก 100 มิลลิลิตร ใส่สารช่วยติดสีแต่ละชนิด ลงไปต้มที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำผ้าไหมที่เตรียมไว้แล้วไปจุ่มเป็นเวลา 15 นาที นำผ้าไหมที่ย้อมเสร็จไปซักด้วยน้ำจนกระทั่งน้ำล้างใส นำไปผึ่งลมให้แห้ง

2.4 ค่าการดูดซับของการย้อมของผ้าไหมด้วยสนิมเหล็ก

หลังจากการย้อมผ้าไหมด้วยน้ำสนิมเหล็ก ได้เก็บตัวอย่างผ้าไหมเพื่อนำไปทดสอบความคงทนของสี และได้เก็บน้ำก่อนย้อมและหลังย้อม เพื่อนำมาหาค่าความดูดกลืนแสงของอะตอมด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectroscopy , AAS)

2.4.1 การย่อน้ำสนิมเหล็ก

นำน้ำสนิมเหล็กหลังย้อมและก่อนย้อมของทุกชุด เทน้ำสนิมเหล็กก่อนย้อม 50 มิลลิลิตร และน้ำสนิมเหล็กหลังย้อม 50 มิลลิลิตร ลงไปทั้ง 2 บีกเกอร์ เติมนกรดไนตริก 69 % ปริมาณ 2.5 มิลลิลิตร นำไปต้มในตู้ดูดไอพิษ ต้มทิ้งไว้จาก 50 มิลลิลิตร จนเหลือ 20 มิลลิลิตร ทิ้งให้เย็น ณ อุณหภูมิห้องแล้วปรับปริมาตรด้วย 1 % กรดไนตริกให้เป็น 100 มิลลิลิตร นำน้ำสนิมเหล็กมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 ใส่ในขวดรูปชมพู่

2.4.2 การเตรียมสารละลายมาตรฐานของเหล็ก (Fe)

เตรียมสารละลายมาตรฐานเหล็ก (Fe) ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ ปิเปตสารละลายมาตรฐานเหล็กปริมาณ 5 10 15 20 และ 25 มิลลิลิตร เทลงในขวดปรับปริมาตร ขนาด 50 มิลลิลิตร จากนั้นปรับปริมาตรด้วยปริมาตรด้วย 1 % กรดไนตริก นำสารละลายที่เตรียมไปวัดหาค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่องอะตอมมิกแอบซอร์พชันสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectroscopy , AAS) และนำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ต่อไป สามารถคำนวณค่าร้อยละการดูดซับได้จากสมการ

$$\text{ร้อยละการดูดซับ (\%)} = \frac{\text{ปริมาณเหล็กก่อนย้อม} - \text{ปริมาณเหล็กหลังย้อม}}{\text{ปริมาณเหล็กก่อนย้อม}} \times 100$$

2.5 การทดสอบคุณภาพของผ้าไหมหลังย้อม

ศึกษาความคงทนของสีบนผ้าไหมต่อกระบวนการซักตามมาตรฐาน IOS C01- C06 และการทดสอบความคงทนของสีต่อแสงแดดตามมาตรฐาน IOS C01- C06 ตามลำดับ

2.6 การตรวจวิเคราะห์อนุภาคเหล็กบนผ้าไหม

นำตัวอย่างผ้าไหมก่อนย้อมและหลังย้อมด้วยสนิมเหล็ก โดยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope, SEM) สภาวะของเครื่องในโหมด (Low Vacuum Mode) ที่ 20 กิโลโวลต์ (kV) เพื่อศึกษาลักษณะของเส้นใยและศึกษาปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบด้วยเครื่อง Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectrometer (EDS)

ผลการวิจัย

1. จากการศึกษาค่า pH จะพบว่า น้ำสนิมเหล็กมี pH 7.28 สารที่ช่วยให้ติดสีได้แก่น้ำมะขามเปรี้ยวและน้ำซ้เข้าจากกากกล้วย ทั้ง 2 ชนิดมีค่า pH ที่แตกต่างกัน โดยน้ำมะขามเปรี้ยวมีค่า pH เท่ากับ 3.74 มีความเป็นกรดและน้ำซ้เข้าจากกากกล้วยมีค่า pH เท่ากับ 12.14 มีความเป็นเบส

ตารางที่ 1 ค่าความเป็นกรดต่างของน้ำย้อมก่อนและหลังการย้อม และร้อยละการดูดซับเหล็ก

สารช่วยติดสี	น้ำสนิมเหล็ก	pH		% การดูดซับเหล็ก
		ก่อน	หลัง	
ผ้าไหมก่อนย้อม	-	-	-	0.00
ไม้ใส่สารช่วยติด	100 %	7.28±0.01	6.13±0.01	-48.21
	75 %	7.67±0.01	7.21±0.01	47.46
	50 %	10.72±0.01	6.23±0.01	-41.48
	25 %	6.76±0.01	6.01±0.01	16.37
น้ำมะขามเปรี้ยว	100 %	4.36±0.01	4.09±0.01	-77.02
	75 %	4.11±0.01	4.02±0.01	-0.51
	50 %	3.25±0.01	10.27±0.01	80.56
	25 %	3.76±0.01	3.70±0.01	84.72
น้ำซ้เข้าจากกากกล้วย	100 %	10.02±0.01	9.65±0.01	-90.28
	75 %	10.66±0.01	10.31±0.01	-15.90
	50 %	4.34±0.01	3.07±0.01	-3.22
	25 %	11.68±0.01	10.54±0.01	10.92
น้ำมะขามเปรี้ยว + ซ้เข้าจากกากกล้วย	100 %	7.53±0.01	6.67±0.01	18.82
	75 %	6.40±0.01	6.12±0.01	17.92
	50 %	6.20±0.01	4.08±0.01	-23.23
	25 %	6.13±0.01	6.03±0.01	11.45

หมายเหตุ : ผ้าไหมมีค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย 0.821 ± 0.0022

2. ลักษณะสีของผ้าไหมและประสิทธิภาพการดูดซับสีของผ้าไหม โดยนำไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องดูดกลืนแสงของอะตอม (Atomic Absorption Spectroscopy , AAS SHIMADZU รุ่น AA – 6200) ที่มีสารละลายมาตรฐานความเข้มข้นเท่ากับ 5 , 10 , 15 , 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ตามลำดับ การทำกราฟมาตรฐานของเหล็ก ได้กราฟเป็นเส้นตรงที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R^2) เท่ากับ 0.999724 พบว่าในผ้าไหมก่อนย้อมมีปริมาณเหล็ก 0.821 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 25 % และเติมสารช่วยติดสี คือ น้ำมะขามเปรี้ยว มีค่าเฉลี่ยร้อยละการดูดซับเหล็ก มากที่สุด เท่ากับ 84.72 รองลงมาคือ ผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 50% เติมสารช่วยติดสี คือ น้ำมะขามเปรี้ยว มีค่าเฉลี่ยร้อยละการดูดซับเหล็ก เท่ากับ 80.56 ในขณะที่ย้อมกับน้ำย้อมที่มีค่าเฉลี่ยร้อยละการดูดซับเหล็ก เป็นอันดับสามคือ น้ำสนิมเหล็ก 75 % ไม่ใส่สารช่วยติดสี แสดงว่าสารช่วยติดสีที่มีความเป็นกรดสามารถช่วยในการดูดซับเหล็ก ดังตาราง 1

3. ผลการทดสอบความคงทนของสีของผ้าไหม

ผ้าที่ย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็กที่ไม่ใส่สารช่วยติดสีและใส่สารช่วยติดสี เมื่อนำมาซักล้างด้วยเครื่องซักล้างโดยใช้สบูมาตรฐาน 5 กรัม ละลายน้ำ 1 ลิตร ทำการซักเป็นเวลา 30 นาที จากนั้นนำผ้าไหมไปล้างน้ำสะอาด 3 ครั้ง เปรียบเทียบการเปลี่ยนแปลงของสีของผ้า ก่อนและหลังการซักโดยใช้เกรย์สเกล ซึ่งมี 5 ระดับ คือ ระดับที่ 5 หมายถึง ไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสี ส่วนระดับที่ 4/5 หมายถึงอยู่ในระดับดี ถึงดีมาก จากตารางที่ 2 พบว่าผ้าไหมตกสีบางผืน สำหรับผ้าไหมที่ไม่เกิดการตกสีคือ สูตรที่ใส่น้ำสนิมเหล็ก 25 % ใส่สารช่วยติดสีเป็นน้ำมะขามเปรี้ยว สูตรที่ย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 25 50 75 และ 100 % ไม่ใส่สารช่วยติดสี เกิดการตกสีมากกว่า ซึ่งแสดงว่าการใส่สารช่วยติดสีจากมะขามเปรี้ยวและน้ำซี้เถ้าจากกากกล้วยช่วยให้ความคงทนของสีผ้าไหมต่อการซักเพิ่มขึ้น

จากผลการทดลองในตารางที่ 2 พบว่า ผ้าที่ไม่ใช้สารช่วยติดสีมีการเปลี่ยนแปลงของ สีในระดับ 4/5 ส่วนผ้าไหมที่ใช้สารช่วยติดสีมีการเปลี่ยนแปลงของสีบนผ้าในระดับ 4/5 เช่นเดียวกัน เมื่อเทียบกับเกรย์สเกล ดังนั้นจึงสรุป ได้ว่าการย้อมโดยใช้สารช่วยติดสีไม่ช่วยเพิ่มความคงทนของสีต่อแสง

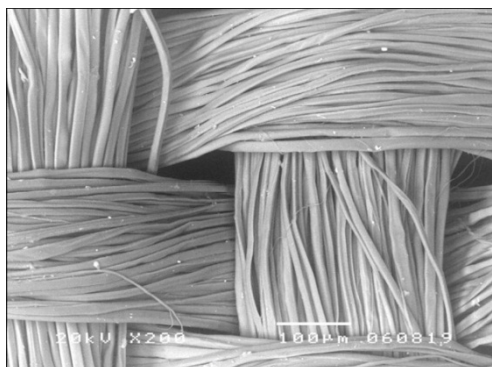
ตารางที่ 2 ผลการทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้างและความคงทนของสีต่อแสง

ชุดการย้อม	ระดับความคงทนของสี		เฉลี่ย
	การซักล้าง	แสง	
1. น้ำสนิม 100 %	4/5 (-)	4/5 (+)	4.50±1.96
2. น้ำสนิม 75 %	4/5 (-)	4/5 (+)	4.50 ±1.96
3. น้ำสนิม 50 %	4/5 (-)	4/5(+)	4.50±1.96
4. น้ำสนิม 25 %	4/5 (-)	4/5 (+)	4.50±0.01
5. น้ำสนิม 100 % + มะขามเปรี้ยว	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
6. น้ำสนิม 75 % + มะขามเปรี้ยว	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
7. น้ำสนิม 50 % + มะขามเปรี้ยว	4/5 (+)	4/5 (+)	4.60±5.08
8. น้ำสนิม 25 % + มะขามเปรี้ยว	5 (+)	4/5 (+)	4.75±5.30
9. น้ำสนิม 100 % + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
10. น้ำสนิม 75 % + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
11. น้ำสนิม 50 % + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±0.01
12. น้ำสนิม 25 % + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
13. น้ำสนิม 100 % + น้ำมะขามเปรี้ยว + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
14. น้ำสนิม 75 % + น้ำมะขามเปรี้ยว + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±1.96
15. น้ำสนิม 50 % + น้ำมะขามเปรี้ยว + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (+)	4/5 (+)	4.50±0.01
16. น้ำสนิม 25 % + น้ำมะขามเปรี้ยว + น้ำซี้เถ้าจากกากกล้วย	4/5 (-)	4/5 (+)	4.50±1.96

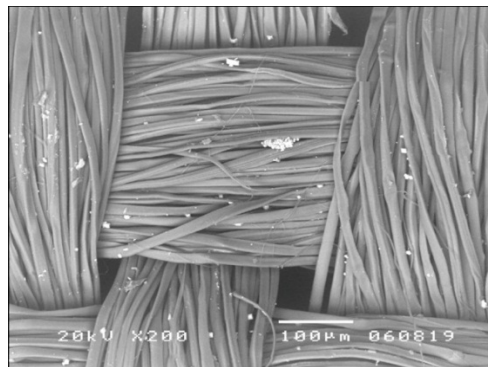
หมายเหตุ : (+) คือ เส้นไหมไม่ตกสี/ สีไม่ซีดจางจากแสงแดด และ (-) คือ เส้นไหมตกสีเล็กน้อย สีซีดจางจากแสงแดด

4. การทดสอบลักษณะของผ้าไหมและวิเคราะห์ธาตุด้วย SEM/EDS

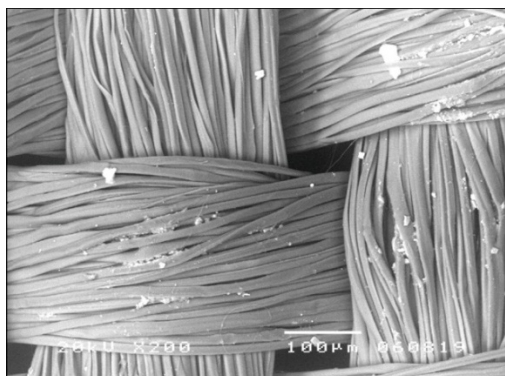
จากการศึกษาลักษณะสัณฐานวิทยาโดยกล้อง SEM ในการศึกษาปริมาณเหล็กในเส้นใยเปรียบเทียบกับกลุ่มอนุภาคในเส้นใยจะพบอนุภาคของเหล็กแทรกอยู่ในช่องว่างโมเลกุลเส้นใย แสดงลักษณะของผ้าไหมก่อนย้อมและหลังย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็กได้แสดงไว้ดังภาพที่ 1



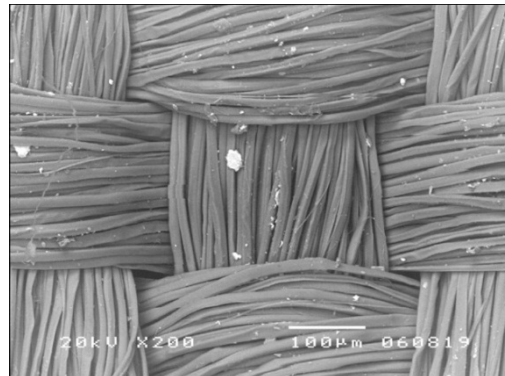
(ก) ก่อนย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก



(ข) หลังย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 75 %



(ค) หลังย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 25 %



(ง) หลังย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 25 % + น้ำมะขามเปรี้ยว

ภาพที่ 1 ภาพลักษณะของผ้าไหมที่ส่องดูกล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (Scanning Electron Microscope)
ที่มา : ภาพถ่ายโดยวีรญา สิงคณา เมื่อวันที่ 6 สิงหาคม พ.ศ. 2562

ตารางที่ 3 ปริมาณของธาตุองค์ประกอบสำคัญที่พบในผ้าไหม

Set	Element (%)													
	C	N	O	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Ti	Cr	Fe	Total
ผ้าไหม	33.76	26.97	38.46	0.04	-	0.11	0.30	0.06	0.04	0.26	-	-	-	100
75%	32.07	30.08	36.42	0.04	-	0.08	0.28	0.12	0.56	0.34	-	-	0.01	100
No Mordant														
25%	39.20	20.68	38.39	0.14	0.07	0.61	0.20	0.04	0.06	0.26	0.08	0.05	0.21	100
No Mordant														
25% + Sour tamarind juice	33.50	26.82	38.90	0.06	0.03	0.18	0.25	0.04	0.06	0.06	-	-	0.09	100

จากตารางที่ 3 พบว่า ผ้าไหมก่อนย้อมไม่พบปริมาณเหล็กอยู่ในผ้าไหม ส่วนผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสนิมเหล็ก 25 % โดยไม่ใส่สารช่วยติดสี มีปริมาณธาตุที่เป็นองค์ประกอบหลายชนิดมากกว่าผ้าไหม ส่งผลให้ผ้าไหมมีความมันวาวขึ้น ผ้าไหมที่ย้อมด้วยน้ำสนิม 25 % ใส่น้ำมะขามเปรี้ยวเป็นสารช่วยติดสี จะพบว่ามีปริมาณเหล็กน้อยกว่าไม่ใส่สารช่วยติดสี เนื่องจากกรดทาร์ทาริก (Tartaric acid) ที่อยู่ในน้ำมะขามเปรี้ยว ซึ่งเป็นกรดอินทรีย์สามารถจับกับอนุภาคของเหล็กได้ดี มีหมู่ไฮดรอกซิล (-OH) ที่สามารถสร้างพันธะกับโมเลกุลของโลหะ หรือสีได้ เกิดสารเชิงซ้อน (Complex) กับสารละลายเหล็ก และเหนียวนาให้เกิดการยึดติดกันของสีบนเส้นไหมได้ เนื่องจากไหมเป็นโปรตีนที่ประกอบด้วยไกลซีนและอะลานีน ซึ่งเป็นกรดอะมิโนที่มีหมู่อะมิโน (-NH₂) และหมู่คาร์บอกซิล (-COOH) (Kozlovskaya, V. et al., 2012)

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาการพัฒนาคุณภาพการย้อมผ้าไหมด้วยสนิมเหล็กพบว่า กรรมวิธีการย้อมมี 2 แบบ คือการย้อมร้อน และการย้อมเย็น โดยวิธีการย้อมร้อนเป็นการใช้ความร้อนที่เกิดจากการต้ม เนื่องจากการย้อมร้อนเป็นสูตรเฉพาะที่มีส่วนผสมของสี เรียกว่า Multi Dye จึงย้อมผ้าและวัสดุได้หลายชนิด ทั้งเส้นใยธรรมชาติ เส้นใยสังเคราะห์ และผ้าไหม รวมถึง วัสดุอื่นๆ เช่น วัสดุจากธรรมชาติ เช่นเศษตะปู เศษกระป๋อง ทำให้น้ำย้อมดูดซับเข้ากับผ้าไหมได้ดี และมีความคงทนต่อการซักล้าง และการตากแดดได้ดี ส่วนวิธีการย้อมเย็นเป็นการนำเอาวัตถุดิบธรรมชาติให้สีนั้นมาสกัดสีโดยวิธีการหมัก ซึ่งวิธีการย้อมเย็นทำให้ไม่ติดสี (การย้อมร้อนและการย้อมเย็น 2550) จะเห็นว่าวิธีการย้อมร้อนและย้อมเย็นมีความแตกต่างกัน โดยการย้อมร้อนที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นอุณหภูมิที่เหมาะสม เพราะทำให้น้ำย้อมดูดซับเข้ากับผ้าไหมได้ดี ไม่เกิดการตกสีของผ้าไหม และมีความคงทนของสีต่อการซักล้าง และตากแดดได้ดี

จากการศึกษาจากชาวบ้านอุโลก ตำบลลำตวน อำเภอลำตวน จังหวัดสุรินทร์ ได้นำเอาสนิมเหล็ก มาใช้ในการย้อมผ้าไหมด้วยการย้อมร้อนนั้น จะเห็นว่าผ้าไหมมีสีที่เข้มข้น เนื่องจากพบว่าเปลือกต้นพันชั่งเป็นน้ำย้อมชนิดหนึ่งที่มีสนิมเหล็กคือสารประกอบระหว่างเหล็กกับออกซิเจนนั่นเอง มีชื่อทางเคมีคือ ไฮเดรตเฟอร์ริกออกไซด์ (Fe₂O₃.XH₂O₃) ลักษณะเป็นคราบสีแดง ซึ่งไม่สามารถเกาะอยู่บนผิวของเหล็กได้อย่างเหนียวแน่น สามารถหลุดออกไปได้ง่าย ทำให้เนื้อเหล็กที่อยู่ชั้นในสามารถเกิดสนิมต่อไปจนกระทั่งหมดทั้งชิ้น กระบวนการเกิดสนิมเหล็กค่อนข้างซับซ้อน โดยมีปัจจัยหลักก็คือ น้ำและออกซิเจน ซึ่งมีอยู่ทั่วไปในบรรยากาศโลก เหล็กจะเกิดสนิมได้เร็วขึ้นในบางสภาวะ เช่น สภาพที่เป็นกรด ตามชายทะเลที่มีโอเกลือเข้มข้น เป็นต้น สามารถละลายในน้ำได้ เป็นสารที่มีโมเลกุลใหญ่และโครงสร้างซับซ้อน มีสถานะเป็นกรดอ่อนรสฝาด เป็นสารให้รสฝาด มีรสขม พบได้ตามบ้านตามสถานที่ต่างๆ เหล็กมีคุณสมบัติตกตะกอนและสามารถจับตัวกับโปรตีนได้ดี โดยสอดคล้องกับงานวิจัยเป็นส่วนใหญ่ เพราะเหล็กสามารถนำมาใช้ในการย้อมผ้าไหมได้

การย้อมผ้าไหมด้วยน้ำสนิมเหล็ก จำเป็นต้องใช้สารช่วยติดสีเข้ามาช่วยให้ผ้าไหมติดสีได้ดีขึ้น สารช่วยติดสีที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ น้ำซึ่ได้จากกากกล้วย และน้ำมะขาม ซึ่งพบว่าสารช่วยติดสีที่มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่ในการลดประจุไฟฟ้าลบบนเส้นใย เพิ่มประจุไฟฟ้าบวก ทำให้ประจุไฟฟ้าลบของสีสามารถดูดซับเข้าไปติดภายในเส้นใยได้ ส่วนสารช่วยติดสีที่มีคุณสมบัติเบส จะทำหน้าที่เพิ่มปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสีและเส้นใยให้มากขึ้น คุณสมบัติที่เป็นเบสนั้นจะทำให้เปลี่ยนเฉดสีของผ้าไหมเข้มหรือจางได้ (ศศิมา สุขสว่าง, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชลิดา เวโรจน์ (2555) ได้ศึกษาการย้อมสีเส้นไหมด้วยดอกดาวเรือง ได้สารช่วยติดสีที่เหมาะสม คือ น้ำซึ่ได้จากกากมะพร้าว ซึ่งสารช่วยติดสีมีคุณสมบัติเป็นเบส ในงานวิจัยการย้อมผ้าไหมด้วยน้ำสนิมเหล็ก พบว่า สารช่วยติดสีที่เหมาะสม คือ น้ำสนิมเหล็กที่เติมสารช่วยติดสีคือน้ำมะขาม มีคุณสมบัติเป็นกรด ช่วยทำให้น้ำย้อมดูดซับกับผ้าไหมได้ดี และมีผลต่างของค่าการดูดกลืนแสงของอะตอมมากที่สุด คือ 0.988 ± 0.0076 มีประสิทธิภาพในการดูดซับมากที่สุด เนื่องจากน้ำสนิมเหล็กและสารช่วยติดสี น้ำมะขาม มีคุณสมบัติเป็นกรดและเป็นสารประกอบที่มีไอออนของเหล็ก สามารถเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนกับสูตรโครงสร้างทางเคมี ทำให้ติดผ้าไหมได้ดีขึ้น ผ้าไหมมีความเข้มมากขึ้น (งานมาตรฐานวิทยาศาสตร์, 2557) และน้ำมะขามจะมี Tartaric acid ส่วนน้ำซึ่ได้จากกากกล้วยมีคุณสมบัติเป็นเบส จะทำให้เกิดการดูดซับเส้นไหมได้น้อยกว่าสารช่วยติดสีที่มีคุณสมบัติเป็นกรด และทำให้เฉดสีของผ้าไหมเปลี่ยนไป (ภัทรกานต์, 2554)

การย้อมผ้าไหมด้วยน้ำสนิมเหล็ก จำเป็นต้องใช้สารช่วยติดสีเข้ามาช่วยให้ผ้าไหมติดสีได้ดีขึ้น สารช่วยติดสีที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ คือ น้ำซึ่ได้จากกากกล้วย และน้ำมะขาม ซึ่งพบว่าสารช่วยติดสีที่มีคุณสมบัติเป็นกรด ทำหน้าที่ในการลดประจุไฟฟ้าลบบนเส้นใย เพิ่มประจุไฟฟ้าบวก ทำให้ประจุไฟฟ้าลบของสีสามารถดูดซับเข้าไปติดภายในเส้นใยได้ ส่วนสารช่วยติดสีที่มีคุณสมบัติเบส จะทำหน้าที่เพิ่มปฏิกิริยาระหว่างโมเลกุลของสีและเส้นใยให้มากขึ้น คุณสมบัติที่เป็นเบสนั้นจะทำให้เปลี่ยน

เจดสีของผ้าไหมเข้มหรือจางได้ (ศศิมา สุขสว่าง. 2558) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของชลิดา เวโรจน์ (2555) ได้ศึกษาการย้อมสีเส้นไหมด้วยดอกดาวเรือง ได้สารช่วยติดสีที่เหมาะสม คือ น้ำซี้ได้จากกาบมะพร้าว ซึ่งสารช่วยติดสีมีคุณสมบัติเป็นเบส ในงานวิจัยการย้อมผ้าไหมด้วยน้ำสนิมเหล็ก พบว่า สารช่วยติดสีที่เหมาะสม คือ น้ำสนิมเหล็กที่เติมสารช่วยติดสีคือน้ำมะขาม มีคุณสมบัติเป็นกรด ช่วยให้น้ำย้อมติดกับผ้าไหมได้ดี และมีร้อยละการดูดกลืนแสงของอะตอมมากที่สุด คือ 0.988 ± 0.0076 มีประสิทธิภาพในการดูดซับมากที่สุด เนื่องจากน้ำสนิมเหล็กและสารช่วยติดสี น้ำมะขาม มีคุณสมบัติเป็นกรดและเป็นสารประกอบที่มีไอออนของเหล็ก

เมื่อทำการวิเคราะห์ลักษณะของผ้าไหมด้วยเครื่องโดยใช้กล้องจุลทรรศน์แบบส่องกราด (SEM/EDS) พบว่ามีอนุภาคเหล็กอยู่ในเส้นใยของผ้าไหม และพบอนุภาคของอะตอมธาตุอื่น ซึ่งสีจากแร่ธาตุ (mineral dyes) เป็นสารอนินทรีย์โดยอาจเป็นส่วนผสมของออกไซด์โลหะ หรือเป็นสารประกอบเชิงซ้อนของโลหะ สีประเภทนี้จะเกิดตะกอนในช่องว่างระหว่างโมเลกุลเส้นใย และเนื่องจากสารเหล่านี้มีเสถียรภาพมากที่สุดจึงมีความทนทานต่อแสง ซึ่งสอดคล้องกับศรัณยา คุณะดิลก (2557)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาครั้งนี้ ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะที่อาจเป็นประโยชน์ต่อการศึกษาวิจัยในครั้งต่อไป ดังต่อไปนี้

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย ควรนำผ้าไหมที่ผ่านการย้อมด้วยสนิมเหล็กไปทดสอบความแข็งแรงของผ้าไหมและความคงทนต่อเหงื่อ
2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ควรมีการทดสอบว่าหากนำไปทดสอบการตกสีว่าหากมีการใช้งานจริงสามารถทนการตกสีได้มากที่สุดกี่ครั้ง และควรนำไปใช้ในการพัฒนาปรับปรุงเพื่อให้เกิดประโยชน์ต่อไป

เอกสารอ้างอิง

- ชลิดา เวโรจน์. (2555). การวิจัยเรื่องการศึกษาการย้อมสีเส้นไหมด้วยดอกดาวเรือง. สุรินทร์ : วิจัยนักศึกษาระดับ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- ณัฐภัทร์ คุณาวุฒิตระกูล. (2554). รูปแบบการเกิดสนิมเหล็กแบบมาโครเซลล์ในเหล็กเสริม. เชียงใหม่ :
ภาควิชาวิศวกรรมโยธา คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- ประชากร สุขนธมณี. (2560). สีสันจากพันธุ์พญา. วารสารมหาวิทยาลัยศิลปากร, 37(3), 190.
- ภัควัฒน์ แสงเจริญ. (2555). การเกิดสนิมของเหล็ก. กรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีนานาชาติสิรินธร
มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.
- รวีวรรณ กำจร และศิริวรรณ พันฉลาด. (2558). การศึกษาการย้อมไหมด้วยเปลือกต้นมะขาม. วิจัยนักศึกษา ระดับ
วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- ศรัณยา คุณะดิลก. (2557). เอกสารประกอบการสอนวิชาเทคโนโลยีสีย้อมธรรมชาติ. ภาควิชาคหกรรมศาสตร์ คณะเกษตร
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน, กรุงเทพฯ. (อัดสำเนา)
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- สุดารัตน์ นาสมบูรณ์ และทรายขวัญ เสาศิริ. (2557). การศึกษาภูมิปัญญาการย้อมสีไหมด้วย มะเกลือ. สุรินทร์ : วิจัย
นักศึกษา ระดับวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเคมี มหาวิทยาลัยราชภัฏสุรินทร์.
- สมิตรา วิวัฒน์นิมิต. (2557). การศึกษาศักยภาพในการส่งออกอุตสาหกรรมสิ่งทอไทย. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัย
รามคำแหง.
- สุรศักดิ์ ไททองศุภกุล (ออนไลน์). การป้องกันการเกิดสนิมเหล็ก. (2542). สืบค้นจาก: <http://www.material.chula.ac.th/>
[22 สิงหาคม 2562]
- สมโพธิ อัครพันธุ์. (2539). การพัฒนาหม้อมไหมในประเทศไทย. กรุงเทพฯ : สถาบันวิจัยหม้อมไหม กรมวิชาการเกษตร
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.

สำนักวิจัยและพัฒนาหม่อนไหม (ออนไลน์). (2557). การย้อมสีเส้นไหมด้วยสีธรรมชาติ. สืบค้นจาก : http://www.qsds.go.th/osrd_new/inside_page.php?pageid=19 [10 ตุลาคม 2561]

Kozlovskaya, V., Baggett, J., Godin, B., Liu, X., and Kharlampieva, E. (2012). **Hydrogen-bonded multilayers of**

Silk fibroin: from coatings to cellmimicking shaped microcontainers. ACS Macro Lett, 1, 384–387.

ผลของการปรับสภาพขานอ้อยด้วยต่างที่มีต่อการเพิ่มผลผลิตน้ำตาลและองค์ประกอบทางเคมี

ชุตินา ศิลาณินเวช¹ อัครอ หะยิอับดุลเลาะ¹ ปัทมญา กรธัชฐลิ้ม²
อุไรวรรณ ขุนจันทร์¹ และ ปรีชา กสิกรรมไพบูลย์^{1*}

¹ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จ.ปัตตานี 94000

²ศูนย์เครื่องมือกลาง คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี จ.ปัตตานี 94000

*email: preecha.kas@psu.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพขานอ้อย ซึ่งเป็นวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลสที่สามารถสลายเป็นน้ำตาลให้ได้น้ำตาลปริมาณสูงสำหรับเป็นวัตถุดิบในการหมักเพื่อผลิตกรดซักซินิก การปรับสภาพเป็นการกำจัดลิกนินทำให้เซลลูโลสย่อยสลายได้ง่ายขึ้น วิธีที่ใช้ปรับสภาพในงานวิจัยนี้ คือ การปรับสภาพด้วยต่างร่วมกับความดันไอน้ำโดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ด้วยหม้อนึ่งไอน้ำ เป็นเวลา 20, 40, 60 และ 90 นาที หลังจากปรับสภาพนำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ ปริมาณน้ำตาลทั้งหมด และองค์ประกอบทางเคมี พบว่า การปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ร่วมกับความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที เป็นสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด คือ 0.605 กรัมต่อลิตร และ 25.36 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ ทั้งนี้หากพิจารณาที่ปริมาณลิกนินต่ำสุด ต้องปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ร่วมกับความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที สามารถลดปริมาณลิกนินได้ 6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับขานอ้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ขานอ้อยมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลเพื่อการหมักเนื่องจากมีปริมาณมาก ราคาถูก และการปรับสภาพขานอ้อยด้วยต่างร่วมกับความดันไอน้ำเป็นอีกวิธีการที่น่าสนใจ สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับสภาพวัตถุดิบที่เหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลสชนิดอื่นได้ต่อไปในอนาคต

คำสำคัญ: ขานอ้อย การปรับสภาพ น้ำตาลรีดิวซ์ น้ำตาลทั้งหมด ลิกนิน

Effect of Sugarcane Bagasse Pretreatment with Alkali on Enhancing Sugar Production and Chemical Composition

Chutima Silamaneewet¹, Asro Hajiabdulloh¹, Paphatchaya Konthathalim²
Uraiwan Khunjan¹ and Preecha kasikamphaiboon¹

¹Department of Science, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University,
Pattani Campus, Thailand 94000

²Instrument Center, Faculty of Science and Technology, Prince of Songkla University,
Pattani Campus, Thailand 94000

*E-mail: preecha.kas@psu.ac.th

Abstract

This research aimed to study the optimum conditions for pretreatment of sugarcane bagasse, a lignocellulosic material that can be hydrolyzed into sugar, to obtain high amounts of sugar as a raw material for fermentation in order to produce succinic acid. Pretreatment is the removal of lignin, making cellulose easier to degrade. The method used for pretreatment in this research was alkaline pretreatment using sodium hydroxide at concentrations of 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 and 2.0 M at 121 °C for 20, 40, 60 and 90 min in an autoclave. After pretreatment, the hydrolysates were analyzed for reducing sugar, total sugar content and chemical composition. The results showed that the pretreatment with 2.0 M sodium hydroxide in an autoclave at 121 °C for 60 min was the condition that yielded the highest reducing sugar and total sugar content of 0.605 g/L and 25.36 g/L, respectively. However, if the lowest lignin content is considered, the sugarcane bagasse must be pretreated with 1.5 M sodium hydroxide in an autoclave at 121 °C for 60 min, at which, the lignin content was reduced by 6 times compared with the untreated sugarcane bagasse. The sugarcane bagasse is suitable to be used as a raw material source for sugar production for fermentation due to its large quantity and cheap price. Pretreatment of sugarcane bagasse with alkaline using autoclave was found to be another interesting method that can be applied to pretreatment of other lignocellulosic agricultural wastes in the future.

Keywords: Sugarcane bagasse, Pretreatment, Reducing sugar, Total sugar, Lignin

บทนำ

อุตสาหกรรมน้ำตาลเป็นอุตสาหกรรมสินค้าการเกษตรแปรรูปที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย โดยอ้อยเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตน้ำตาล ดังนั้น อ้อยจึงเป็นวัตถุดิบในรุ่นที่ 1 (first generation) จากการรายงานของสำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย (2560, น. 19) ได้รายงานไว้ในปี พ.ศ. 2560 ประเทศไทยปลูกอ้อยทั้งหมดประมาณ 102 ล้านตัน ส่งออกน้ำตาลประมาณ 6.5 ล้านตัน นับได้ว่าประเทศไทยสามารถผลิตอ้อยและน้ำตาลมากเป็นอันดับหนึ่งในกลุ่มประเทศอาเซียนและมีการส่งออกน้ำตาลอยู่ในอันดับที่สองของโลก ซึ่งในปี พ.ศ. 2560 มีปริมาณอ้อยที่เข้าหีบประมาณ 92 ล้านตัน แสดงให้เห็นว่าปริมาณขานอ้อยจากระบบการผลิตน้ำตาลหลังจากหีบเอาน้ำอ้อยออกจากท่อนอ้อยแล้วนั้นมีปริมาณสูงคิดเป็นร้อยละ 29 โดยประมาณของปริมาณท่อนอ้อยที่เข้าหีบก็จะกลายเป็นวัสดุเหลือทิ้งประเภทลิกโนเซลลูโลส (lignocellulosic biomass) ที่ประกอบด้วยองค์ประกอบทางเคมีที่มีพลังงานสูง ได้แก่ เซลลูโลสร้อยละ 40-50 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 30-35 และลิกนินร้อยละ 20-30 ในผนังเซลล์ (Peng et al., 2009, pp. 6305-6317) ซึ่งขานอ้อยสามารถนำมาเป็นแหล่งพลังงานหมุนเวียนที่มีปริมาณมากและราคาถูก นับเป็นวัตถุดิบในรุ่นที่ 2 (second generation) ที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย เช่น การผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ พลาสติกชีวภาพ เคมีชีวภาพ และเวชภัณฑ์ชีวภาพ เป็นต้น อย่างไรก็ตามการนำวัสดุประเภทลิกโนเซลลูโลสมาเป็นวัตถุดิบในการผลิตสารเคมีต่าง ๆ ต้องมีการปรับสภาพเพื่อทำลายโครงสร้างที่แข็งแรงของลิกนิน ที่มีผลทำให้เอนไซม์หรือจุลินทรีย์สามารถย่อยวัสดุได้มากขึ้นในขั้นตอนการย่อย (hydrolysis) ซึ่งเป็นขั้นตอนในการเปลี่ยนเซลลูโลสให้กลายเป็นน้ำตาลรีดิวซ์ (reducing sugar) เช่น น้ำตาลกลูโคส น้ำตาลไซโลส เป็นต้น โดยทั่วไปการปรับสภาพมีหลายวิธีด้วยกันสามารถแบ่งเป็นวิธีหลัก ๆ ได้ 4 วิธี ดังนี้ 1) วิธีการทางกายภาพ (การโม่ การบด) 2) วิธีการทางกายภาพร่วมกับทางเคมี (การปรับสภาพด้วยไอน้ำ การย่อยเปียก) 3) วิธีการทางเคมี (ทำปฏิกิริยากับด่างกรด ตัวออกซิไดส์และตัวทำละลายอินทรีย์) และ 4) วิธีการทางชีวภาพ (Alvira et al., 2010, pp. 4851-4861) การปรับสภาพแต่ละวิธีจะมีผลกับปริมาณของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนินที่แยกออกมาได้แตกต่างกัน ดังนั้นควรเลือกใช้วิธีและสภาวะในการปรับสภาพให้เหมาะสมกับวัตถุดิบเนื่องจากจะช่วยลดค่าใช้จ่ายแล้วยังสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในขั้นตอนย่อยและเพิ่มผลผลิตของผลิตภัณฑ์ เมื่อผ่านขั้นตอนการปรับสภาพแล้ว นอกจากการนำขานอ้อยมาเป็นวัตถุดิบในการหมักเป็นเอทานอลแล้ว ปัจจุบันยังสามารถนำขานอ้อยมาหมักเพื่อผลิตสารเคมีที่สามารถใช้เป็นสารตั้งต้นสำหรับการสังเคราะห์สารเคมีที่มีมูลค่าชนิดอื่น ๆ จากการรายงานของ Werpy และ Petersen (2004, p. 8) ได้รายงานว่ามีสารเคมีกลุ่มหนึ่งที่สามารถผลิตได้จากชีวมวลประเภทลิกโนเซลลูโลสจำนวน 300 รายการและได้คัดเลือกสารเคมี 12 รายการที่ถือได้ว่าเป็นสาร Building Blocks สามารถนำไปต่อยอดเพื่อพัฒนาเป็นสารเคมีที่มีมูลค่าเพิ่มซึ่งสารเคมีที่น่าสนใจ 1 ใน 12 รายการที่เป็น Building Blocks คือ กรดซัคซินิก (Succinic acid) มีสูตรโมเลกุล คือ $C_4H_6O_4$ เป็นกรดอินทรีย์ที่ประกอบด้วย C จำนวน 4 อะตอม เป็นสารที่ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลายในอุตสาหกรรมต่าง ๆ เช่น อุตสาหกรรมการผลิตอาหาร อุตสาหกรรมการเกษตร อุตสาหกรรมยา และอุตสาหกรรมพลาสติกชีวภาพ เป็นต้น (Song and Lee, 2006, pp. 252-261)

ดังนั้นงานวิจัยนี้เลือกใช้วิธีการการปรับสภาพด้วยด่างร่วมกับความดันไอน้ำเพื่อทำลายโครงสร้างของลิกนินเพื่อให้เซลลูโลสสลายเป็นน้ำตาลสำหรับนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักสำหรับการผลิตกรดซัคซินิกและสังเคราะห์สารเคมีอื่น ๆ ที่มีประโยชน์เชิงการค้าและสามารถยกระดับการผลิตเข้าสู่อุตสาหกรรม อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณแก๊ส CO_2 ที่เป็นแก๊สเรือนกระจกสาเหตุของสภาวะโลกร้อนและลดปริมาณของเสียทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อยที่เปลี่ยนแปลงไปหลังการปรับสภาพ
2. เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพขานอ้อยให้ได้น้ำตาลในปริมาณสูง

ระเบียบวิธีวิจัย

การเตรียมขานอ้อย

เก็บตัวอย่างขานอ้อยจากร้านคั้นน้ำอ้อยสดในพื้นที่อำเภอเมือง จังหวัดปัตตานี จากนั้นนำมาล้างทำความสะอาด อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง แล้วนำมาบดด้วยเครื่องบด และร่อนผ่านตะแกรกร่อน (Sieve) ที่มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 4 มิลลิเมตร เก็บตัวอย่างไว้ในโถดูดความชื้น (Desiccator) ก่อนการนำไปใช้ทดลอง

การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของขานอ้อย

นำขานอ้อยที่ผ่านการเตรียมเบื้องต้นแล้วมาวิเคราะห์หาปริมาณส่วนประกอบต่าง ๆ ก่อนการปรับสภาพ ได้แก่ เซลลูโลส เฮมิเซลลูโลส และลิกนิน ด้วยวิธี Alpha-, beta- and gamma-cellulose in pulp (TAPPI, 1999) จากนั้นนำขานอ้อยมาทำการปรับสภาพโดยใช้อัตราส่วนขานอ้อยต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 1:15 โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ เป็นเวลา 20, 40, 60 และ 90 นาที นำมากรองแยกส่วนของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และขานอ้อยออกจากชุดกรองปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร ล้างขานอ้อยด้วยน้ำประปาและน้ำกลั่นจนมีสภาพเป็นกลาง (pH=7) นำมาอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 12 ชั่วโมง แล้ววิเคราะห์หาปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน ด้วยวิธี (TAPPI, 1999)

การปรับสภาพด้วยต่างร่วมกับความดันไอน้ำ

นำขานอ้อยที่ผ่านการเตรียมเบื้องต้นแล้วมาทำการปรับสภาพโดยใช้อัตราส่วนขานอ้อยต่อสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เป็น 1:15 โดยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ เป็นเวลา 20, 40, 60 และ 90 นาที จากนั้นทำการกรองแยกส่วนของขานอ้อยออกจากชุดกรองปั๊มสุญญากาศ (Vacuum pump) โดยใช้กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 55 มิลลิเมตร นำของเหลวที่ได้มาวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ (Reducing sugar) ด้วยวิธี 3,5-dinitrosalicylic acid (Miller, 1959, pp. 426-428) และปริมาณน้ำตาลทั้งหมด (Total sugar) ด้วยวิธี Modified Phenol Sulfuric Method (Dubois et al., 1956, pp. 50-56)

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ รายงานผลเป็นค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบความแตกต่างทางสถิติด้วยวิธีทดสอบวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) โดยใช้โปรแกรม Statistical Package for the Social Sciences (SPSS) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยใช้วิธี Duncan's multiple range test ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95.0 ($p < 0.05$)

ผลการวิจัย

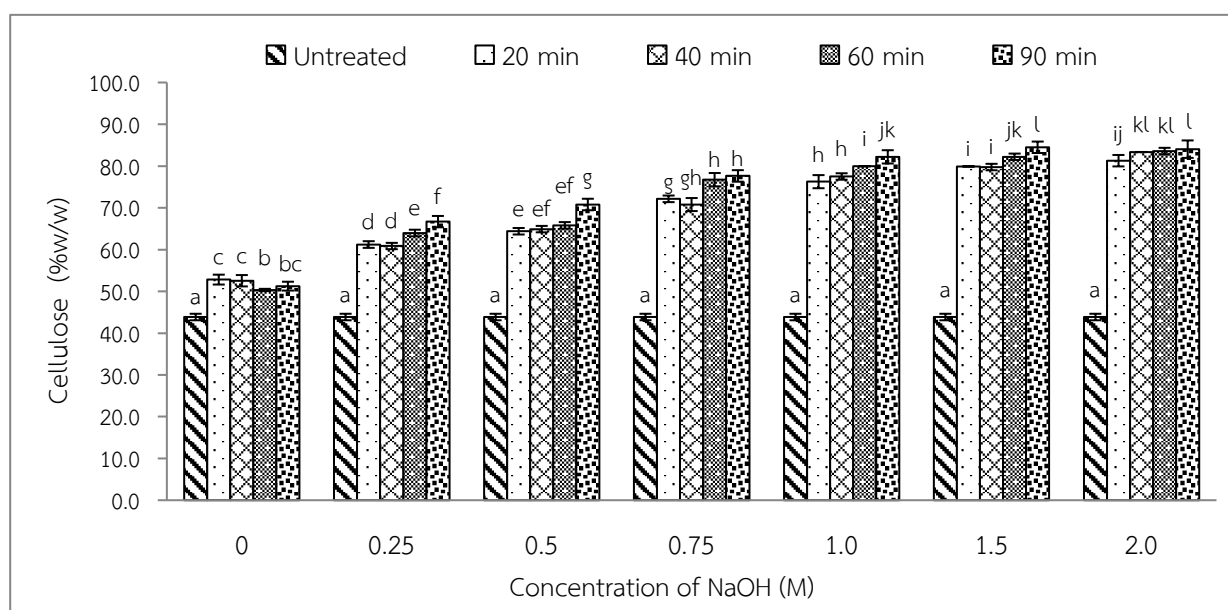
ผลการศึกษาความเข้มข้นของต่างและระยะเวลาต่อปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินที่ได้จากการปรับสภาพขานอ้อย

จากการวิเคราะห์ปริมาณเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนิน หลังปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ เป็นเวลา 20, 40, 60 และ 90 นาที พบว่า ขานอ้อยก่อนการปรับสภาพ (Untreated) มีปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 43.86 เฮมิเซลลูโลสร้อยละ 28.30 และลิกนินร้อยละ 27.84 ตามลำดับ (ภาพที่ 1-3 และตารางที่ 1) เมื่อปรับสภาพขานอ้อยโดยไม่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0 M) แต่ให้ความร้อนด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ที่เวลาต่าง ๆ (20-90 นาที) เพียงอย่างเดียวมีผลให้ปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพและเพิ่มมากขึ้นเมื่อปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นตั้งแต่ 0.25-2 โมลาร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และเมื่อเปรียบเทียบความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เดียวกัน พบว่า เมื่อระยะเวลาในการปรับสภาพเพิ่มขึ้น มีผลให้ปริมาณเซลลูโลสเพิ่มขึ้น โดยการปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ที่เวลา 90 นาที มีผลให้ปริมาณเซลลูโลสสูงสุด คิดเป็นร้อยละ 84.49 และพบว่าปริมาณเซลลูโลสที่วิเคราะห์ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ กับขานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ ที่เวลา 40, 60 และ 90 นาที มีผลให้ปริมาณเซลลูโลสคิดเป็นร้อยละ 83.36, 83.58 และ 84.04 ตามลำดับ ดังภาพที่ 1

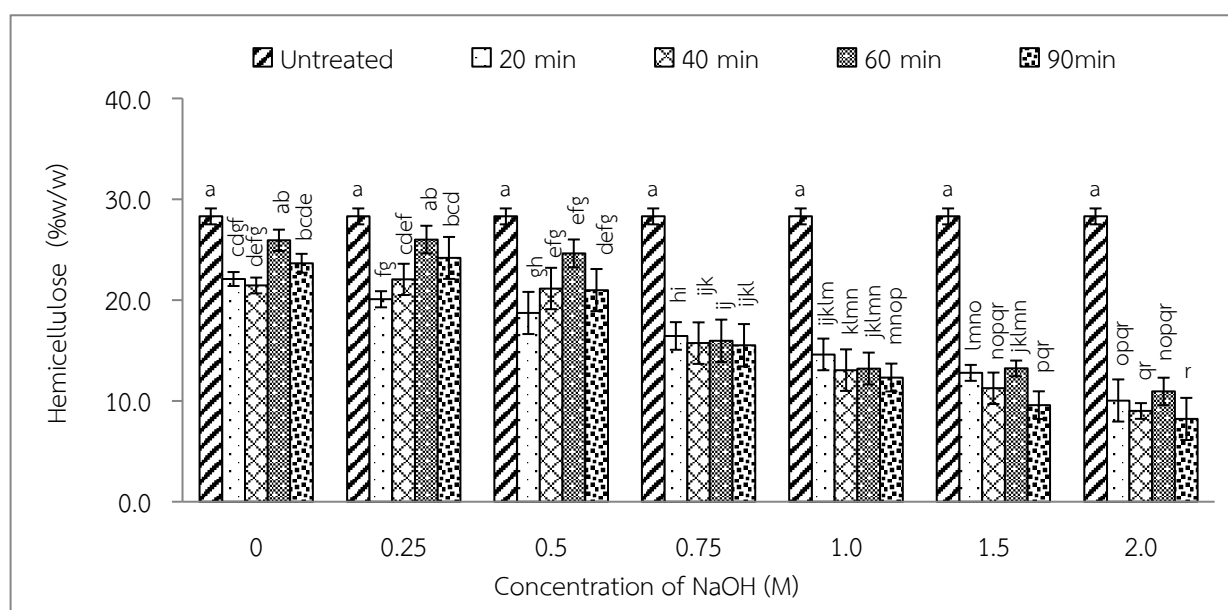
สำหรับปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนินของขานอ้อยที่ไม่ได้เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0 M) และใช้ความดันไอน้ำเพียงอย่างเดียวที่เวลาต่าง ๆ (20-90 นาที) ลดลงเพียงเล็กน้อยเมื่อเทียบกับขานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ (Untreated) และมีปริมาณเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์และระยะเวลาในการปรับสภาพ ปริมาณเฮมิเซลลูโลสจะย่อยสลายได้เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เพิ่มขึ้น และใช้เวลาในการปรับสภาพนานขึ้น ดังภาพที่ 2 โดยเมื่อปรับสภาพขานอ้อยที่เวลา 90 นาที ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0

โมลาร์ สามารถย่อยสลายเฮมิเซลลูโลสได้สูงสุด ซึ่งเหลือปริมาณเฮมิเซลลูโลสร้อยละ 8.21 เมื่อเทียบกับปริมาณเซลลูโลสในชานอ้อยที่ไม่ได้ปรับสภาพ (ร้อยละ 28.30) พบว่า ปริมาณของเฮมิเซลลูโลสลดลงไปร้อยละ 71

นอกจากนี้พบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ตั้งแต่ 0.25-2.0 โมลาร์ และใช้เวลาในการปรับสภาพนานขึ้น ตั้งแต่ 20-90 นาที มีผลทำให้ปริมาณลิกนินลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับชานอ้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพและชานอ้อยที่ไม่เติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ซึ่งปริมาณลิกนินมีค่าต่ำสุดร้อยละ 4.56 ซึ่งเมื่อปรับสภาพชานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ที่เวลา 60 นาที มีค่าไม่แตกต่างกับปริมาณลิกนินของชานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.0 โมลาร์ เวลา 90 นาที (ร้อยละ 5.48) และความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ เวลา 60 นาที (ร้อยละ 5.47) ดังภาพที่ 3 ดังนั้นสภาวะที่เหมาะสมในการปรับสภาพชานอ้อย คือ ใช้สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ซึ่งมีผลให้ได้ปริมาณเซลลูโลสร้อยละ 82.22 ส่วนปริมาณเฮมิเซลลูโลสและลิกนินลดลงเหลือร้อยละ 13.22 และร้อยละ 4.56 ตามลำดับ ดังตารางที่ 1

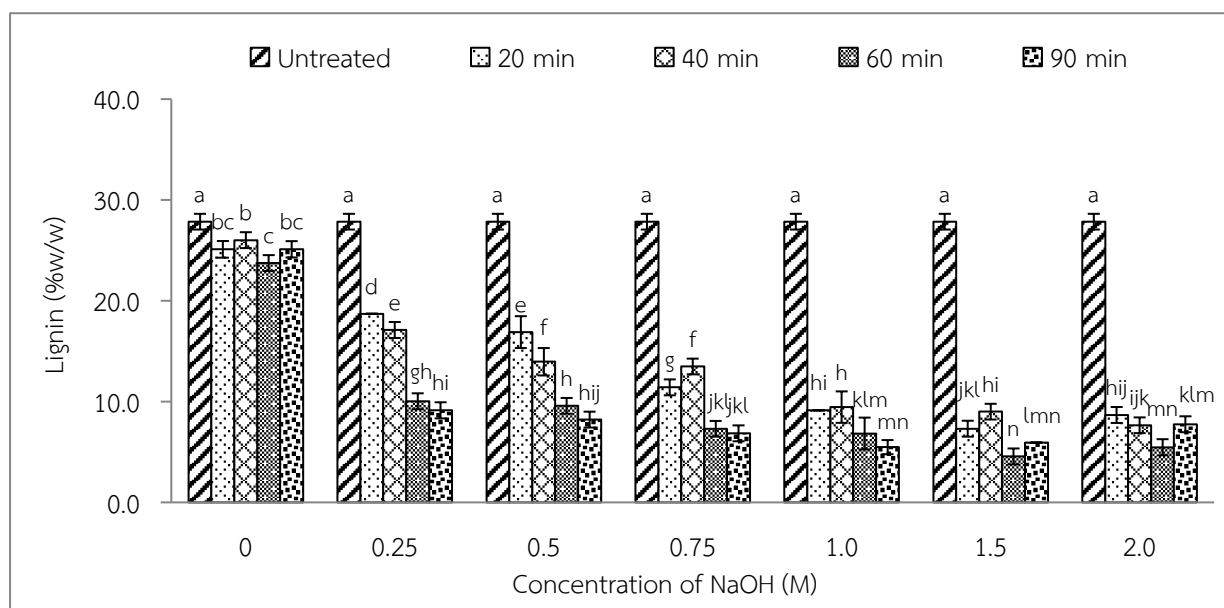


ภาพที่ 1 ปริมาณเซลลูโลสของชานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ



หมายเหตุ แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่แตกต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95

ภาพที่ 2 ปริมาณเอมิเซลลูโลสของขานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ



ภาพที่ 3 ปริมาณลิกนินของขานอ้อยที่ปรับสภาพด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ

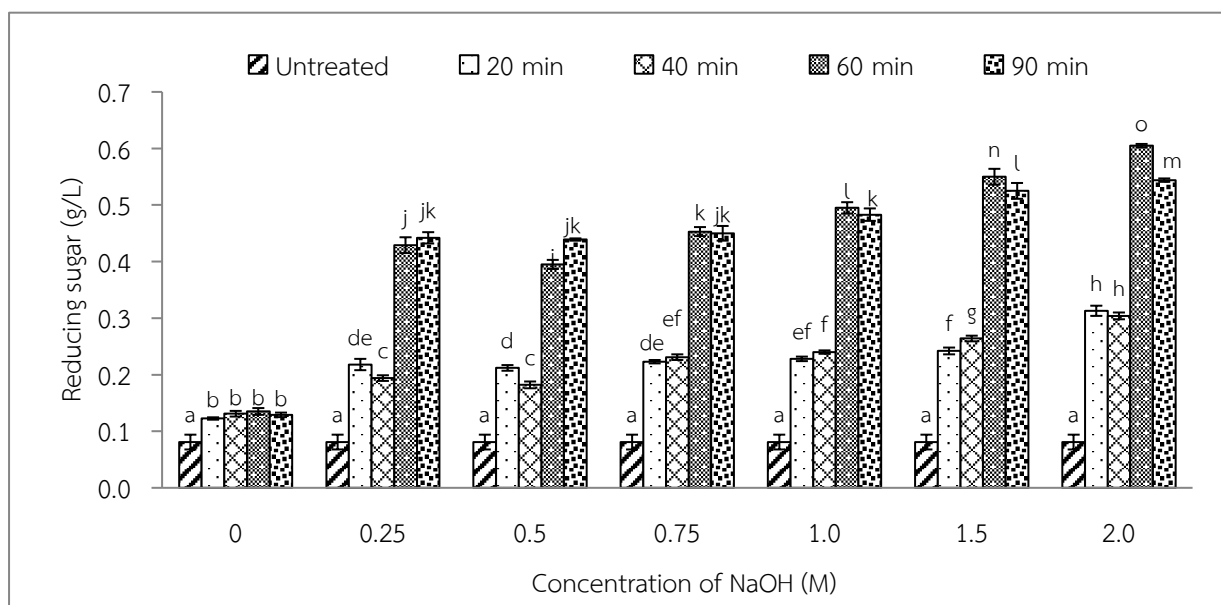
ตารางที่ 1 ปริมาณเซลลูโลส เอมิเซลลูโลส และลิกนิน ก่อนและหลังการปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

Pretreatment	Chemical composition (%w/w)		
	Cellulose	Hemicellulose	Lignin
Untreated	43.86 ± 0.78	28.30 ± 0.79	27.84 ± 0.78
1.5 M NaOH	82.22 ± 0.76	13.22 ± 0.78	4.56 ± 0.79

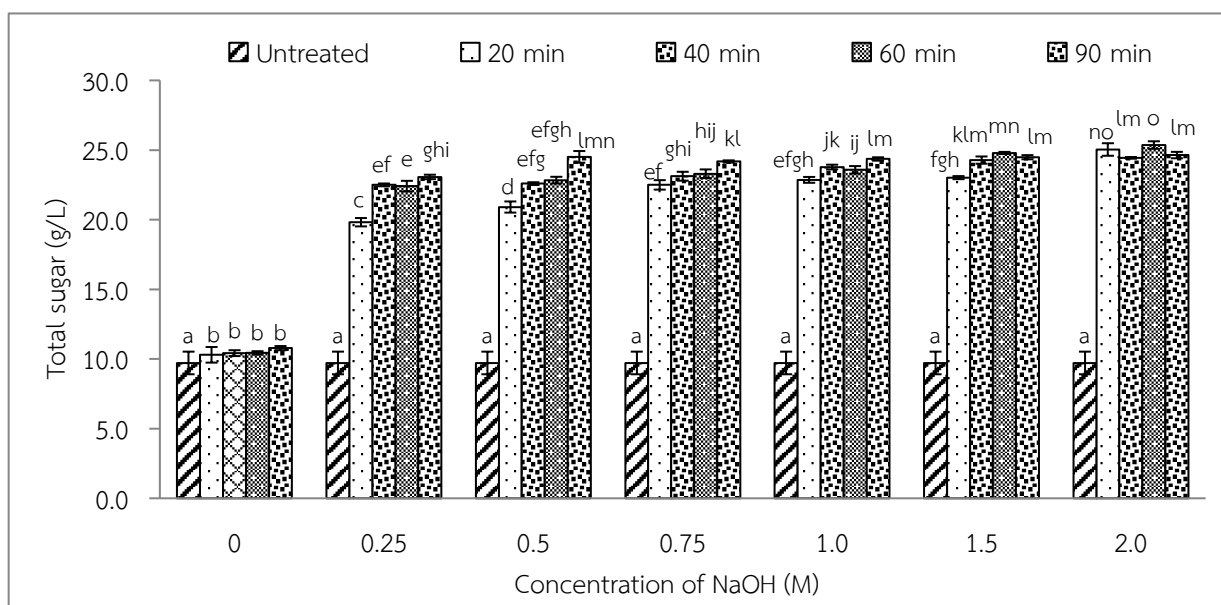
ผลการศึกษาความเข้มข้นของต่างและระยะเวลาต่อปริมาณน้ำตาลที่ได้ในการปรับสภาพขานอ้อย

จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดหลังการปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.25, 0.5, 0.75, 1.0, 1.5 และ 2.0 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส ด้วยหม้อนึ่งความดันไอน้ำเป็นเวลา 20, 40, 60 และ 90 นาที พบว่า ขานอ้อยหลังการปรับสภาพมีปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเทียบกับขานอ้อยก่อนการปรับสภาพ ขณะที่การปรับสภาพขานอ้อยโดยใช้หม้อนึ่งความดันไอน้ำอย่างเดียวยังไม่เพิ่มสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (0 M) ที่เวลาต่าง ๆ 20-90 นาที มีผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (ภาพที่ 4) จากกราฟเห็นได้ว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์เพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ และพบว่า ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์สูงสุดเมื่อปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ เวลา 60 นาที (0.605 กรัมต่อลิตร) รองลงมา คือ ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ เวลา 60 นาที 2.0 โมลาร์ เวลา 90 นาที และ 1.5 โมลาร์ เวลา 90 นาที มีปริมาณของน้ำตาลรีดิวซ์เท่ากับ 0.550, 0.544 และ 0.525 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ และจากการวิเคราะห์เปรียบเทียบผลปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่ได้จากการปรับสภาพขานอ้อย (ภาพที่ 6) พบว่า ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดเพิ่มขึ้นเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ในขณะที่เมื่อเพิ่มระยะเวลาในการปรับสภาพเป็น 90 นาที ที่ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ 0.5-2.0 โมลาร์ มีผลให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดที่วิเคราะห์ได้มีค่าไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยที่การปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ เป็นเวลา 60 นาที เป็นสภาวะที่ให้ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด คือ 25.36 กรัมต่อลิตร ดังนั้นจากผลการศึกษาดังกล่าว พบว่า การปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2.0 โมลาร์ เวลา 60 นาที มีผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และปริมาณน้ำตาลรวม

สูงสุดเท่ากับ 0.605 และ 25.36 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ (ตารางที่ 2) ซึ่งมีค่าสูงกว่าปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลรวมของ
 ขานอ้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพคิดเป็นร้อยละ 86.61 และ 61.67 ตามลำดับ



หมายเหตุ แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 ภาพที่ 4 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ของขานอ้อยที่ปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
 ที่ความเข้มข้นและเวลาต่าง ๆ



หมายเหตุ แท่งกราฟที่กำกับด้วยตัวอักษรภาษาอังกฤษที่ต่างกันแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95
 ภาพที่ 5 ปริมาณน้ำตาลทั้งหมดของขานอ้อยที่ปรับสภาพขานอ้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์
 ที่ความเข้มข้นแตกต่างกันและเวลาต่าง ๆ

ตารางที่ 2 ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลรวมก่อนและหลังการปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที

Pretreatment	Sugar concentration (g/L)	
	Reducing	Total
Untreated	0.081 ± 0.01	9.72 ± 0.81
2 M NaOH	0.605 ± 0.01	25.36 ± 0.27

สรุปและอภิปรายผล

จากการศึกษาครั้งนี้แสดงให้เห็นว่า การปรับสภาพขาน้อยด้วยต่างร่วมกับความดันไอน้ำ สามารถทำให้เกิดการละลายและแยกส่วนประกอบของเซลลูโลส เฮมิเซลลูโลสและลิกนินแล้วสลายไปเป็นน้ำตาลเพื่อนำไปใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักสำหรับการกรดซีกนิกในขั้นตอนต่อไปได้ ซึ่งลิกนินเป็นสารที่มีโมเลกุลที่ซับซ้อนมากเชื่อมต่อกันเป็นโครงสร้างสามมิติ ไม่แตกหัก และเป็นตัวเชื่อมเพื่อยึดให้เส้นใยเซลลูโลสรวมกัน (สุขใจ ชูจันทร์, 2554, น.14) ทำให้แยกลิกนินออกมาได้ยากมากเมื่อเปรียบเทียบกับโครงสร้างของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสที่ประกอบด้วยพวกลูกโซ่และกิ่งก้านใด นอกจากนี้ลิกนินยังเป็นตัวขัดขวางการทำลายของจุลินทรีย์หรือเอนไซม์เพื่อย่อยสลายเซลลูโลสให้กลายเป็นน้ำตาล (Wang et al., 2018, pp. 5951-5959) ซึ่งในการวิจัยนี้สภาวะที่เหมาะสมในการกำจัดลิกนินให้เหลือปริมาณลิกนินน้อยที่สุด คือ ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ร่วมกับความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที สามารถลดปริมาณลิกนินได้ 6 เท่า เมื่อเปรียบเทียบกับขาน้อยที่ไม่ผ่านการปรับสภาพ ผลการทดลองเป็นไปตามที่ Hosgun et al. (2017, pp. 280-287) ได้กล่าวไว้ว่า การปรับสภาพพอลิโนเซลลูโลสด้วยด่างมีประสิทธิภาพในการกำจัดลิกนินได้ดีเมื่ออยู่ภายใต้สภาวะที่อุณหภูมิต่ำ (น้อยกว่า 100 องศาเซลเซียส) และผลการทดลองสอดคล้องกับงานวิจัยของ Maryana et al. (2014, pp. 250-254) ที่ได้ทำการทดลองปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 และ 2 นอร์มัล ที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15, 30, 40 และ 45 นาที พบว่า การปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1 นอร์มัล เป็นเวลา 45 นาที สามารถกำจัดลิกนินได้ดีที่สุดซึ่งมีปริมาณลิกนินหลังการปรับสภาพเท่ากับร้อยละ 7.16 ทั้งนี้ Maryana et al. (2014, pp. 250-254) ได้กล่าวไว้ว่า การปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เจือจางสามารถทำให้เกิดปฏิกิริยาแซฟอนิฟิเคชัน (Saponification) ของพันธะเอสเทอร์ระหว่างโมเลกุลของเซลลูโลสและเฮมิเซลลูโลสทำให้เกิดช่องว่างภายในของขาน้อยเพิ่มขึ้น มีผลทำให้โครงสร้างของลิกนินถูกทำลายทำให้สามารถเพิ่มผลผลิตของน้ำตาล แต่เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์น้ำตาลที่เกิดขึ้น พบว่า สภาวะในการปรับสภาพที่มีผลให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมดสูงสุด คือ ปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ ที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ผลการทดลองสอดคล้องกับนิธิปและคณะ (2557, น. 6) ได้ทำการทดลองปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์เข้มข้นร้อยละ 1 โดยมวลต่อปริมาตร ร่วมกับการใช้ความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20, 30 และ 60 นาที พบว่า เมื่อปรับสภาพขาน้อยเป็นระยะเวลา 60 นาที ให้ปริมาณน้ำตาลรีดิวซ์ได้สูงสุด 0.383 กรัมต่อลิตร และเมื่อพิจารณาที่สภาวะการปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ร่วมกับความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที พบว่า ได้ผลของน้ำตาลรีดิวซ์และน้ำตาลทั้งหมด คือ 0.550 กรัมต่อลิตร และ 24.79 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ พบว่ามีค่าใกล้เคียงกับการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 2 โมลาร์ ดังนั้นเมื่อคำนึงถึงความคุ้มค่าในเชิงพาณิชย์และการสิ้นเปลืองสารเคมีที่ใช้เมื่อเทียบกับผลิตภัณฑ์ที่ได้ควรเลือกใช้สภาวะที่เหมาะสมในการการปรับสภาพขาน้อยเพื่อใช้ในการเข้าสู่กระบวนการหมักขั้นตอนต่อไป คือ การปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 1.5 โมลาร์ ร่วมกับความดันไอน้ำที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 60 นาที ทั้งนี้ Kumari and Singh (2018, p. 885) ได้กล่าวไว้ว่า สารละลายด่างพื้นฐานที่นิยมใช้โดยทั่วไปเพื่อนำมาปรับสภาพวัตถุดิบประเภทลิกโนเซลลูโลสมากที่สุด คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ เนื่องจากมีราคาถูกกว่าโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ สามารถละลายได้ดีกว่าแคลเซียมไฮดรอกไซด์และมีความเป็นด่างที่รุนแรงมากกว่าแอมโมเนียมไฮดรอกไซด์ ดังนั้นการปรับสภาพขาน้อยด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์มีความเหมาะสมในการผลิตน้ำตาลเพื่อใช้เป็นสารตั้งต้นในกระบวนการหมักขั้นเพื่อผลิตสารชีวภาพที่มีมูลค่า เช่น กรดซีกนิกในงานวิจัยในขั้นตอนต่อไปได้

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า การใช้ขานอ้อยเป็นแหล่งวัตถุดิบในการหมักเพื่อผลิตสารชีวภาพจำเป็นต้องมีการปรับสภาพก่อน ซึ่งผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าการปรับสภาพด้วยสารละลายต่างร่วมกับการใช้ความดันไอน้ำมีความจำเป็นก่อนที่จะนำไปใช้ในการหมัก โดยใช้ปริมาณน้ำตาลรวมเป็นเกณฑ์ในการคำนวณปริมาณสารตั้งต้นที่ผ่านการปรับสภาพเพื่อใช้ในการหมักเพื่อผลิตสารต่าง ๆ นอกจากนี้เห็นได้ว่าขานอ้อยที่มีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นแหล่งวัตถุดิบในการผลิตน้ำตาลเนื่องจากมีปริมาณมาก ราคาถูกแล้วยังสามารถนำวิธีการปรับสภาพขานอ้อยด้วยต่างร่วมกับความดันไอน้ำไปประยุกต์ใช้เพื่อปรับสภาพวัตถุดิบที่เหลือทิ้งทางการเกษตรประเภทลิกโนเซลลูโลสชนิดอื่นได้ต่อไปในอนาคตได้ อีกทั้งยังสามารถลดปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ซึ่งเป็นแก๊สเรือนกระจกสาเหตุของสภาวะโลกร้อนและลดปริมาณของเสียทางการเกษตรมาใช้ให้เกิดประโยชน์สูงสุดและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- นิธิป ไชยมงคล, จิรศักดิ์ คงเกียรติขจร และอนันต์ ทองทา. (2557). การพัฒนาเทคนิคการปรับสภาพที่เหมาะสมในการเตรียมไฮโดรไลเสทขานอ้อยเพื่อเพิ่มผลผลิตเอทานอล. *ในการจัดประชุมเสนอผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 4* (น. 6). นนทบุรี.
- สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. (2560). รายงานพื้นที่ปลูกอ้อยปีการผลิต 2559/60 เรื่อง สถานการณ์การผลิตอ้อยเข้าหีบปีการผลิต 2550/51 - 2559/60. กลุ่มวิชาการและสารสนเทศอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย สำนักนโยบายอุตสาหกรรมอ้อยและน้ำตาลทราย. หน้า 19.
- สุขใจ ชูจันทร์. (2554). *การผลิตกรดอินทรีย์จากวัสดุเหลือใช้มวลชีวภาพ*. บริษัทแอคทีฟพรีนซ์ จำกัด. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Alvira, P., Pejo, T., Ballesteros, M. and Negro, M. (2010). *Pretreatment technologies for an efficient bioethanol production process based on enzymatic hydrolysis*. *Bioresource Technology*. 101, 4851–4861.
- Dubois, M., Gilles, K.A., Atmelton, G.K., Raber, P.A. and Smith, F. (1956). *Calorimetric method for determination of sugars and related substances*. *Analytical Chemistry*. 28, 50-56.
- Hosgun, E.Z., Berikten, D., Kivanc, M., Bozan, B., (2017). *Ethanol production from hazelnut shells through enzymatic saccharification and fermentation by low-temperature alkali pretreatment*. *Fuel* 196, 280–287.
- Kumari, D. and Singh, R. (2018). *Pretreatment of lignocellulosic wastes for biofuel production: A critical review*. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 90, 877–891.
- Maryana, R., Ma'rifatun, D., Wheni, A. and Rizal W. (2014). *Alkaline pretreatment on sugarcane bagasse for bioethanol production*. *Energy Procedia*. 47, 250-254.
- Miller, G.L., (1959). *Use of dinotro salicylic acid reagent for determination of reducing sugar*. *Journal of Analytical Chemistry*. 31, 426-428.
- Peng, F., Ren, J., Xu, F., Bian, J. and Sun, R. (2009). *Comparative study of hemicelluloses obtained by graded ethanol precipitation from sugarcane bagasse*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 57, 6305-6317.
- Song, H. and Lee, Y.S. (2006). *Production of succinic acid by bacterial fermentation*. *Enzyme and Microbial Technology*. 39, 252-261.
- Technical Association of the Pulp and Paper Industry. (1999). *Alpha, beta and gamma cellulose in pulp*. *Tappi Rule T203 cm-99*, Tappi Technology, Atlanta.
- Wang, W., Zhuang, X., Tan, X., Wang, Q., Chen, X., Yu, Q., Qi, W., Wang, Z., Yuan, Z. (2018). *Dual effect of nonionic surfactants on improving the enzymatic hydrolysis of lignocellulose*. *Energy Fuels* 32 (5), 5951–5959.
- Werpy, T., Petersen, G. (2004). *Top value added chemicals from biomass*. U.S. Department of Energy. Pacific Northwest National Laboratory. National Renewable Energy Laboratory, Washington. pp. 8.

การพัฒนาสูตรตำรับแคลเซียมชนิดเม็ดด้วยวิธีการตอกตรง

อรรถพล ฮกเจริญ^{1a}, ชุตินันท์ สิริพัฒน์กุล^{1b}

¹หน่วยปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมเคมีเพื่อการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรทางชีวภาพ
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย
^aauttapol.hog@gmail.com, ^bchutimon.s@chula.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยในครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาสูตรตำรับแคลเซียมชนิดเม็ดด้วยวิธีการตอกตรง โดยเครื่องตอกเม็ดยาแบบสากเดี่ยว แคลเซียมคาร์บอเนต และไตรแคลเซียมฟอสเฟตได้ถูกเลือกเป็นสารสำคัญ ศึกษาอัตราส่วนของปริมาณสารสำคัญต่อสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา จากผลการทดลองพบว่า อัตราส่วนของปริมาณสารสำคัญที่เหมาะสม (แคลเซียมคาร์บอเนต: ไตรแคลเซียมฟอสเฟต) คือ 1:0 ซึ่งให้ปริมาณสารสำคัญ (ธาตุแคลเซียม) 448.0 สมบัติทางกายภาพของเม็ดยา ได้แก่ ความแปรปรวนของน้ำหนัก ความแข็งของเม็ดยา และความหนาของเม็ดยาสอดคล้องกับมาตรฐานของเภสัชตำรับของประเทศสหรัฐอเมริกา และปริมาณแคลเซียมในเม็ดยาใกล้เคียงกับปริมาณแคลเซียมเชิงทฤษฎี

คำสำคัญ: แคลเซียม, การตอกอัดขึ้นรูปเม็ดด้วยวิธีการตอกตรง, เม็ดยา

Formulation of Calcium Tablets by Direct Compression Tableting

Auttapol Hogjalern^{1a}, Chutimon Satirapipathkul^{1b}

¹Chemical Engineering Research Unit for Value Adding of Bioresources,
Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand
E-mail; ^aauttapol.hog@gmail.com, ^bchutimon.s@chula.ac.th

Abstract

The objective of the present work was to develop the formulation of calcium tablets by direct compression tableting method. The tablets were prepared using the single punch tableting machine. Calcium carbonate and Tricalcium citrate were selected as main active ingredient in tablets. Effect of the active ingredient ratio on physical properties and characterization of tablet were investigated. As the results, the optimum ratio (Calcium carbonate:Tricalcium citrate) was 1:0. This formulations was produce the active ingredient (Calcium form) 448.0. The physical properties were characterized as weight variation, tablet hardness and tablet thickness according with the United States pharmacopeias. The elemental calcium was determined by the atomic absorption spectrometer at 422.7 nm complied with the numbers calculated from theory.

Keywords: Calcium, Direct compression tableting, Tablet

บทนำ

ในปัจจุบันองค์การอนามัยโลกได้แนะนำให้มีการรับประทานแคลเซียม อย่างน้อยวันละ 800 มิลลิกรัมต่อวัน (ปริมาณธาตุแคลเซียม) เนื่องจากแคลเซียม เป็นปัจจัยหลักสำคัญในการเสริมสร้างการเพิ่มมวลกระดูก และช่วยเสริมฤทธิ์ในการลดการสลายตัวของมวลกระดูก คนไทยจำนวนไม่น้อยมีการบริโภคแคลเซียมเพียงร้อยละ 30 ของความต้องการในแต่ละวัน โดยเฉลี่ยเพียงวันละ 361 มิลลิกรัมแคลเซียมต่อวัน (พวงพันธ์, 2542) ซึ่งถือว่าน้อยมาก หากเปรียบเทียบกับปริมาณที่ควรได้รับในแต่ละวัน นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยที่ได้รายงานถึงผลการให้แคลเซียมเสริมเพียงอย่างเดียว (668 มิลลิกรัมของแคลเซียม) แก่ผู้หญิงวัยหลังหมดประจำเดือนในระยะเวลา 2 สัปดาห์ พบว่า การได้รับแคลเซียมเสริมในช่วงก่อนนอน สามารถลดระดับค่าดัชนีการสลายตัวของมวลรวมกระดูก และพาราไธรอยด์ฮอร์โมนได้ดีกว่าในช่วงหลังมื้ออาหาร (สมลักษณ์, 2546)

แคลเซียมคาร์บอเนต และแคลเซียมซิเตรท จัดเป็นสารประกอบที่ใช้สำหรับเป็นแหล่งให้แคลเซียมเสริมอย่างแพร่หลาย โดยแคลเซียมคาร์บอเนตนั้นมีองค์ประกอบของธาตุแคลเซียมอยู่ร้อยละ 40 ซึ่งมากกว่าแคลเซียมซิเตรทที่มีองค์ประกอบของธาตุแคลเซียมอยู่ร้อยละ 21 ในการผลิตและขึ้นรูปเม็ดแคลเซียมที่เป็นอาหารเสริม จะนิยมใช้การตอกเม็ดโดยตรง เป็นหนึ่งในวิธีที่นิยมกันมากในอุตสาหกรรม เพราะมีความสะดวก ช่วยลดขั้นตอนการทำงาน และมีค่าใช้จ่ายน้อย ทั้งนี้สารช่วยในการตอกเม็ดจะถือเป็นส่วนผสมสำคัญที่มีอิทธิพลอย่างมากต่อคุณสมบัติของยาเม็ดที่ได้ เนื่องจากสารผสมที่มีสมบัติการไหลไม่สม่ำเสมอ จะส่งผลต่อความไม่สม่ำเสมอของน้ำหนักของเม็ดยาซึ่งจัดเป็นปัญหาที่มักพบได้บ่อยในการผลิตยาเม็ดด้วยวิธีนี้ (จักรกฤษณ์, 2541)

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. ศึกษาอัตราส่วนของสารผสมในการขึ้นรูปเม็ดแคลเซียมด้วยวิธีการตอกตรง
2. ศึกษาสมบัติทางกายภาพและปริมาณสารสำคัญของแคลเซียมที่อยู่ในเม็ดยาที่ได้

ระเบียบวิธีวิจัย

สารเคมีและเครื่องมือ

สารเคมีที่ใช้ในงานวิจัยจะเป็นเกรดสำหรับห้องปฏิบัติการจากบริษัทต่างๆ ได้แก่ แคลเซียมคาร์บอเนต (Calcium Carbonate), ไตรแคลเซียมซิเตรท (Tricalcium Citrate), แล็กโทส แอนไฮไดรอส (Lactose Anhydrous), ไฮดรอกซีโพรพิล เมทิลเซลลูโลส (Hydroxypropyl Methylcellulose, HPMC), โพลีไวนิลไพร์โรลิโดน (Polyvinylpyrrolidone), โซเดียมสตาซ ไกลคอลเรท (Sodium Starch Glycolate), แมกนีเซียม สเตียเรท (Magnesium Stearate) และคอลลอยด์ซิลิคอนไดออกไซด์ (Colloidal Silicon Dioxide)

เครื่องมือที่ใช้ในการขึ้นรูปและการวิเคราะห์ ได้แก่ เครื่องตอกเม็ดยาแบบปากเดียว (Single Punch Tablet Machine, Model TDP-5, China), เครื่องวัดความแข็งของเม็ดยาแบบมอนแซนโต (Hardness Tablet Tester MONSANTO, Thailand) เครื่องผสมแบบลูกบาศก์ (Cubic mixer, Model SCM-5, India) เครื่องอะตอมมิคส์แอบซอร์ปชันสเปกโตรมิเตอร์ (Atomic Absorption Spectrophotometer, Model iCE 3500, U.S.A) .และเครื่องชั่งละเอียด (Pioneer Precision Balance, Model PA3202, USA)

การเตรียมสูตรตำรับแคลเซียมชนิดเม็ดด้วยวิธีการตอกตรง

ซึ่งส่วนประกอบที่ใช้ในสูตรตำรับที่ได้จากการคำนวณจากตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรตำรับที่ทำการศึกษา โดยผสมส่วนประกอบให้เข้ากันด้วยเครื่องผสมแบบลูกบาศก์ด้วยเทคนิค Geometric dilution ยกเว้น แมกนีเซียมสเตียเรท และคอลลอยด์ซิลิคอนไดออกไซด์ สำหรับในการผสมขั้นตอนสุดท้ายนำแมกนีเซียมสเตียเรท และคอลลอยด์ซิลิคอนไดออกไซด์ มาผสมกับส่วนประกอบที่ได้ผ่านการผสมแล้วด้วยเทคนิค Geometric Dilution จากนั้นนำไปตอกอัดขึ้นรูปเม็ดด้วยเครื่องตอกเม็ดยาแบบปากเดียว โดยกำหนดให้เม็ดยามีน้ำหนัก 1.6 กรัม และปรับระดับความแข็งให้เหมาะสม

การศึกษาสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา

การทดสอบแปรปรวนของน้ำหนัก (Weight Variation) ทำการสุ่มตัวอย่างจากสูตรตำรับมาอย่างละ 20 เม็ด จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักเม็ดยาในแต่ละเม็ด หาน้ำหนักเฉลี่ยของเม็ดยา น้ำหนักสูงสุด น้ำหนักต่ำสุดของเม็ดยา

การทดสอบความแข็งของเม็ดยา (Tablet Hardness Test) ทำการสุ่มตัวอย่างจากสูตรตำรับมาอย่างละ 6 เม็ด จากนั้นนำไปวัดความแข็งของเม็ดยาด้วยเครื่องวัดความแข็งของเม็ดยาแบบมอนแซนโต

การทดสอบความหนาของเม็ดยา (Tablet Thickness Test) ทำการสุ่มตัวอย่างจากสูตรตำรับมาอย่างละ 6 เม็ด จากนั้นนำไปวัดความหนาของเม็ดยาด้วยเครื่องคาลิเปอร์

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบของสูตรตำรับที่ทำการศึกษา

ส่วนประกอบ	สูตรตำรับ (ร้อยละ)			
	F01	F02	F1	F2
แคลเซียมคาร์บอเนต	70	70	35	35
ไตรแคลเซียมฟอสเฟต	0	0	35	35
แมกนีเซียมสเตียเรต	1	1	1	1
คอลลอยด์ซิลิโคนไดออกไซด์	0.5	0.5	0.5	0.5
โพลีไวนิลไพโรลิโดน	3	3	3	3
โซเดียมสทาซไกลคอลเรท	5	5	5	5
HPMC	10.25	6.83	10.25	6.83
แล็กโทสแอนไฮดรัส	10.25	13.67	10.25	13.67
รวม	100	100	100	100

การทดสอบหาปริมาณแคลเซียมด้วยเครื่องอะตอมมิคซ์แอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์

เตรียมสารละลายมาตรฐานแคลเซียม (II) ให้มีความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร จากการเจือจางจากสารละลายมาตรฐานแคลเซียม (II) เข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร จากนั้นนำสารละลายมาตรฐานไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอะตอมมิคซ์แอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ และสร้างกราฟมาตรฐานของสารละลายแคลเซียม (II)

นำสารละลายตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 422.7 นาโนเมตร ด้วยเครื่องอะตอมมิคซ์แอบซอร์พชันสเปกโตรมิเตอร์ และนำค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างไปเทียบหาปริมาณแคลเซียมจากกราฟมาตรฐานของสารละลายแคลเซียม (II)

ผลการวิจัย

จากการศึกษาสูตรตำรับแคลเซียมชนิดเม็ดด้วยวิธีการตรง เมื่อทำการแปรผันอัตราส่วนของสารสำคัญ ตามสูตรในตารางที่ 1 เมื่อนำเม็ดยาที่ได้มาตรวจสอบลักษณะเฉพาะและคุณภาพของเม็ดยา พบว่า เม็ดยามีลักษณะที่สอดคล้องกับมาตรฐานของเภสัชตำรับของประเทศสหรัฐอเมริกา (The United States Pharmacopoeia) ได้แก่ ลักษณะที่ปรากฏ (visual appearance) ขาวเป็นเนื้อเดียวกัน (homogeneous white), เรียบเนียน (smooth texture), ไม่มีกลิ่น (odorless) และไม่มีรอยแตกร้าว (no break-mark)

เมื่อนำเม็ดยาจากสูตรทุกตำรับมาวิเคราะห์น้ำหนักเฉลี่ยและความแปรปรวนของน้ำหนักเม็ด ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า สูตรตำรับ F01 – F2 มีค่าน้ำหนักในช่วง 1.570 ถึง 1.670 (กรัม) มีค่าน้ำหนักเฉลี่ยเท่ากับ 1.600 ± 0.018 ถึง 1.620 ± 0.032 (กรัม) มีค่าน้ำหนักเชิงทฤษฎี 1.60 กรัม ซึ่งค่าความแปรปรวนของน้ำหนักเม็ดอยู่ในช่วงที่เหมาะสม เมื่อพิจารณาจากค่าน้ำหนักเฉลี่ยและความแปรปรวนของน้ำหนักเม็ด โดยมีค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานสัมพัทธ์ (relative standard deviation, RSD) พบว่า ไม่เกิน 5% ซึ่งหมายความว่า น้ำหนักของเม็ดยาอยู่ในเกณฑ์ที่ยอมรับได้ และมีความเที่ยงตรง โดยเฉพาะในสูตรตำรับ F1 และ F2

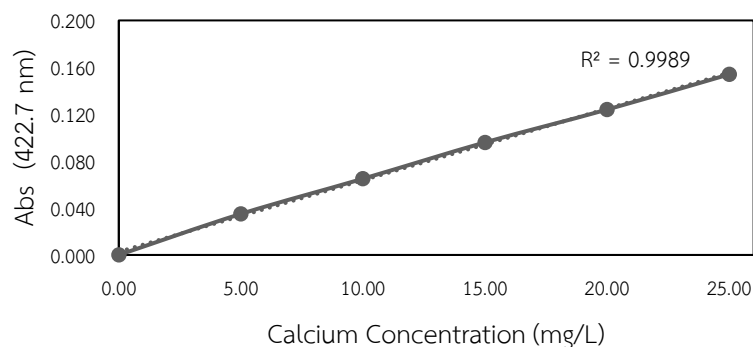
เมื่อนำเม็ดยาจากสูตรทุกตำหรับมาวิเคราะห์การทดสอบสมบัติทางกลของเม็ดยา ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า สูตรตำรับ F01 – F2 มีค่าความแข็งเฉลี่ยในช่วง 7.00 ± 0.707 ถึง 10.00 ± 0.000 (kg/cm²) ในสูตรตำรับ F1 และ F2 มีค่าความแข็งเฉลี่ย 10.00 kg/cm² ซึ่งแสดงในตารางที่ 3 การทดสอบสมบัติทางกลของเม็ดยาแสดงให้เห็นว่า เมื่อสารสำคัญหลักในสูตรตำรับ คือ แคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวจะทำได้ความสามารถในการยึดเกาะกันระหว่างสารสำคัญต่อสารเพิ่มปริมาณลดน้อยลง

ตารางที่ 2 น้ำหนักเฉลี่ยและความแปรปรวนของน้ำหนักเม็ดยา

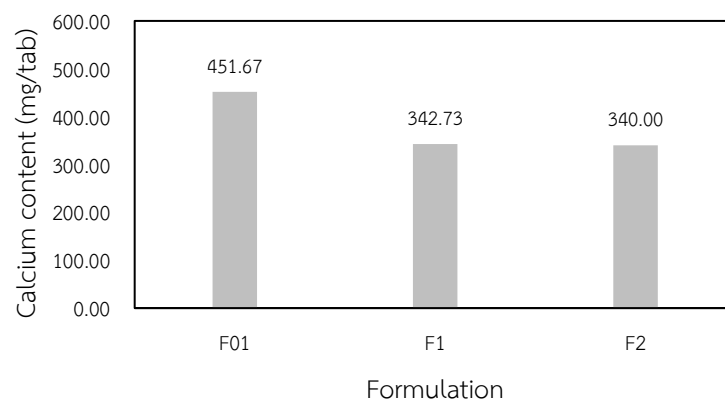
สูตรตำรับ	น้ำหนักเฉลี่ย (กรัม)	ช่วงของน้ำหนัก (กรัม)	RSD (%)
F01	1.62 ± 0.032	1.570 – 1.660	1.952
F02	1.61 ± 0.031	1.570 – 1.670	1.942
F1	1.60 ± 0.018	1.580 – 1.650	1.142
F2	1.61 ± 0.021	1.570 – 1.650	1.300

ตารางที่ 3 การทดสอบสมบัติทางกลของเม็ดยา

สูตรตำรับ	ค่าความแข็งเฉลี่ย (kg/cm ²)	ความหนา (มิลลิเมตร)
F01	7.00 ± 0.707	3.3 ± 0.007
F02	6.75 ± 0.354	3.8 ± 0.021
F1	10.00 ± 0.000	3.7 ± 0.035
F2	10.00 ± 0.000	3.0 ± 0.071



ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายแคลเซียม



ภาพที่ 2 ผลการวิเคราะห์ปริมาณแคลเซียมในเม็ดยา

เมื่อนำเม็ดยาจากสูตรตำรับ F01, F1 และ F2 มาวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญ (แคลเซียม) ได้ผลดังแสดงในภาพที่ 2 พบว่า สูตรตำรับ F01, F1 และ F2 มีปริมาณแคลเซียม 451.67, 342.73 และ 430.00 มิลลิกรัม ตามลำดับ ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับปริมาณแคลเซียมเชิงทฤษฎี

สรุปและอภิปรายผล

แคลเซียมชนิดเม็ดถูกเตรียมขึ้นโดยวิธีการตอกตรง (direct compression tableting) ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ ทำการศึกษาอัตราส่วนของปริมาณสารสำคัญในสูตรตำรับที่ต่างกันไป คือ มีแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวในสูตรตำรับร้อยละ 70 ให้ 448.00 กรัมของแคลเซียม (สูตรตำรับที่ F01 และ F02) และมีแคลเซียมคาร์บอเนตร้อยละ 35 ต่อไตรแคลเซียมซีเตร้อยละ 35 ให้ 341.60 กรัมของแคลเซียม (สูตรตำรับที่ F1 และ F2) โดยทุกสูตรตำรับใช้ไฮดรอกซีโพรพิลเมทิลเซลลูโลสเป็นสารก่อเมทริกซ์ความหนืดต่ำ ผลการศึกษาสมบัติทางกายภาพพบว่า สูตรตำรับที่มีแคลเซียมคาร์บอเนตเพียงอย่างเดียวมีความแข็งของเม็ดยาน้อยกว่าสูตรตำรับที่มีไตรแคลเซียมซีเตรผสมอยู่ด้วย และผลการวิเคราะห์หาปริมาณแคลเซียมที่อยู่ในเม็ดยาด้วยเครื่องอะตอมมิกซ์แอสซอร์พชันสเปกโทรเมตรีที่มีความสอดคล้องกับปริมาณแคลเซียมเชิงทฤษฎี

ข้อเสนอแนะ

การพัฒนาสูตรตำรับควรทดลองเพิ่มอิทธิพลของปัจจัยของสารยึดเกาะในร้อยละอื่นๆ เพื่อให้มั่นใจได้ว่าอิทธิพลของปัจจัยของสารยึดเกาะมีผลต่อความแข็ง และความหนาของเม็ดยาหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

- จักรกฤษณ์ แยมเกตุ. (2541). ผลของสารช่วยในการตอกเม็ดยาโดยตรงต่อคุณสมบัติการไหลของผงและลักษณะสมบัติทางกายภาพของเม็ดยา. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเภสัชศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- พวงพันธ์ วุฒิยาสกุล. (2542). การบริโภคแคลเซียมของนักเรียนวัยรุ่นตอนต้น ในเขตชนบท: กรณีศึกษาโรงเรียนท่าศาลา ประชานุสรณ์ อำเภอมัญจาคีรี จังหวัดขอนแก่น. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเภสัชศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น).
- สมลักษณ์ จิงสมาน. (2546). การศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิผลของการใช้ยาแคลเซียมเสริมหลังอาหาร 2 มื้อ กับการให้ก่อนนอนครั้งเดียวเป็นเวลา 2 สัปดาห์ ต่อการเปลี่ยนแปลงของระดับ ซี-เทอร์มินอลเทเลโอเปปไทด์ ครอสลิงค์ และระดับพาราไธรอยด์ ฮอร์โมนในหญิงวัยหมดประจำเดือนที่มีภาวะกระดูกบางอายุ 60-70 ปี. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารเภสัชศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย).
- United States Pharmacopeia. (2015). United States pharmacopeia dispensing information: USP 38-NF 33. United States: United States Pharmacopeial Convention.

การเคลือบलयนิ้วมือแฝงด้วยรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์บนกระจกเอฟทีโอโดยใช้การเคลือบไฟฟ้า

เบญจวรรณ จันทรงษ์^{1*} ภาคิน อินทร์ชิตจ้อย¹ และเอกชัย อัสชะ¹

¹สาขาฟิสิกส์และวิทยาศาสตร์ทั่วไป ภาควิชาวิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ 60000

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเตรียมสารละลายแกรฟีนออกไซด์ด้วยวิธีฮัมเมอร์เป็นสารที่ทำให้ลายนิ้วมือแฝงที่เคลือบรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ปรากฏขึ้นบนกระจก FTO โดยวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าเทียบกับลายนิ้วมือแฝงที่ปรากฏจากการปิดผงฝุ่นดำเตรียมสารละลายทั้งหมด 7 ความเข้มข้น ดังนี้ 0.017 0.033 0.041 0.06 0.103 0.124 และ 0.143 กรัมต่อลิตร ตามลำดับ นำรอยนิ้วมือแฝงจากการกดประทับลงบนกระจก FTO ของอาสาสมัคร มาชุบในสารละลายแกรฟีนออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่างๆ โดยใช้หลักการแบบเซลล์ไฟฟ้าเคมี ตรวจสอบสมบัติเชิงแสงของแกรฟีนออกไซด์และรอยนิ้วมือแฝงที่เคลือบรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี เครื่องรามานสเปกโทรสโคปี และการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝงด้วยโปรแกรมอิมเมจเจี เทียบกับการปิดผงฝุ่นดำ ผลการทดลองพบว่ากราฟความเข้มข้นมาตรฐานของสารละลายแกรฟีนออกไซด์พบการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่น 230 และ 300 นาโนเมตร ตามลำดับ และตรวจสอบด้วยรามานสเปกตรัมพบว่าค่า D-band และ G-band ปรากฏที่ 1335 cm^{-1} และ 1592 cm^{-1} ตามลำดับ เมื่อชุบด้วยไฟฟ้าเป็นรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์มีค่า I_D ต่อ I_G เท่ากับ 1.46 แสดงถึงหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนลดน้อยลง เมื่อเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝงด้วยโปรแกรมอิมเมจเจีพบว่าความเข้มข้น 0.103 กรัมต่อลิตร มีความคมชัด ทนต่อการถูกร่อน และให้รายละเอียดได้ดี เมื่อเทียบกับการปิดผงฝุ่นดำ

คำสำคัญ: รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ ผงฝุ่นดำ รอยลายนิ้วมือแฝง วิธีฮัมเมอร์

The Latent Fingerprints Deposition of Reduced Graphene Oxide On FTO by Using Electrodeposition

Banchawan Chantharungsi¹, Pakin Inchidjuy¹ and Ekkachai Achcha¹

¹Program of Physics and General Science, Department of Science, Faculty of Science and Technology
Nakhon Sawan Rajabhat University, Nakhon Sawan Thailand 60000.

*Corresponding author. E-mail : i.pakin@yahoo.com

Abstract

This paper reports the Graphene oxide (GO) solution preparation by using the Hummers method. A comparative study between latent fingerprints coated reduced Graphene oxide (rGO) on FTO glass by electrodeposition method and the latent fingerprints by black powder method. The different concentrations of GO suspensions are reported to 0.017, 0.033, 0.041, 0.06, 0.103, 0.124 and 0.143 grams per liter respectively. The stamps of latent fingerprints press on the FTO glasses of the volunteers of latent fingerprints coated rGO by using electrochemical. The optical properties of the GO suspensions and the latent fingerprints coated rGO were characterized using UV-VIS spectrophotometry and Raman spectroscopy, the image detail of the latent fingerprints coated rGO when comparative to black powder was characterized using Image J program. The results of the graph of the standard GO solution concentrations absorption equal to 230 and 300 nm on the wavelengths respectively. Raman spectrum to D-band and G-band at 1335 cm^{-1} and 1592 cm^{-1} respectively, The I_D per I_G is a 1.46 indicating function groups with the decrease oxygen. The coated rGO on latent fingerprints look with using Image J program. The optimal GO concentration is a 0.103 grams per liter of rGO coated latent fingerprints on FTO glass has highly image detail when comparative to black powder.

Keywords: Reduced graphene oxide, Black powder, Latent fingerprints, Hummers method

บทนำ

แกรฟีนแบบสองมิติได้จากวัสดุเริ่มต้นที่เป็นแกรไฟต์ มีการเรียงตัวแบบชั้นเดียวของอะตอมคาร์บอนที่เรียงตัวแบบหกเหลี่ยมซึ่งเป็นอัญรูป (allotrope) หนึ่งของคาร์บอน โดยคาร์บอนมีอิเล็กตรอน 6 ตัว เรียงตัวแบบ $1s^2 2s^2 2p^2$ อิเล็กตรอนชั้นนอก 4 ตัว ซึ่งเป็นสมบัติอิเล็กตรอนิกส์ของแกรฟีนแบบไฮบริดในเซชัน sp^2 จากออร์บิทัลวาเลนซ์ 4 จะมี $2s 2p_x 2p_y$ และ $2p_z$ โดย z เป็นทิศตั้งฉาก อะตอมของคาร์บอน 1 ตัว จะมีพันธะเคมีกับคาร์บอนอีก 3 ตัว ในระนาบ 2 มิติ จึงเหลือพายอิเล็กตรอนหรือพันธะพาย (π bonds) ซึ่งอิเล็กตรอนเคลื่อนที่ได้ง่าย (electron mobility) แสดงถึงการนำไฟฟ้าที่ดีและมีสมบัติโปร่งแสงมีการดูดกลืนแสงประมาณ 2.3 เปอร์เซ็นต์ ของแสงขาว มีความแข็งแรงกว่าเหล็ก จึงนำสมบัติเหล่านี้มาเคลือบร่อนนิ้วมือแผ่นบนกระจก FTO เพื่อเก็บเป็นวัตถุดิบในการตรวจวิเคราะห์ต่อไป และในปัจจุบันการเก็บรวบรวมหลักฐานในการสืบสวนหาตัวผู้กระทำความผิดมารับโทษตามกฎหมายเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญงานหลักฐานแต่ละชั้นสามารถระบุตัวผู้กระทำความผิดและขั้นตอนในการกระทำผิดได้ เนื่องจากรอยลายนิ้วมือเป็นพยานหลักฐานที่มีความสำคัญและพบมากที่สุดบนวัตถุพยาน จึงทำให้สามารถตรวจพิสูจน์เอกลักษณ์ของบุคคลเพื่อยืนยันตัวผู้กระทำความผิดได้ถูกต้อง เพราะลายนิ้วมือของมนุษย์มีลักษณะพิเศษที่ไม่เหมือนกัน

ในรายงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นและให้ความสนใจในการเตรียมและการสังเคราะห์รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ ด้วยวิธีฮัมเมอร์และออฟแมนแบบแกรไฟต์ถูกออกซิไดซ์ ซึ่งประสบความสำเร็จครั้งแรกในการใช้สารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นตัวออกซิแดนท์สำหรับการทำแกรฟีนออกไซด์ และรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ด้วยวิธีการเคลือบไฟฟ้าด้วยกระบวนการแบบเซลล์ไฟฟ้าเคมี ลงบนกระจกไฟฟ้า FTO

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. การเตรียมและการสังเคราะห์รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ด้วยวิธีฮัมเมอร์ และการรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ด้วยวิธีการเคลือบไฟฟ้าด้วยกระบวนการเคลือบไฟฟ้าลงบนกระจกไฟฟ้า FTO
2. ศึกษาสมบัติเชิงแสงของสารละลายแกรฟีนออกไซด์และรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ ด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี และรามานสเปกโตรสโคปี
3. ศึกษาการเปรียบเทียบลายนิ้วมือแฝงโดยวิธีปัดฝุ่นดำและการเคลือบไฟฟ้าของรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ด้วยโปรแกรมอิมเมจ

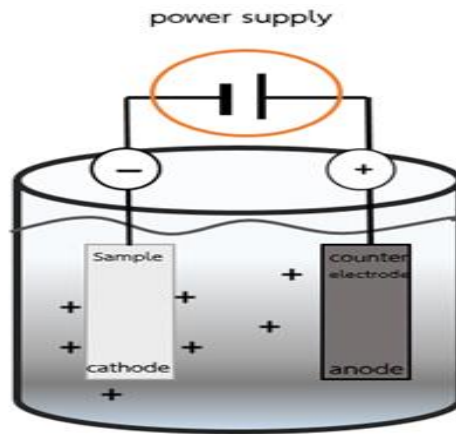
ระเบียบวิธีวิจัย

ขั้นตอนการวิจัยเมื่อนำผงแกรไฟต์มาทำเป็นแกรฟีนออกไซด์ และรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ด้วยไฟฟ้า พร้อมทั้งการนำลายนิ้วมือแฝงมาเปรียบเทียบ แบ่งได้เป็น 3 ส่วน คือ

1. นำผงแกรไฟต์และเกลือโซเดียมไนเตรตเป็นสารแขวนลอยที่อยู่ในสารละลายซัลฟูริกเข้มข้น เติมสารโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตให้อุดหนุนถึงที่เท่ากับ 20 องศาเซลเซียส เมื่ออุณหภูมิของสารแขวนลอยเพิ่มขึ้นที่ 35 องศาเซลเซียส ทิ้งไว้เป็นเวลา 30 นาที แล้วเติมน้ำอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นไปที่ 98 องศาเซลเซียส เมื่อนำมาล้างน้ำบริสุทธิ์เพื่อกำจัดกรดซัลฟูริก ไขมัน และแทนที่ให้เกิดโพแทสเซียม คลอเลต ($KClO_3$) ด้วยโซเดียม คลอเลต ($NaClO_3$) เป็นการป้องกันการรวมตัวของ $KClO_4$ ซึ่งเป็นของแข็งยากต่อการกำจัด สารแคทไอออน MnO^{+}_3 เติมไฮโดรคลอริกแล้วได้ $HMnO_4$ ล้างสารแขวนลอยให้แห้งโดยปรับ pH ให้เป็นกลางจะได้แกรฟีนออกไซด์

2. ติดตั้งชุดอุปกรณ์การทดลองสำหรับการชุบแกรฟีนออกไซด์ โดยใช้หลักการแบบเซลล์ไฟฟ้าเคมี จากแหล่งพลังงานไฟฟ้ากระแสตรง โดยปรับค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าไว้ที่ 3 โวลต์ ใช้เวลาในการชุบ 120 วินาทีควบคุมอุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ประกอบไปด้วยไฟฟ้า 2 ขั้ว ขั้วบวกต่อกับแผ่นสแตนเลสสตีล 304L โดยไม่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย ขั้วลบต่อกับกระจก FTO เตรียมสารละลายที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ด้วยการนำสารละลายที่ได้ในแต่ละความเข้มข้นทั้งหมด 7 ความเข้มข้นตรวจสอบความถูกต้องโดยการนำความเข้มข้นแต่เข้าเครื่อง ยูวีวิสิเบิลสเปกโตรโฟโตเมตรี นำรอยนิ้วมือแฝงจากการกดประทับลงบนกระจก FTO ของอาสาสมัคร มาชุบในสารละลายแกรฟีนออกไซด์ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ที่เตรียมไว้

3. อาสาสมัคร 3 คน มาประทับรอยลายนิ้วมือลงบนกระจก FTO แล้วนำกระจก FTO ไปชุบแกรฟีนออกไซด์ ที่ความเข้มข้นเท่ากับ 0.103 g/L แล้วนำตัวอย่างทั้งหมดไปถ่ายรูปด้วยกล้องโทรศัพท์มือถือ เก็บรอยลายนิ้วมือจากการปัดผงฝุ่นและนำมาถ่ายรูปด้วยโทรศัพท์มือถือเมื่อได้ตัวอย่างครบแล้ว นำตัวอย่างที่ได้ มาทำการเปรียบเทียบตัวอย่างจากการชุบแกรฟีนออกไซด์ และตัวอย่างที่ได้จากปัดผงฝุ่นด้วยโปรแกรม Image J

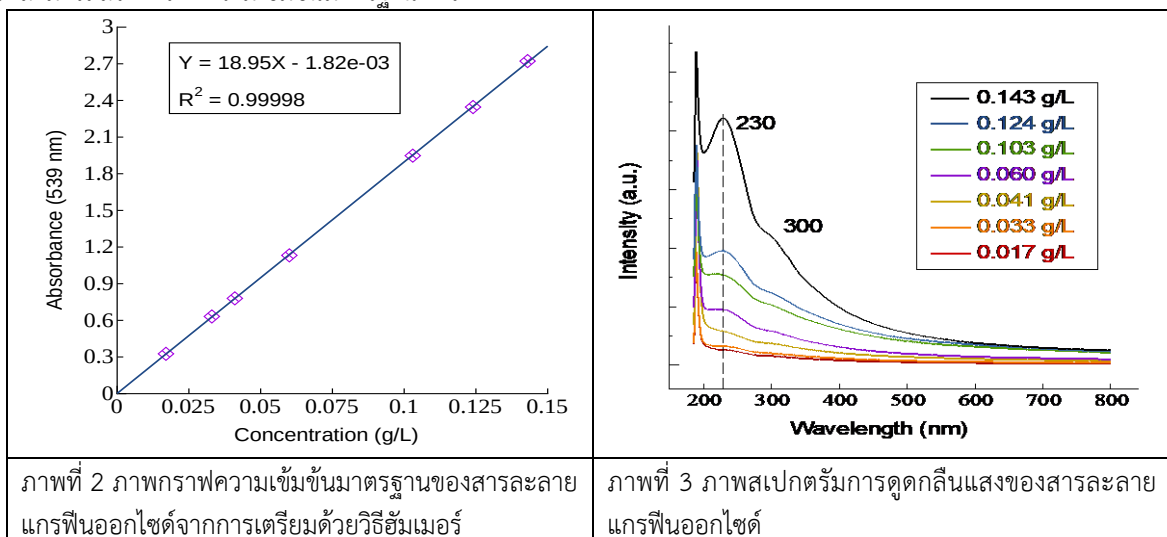


ภาพที่ 1 ภาพรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์จากการชุบด้วยไฟฟ้า

ผลการวิจัย

การตรวจหาปริมาณสารละลายแกรฟีนออกไซด์

การตรวจหาความเข้มข้นของสารละลายแกรฟีนออกไซด์อาศัยหลักการดูดกลืนแสง ตามกฎของเบียร์และกฎของแลมเบิร์ตสามารถสร้างกราฟความเข้มข้นมาตรฐาน ดังภาพที่ 2



เมื่อสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของแกรฟีนออกไซด์เป็นแบบอิเล็กทรอนิกส์ทรานซิชันช่วงแสงอัลตราไวโอเลต ในพันธะ C=C พิออบิตัลของคาร์บอนสามารถรวมตัวในเฟสเดียวกัน $\pi \rightarrow \pi^*$ พลังงานของ π bonding มีพลังงานน้อยเพราะใช้ในการสร้างพันธะ ส่วน π^* antibonding พลังงานมากกว่าเกิดทรานซิชันเหนี่ยวนำโฟตอนระหว่าง π และ π^* และเกิดการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นประมาณ 230 นาโนเมตร ส่วนการเตรียมสารด้วยวิธีฮัมเมอร์นั้นจะปรากฏการดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นประมาณ 300 นาโนเมตร ซึ่งเลื่อนไปทางสเปกตรัมสีแดงเป็นการทรานซิชันของพันธะ C=O ของกลุ่มออกซิเจนที่อยู่โดยรอบ และเกิดการดูดกลืนแสงกับของอิเล็กตรอนคู่โดดเดี่ยวของ n ออบิตัล (non-bonding) กับ π^* ($n \rightarrow \pi^*$) พลังงานของ n ออบิตัล มากกว่า π bonding ดังภาพที่ 3

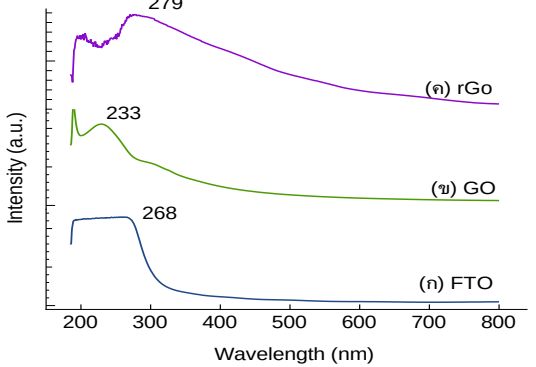
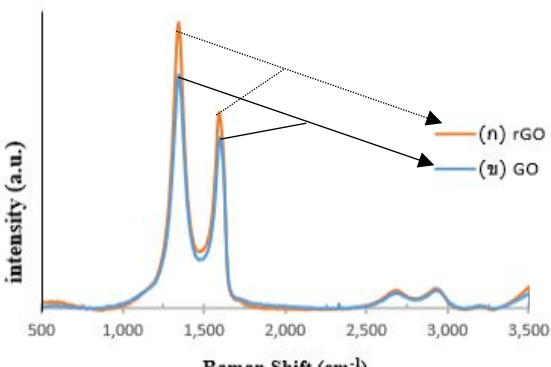
การรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์

ภาพที่ 4 สเปกตรัมการดูดกลืนของ FTO มีช่วงความยาวคลื่นประมาณ 200-268 นาโนเมตร แต่เมื่อเคลือบรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์จากการชุบด้วยไฟฟ้าบน FTO สเปกตรัมการดูดกลืนประมาณ 279 นาโนเมตร เลื่อนไปทางสเปกตรัมสีแดงของพันธะ C=C จาก $\pi \rightarrow \pi^*$

รามานสเปกตรัมพบว่าค่าของพีค D-band G-band และ 2D ปรากฏที่ 1335 cm^{-1} 1592 และ 2700 cm^{-1} ตามลำดับ ความกว้างที่ระยะครึ่งหนึ่งของพีค (FWHM) D-band และ G-band ของแกรฟีนออกไซด์พบว่า I_D/I_G เท่ากับ 1.22 และ รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ที่พบว่า I_D/I_G เท่ากับ 1.36 แสดงถึงการกำจัดหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนออก จะพบความบกพร่องของโครงสร้างที่ผิวของแกรฟีน เมื่อออกซิเจนที่ผิวถูกขจัดออกด้วยการรีดักชันด้วยเซลล์ไฟฟ้าเคมี และระยะความบกพร่องของแลตทิซ (L_D) หาได้ดังนี้

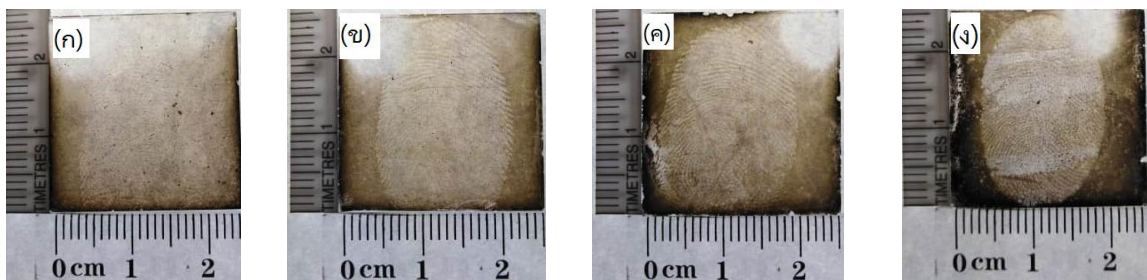
$$I_D/I_G = c(v)/L^2_D$$

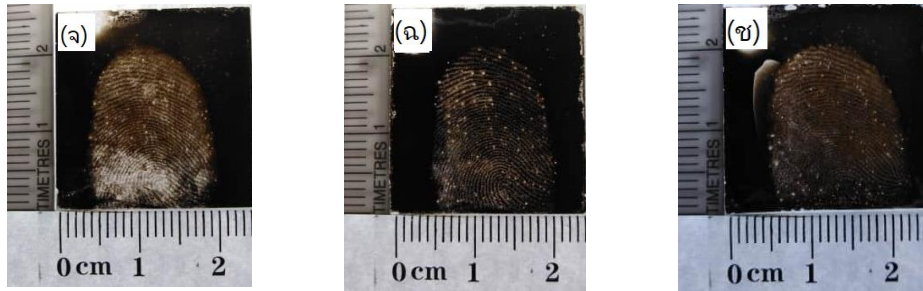
เมื่อ $c(v) = (2.4 \times 10^{-10} \text{ nm}^{-3}) \times v^4$ และ v เป็นความยาวคลื่นแสงเลเซอร์ที่ 532 นาโนเมตร เมื่อคำนวณระยะความบกพร่องของแลตทิซของแกรฟีนออกไซด์มีค่าประมาณ 11 นาโนเมตร และรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์มีค่าประมาณ 9 นาโนเมตร ซึ่งการรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์มีความบกพร่องน้อยลง

	
ภาพที่ 4 ภาพสเปกตรัมการดูดกลืนของ (ก) FTO (ข) GO และ (ค) rGO ที่ความเข้มข้น 0.103 g/L	ภาพที่ 5 ภาพรามานสเปกตรัม (ก) รีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์จากการชุบด้วยไฟฟ้า (ข) แกรฟีนออกไซด์จากการเตรียมด้วยวิธีอีเอ็มเมอร์ ที่ความเข้มข้น 0.103 g/L

การมองเห็นสีด้วยสายตามนุษย์

ภาพที่ 6 เป็นการสังเกตภาพด้วยสายตา ภาพ ก ถึงภาพ ง มีลักษณะสีจางมากเมื่อเทียบกับ ภาพ จ ถึงภาพ ช เมื่อสังเกตจากสายตารายละเอียดจากภาพ ฉ กับ ช มีลักษณะมืดไปสังเกตรายละเอียดได้ยาก ส่วนภาพ จ ให้แสงที่เกือบรายละเอียดร่อนนิ้วมือได้คมชัด ให้ความมืดและความจางในช่วงกว้างเมื่อดูด้วยโปรแกรมอิมเมจเจดิงตารางที่ 1





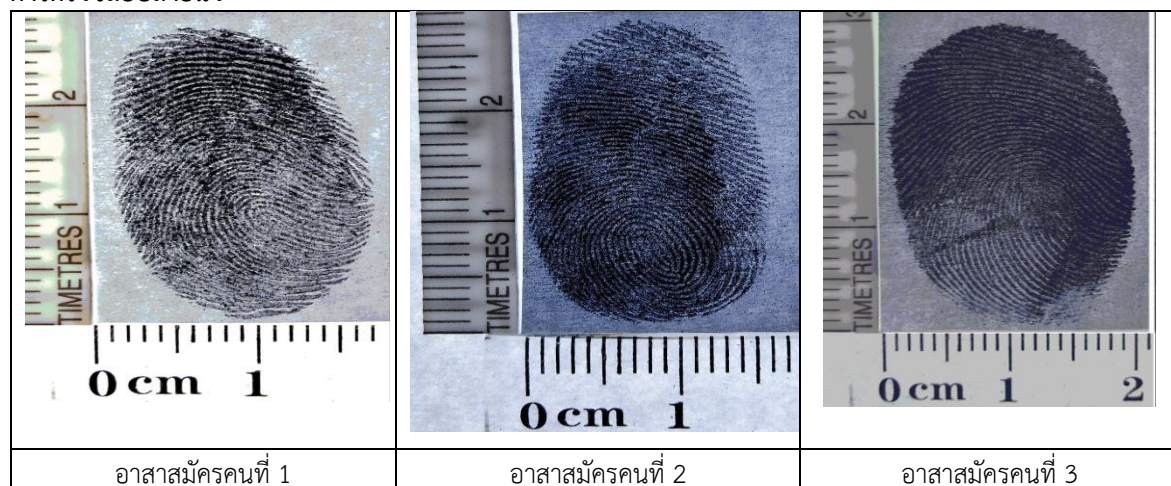
ภาพที่ 6 ภาพลายนิ้วมือที่ได้จากการชุบแกรฟีนออกไซด์ที่ความเข้มข้น (ก) 0.017 g/L (ข) 0.033 g/L (ค) 0.041 g/L (ง) 0.06 g/L (จ) 0.103 g/L (ฉ) 0.124 g/L และ (ช) 0.143 g/L

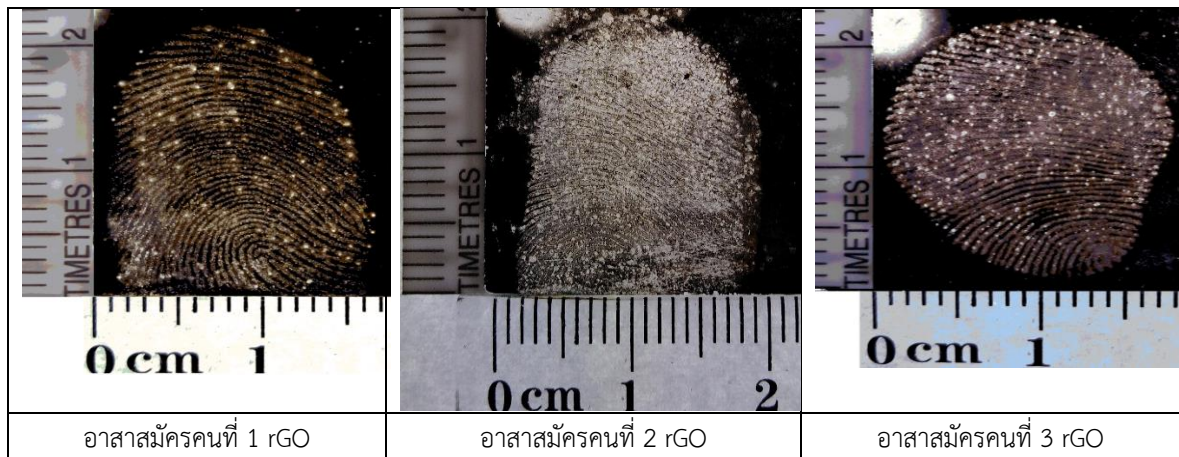
ตารางที่ 1 แสดงแสงสะท้อนมาจากสีของวัตถุ ความเข้มและความจางของสี ความมืดและความสว่างของสี

ลายนิ้วมือแฝง	สะท้อนจากสีของวัตถุ (Hue: 0-360)	ความเข้มและความจาง (Saturation: 0-100)	ความสว่างและความมืด (Brightness: 0-100)
ก	21 – 38	9 – 40	37 – 80
ข	27 – 43	9 – 30	47 – 80
ค	27 – 40	14 – 45	34 – 82
ง	17 – 43	7 – 40	39 – 83
จ	18 – 37	8 – 90	4 – 75
ฉ	8 – 43	5 – 68	0 – 40
ช	7 – 43	5 – 70	0 – 40

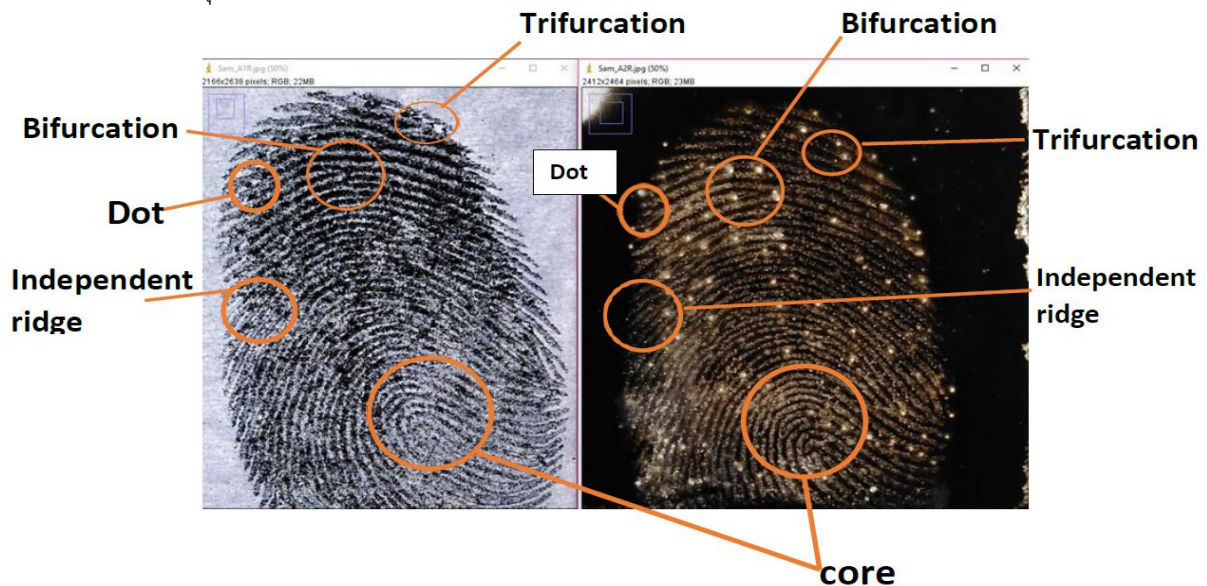
ภาพ จ แสดงค่าความสว่างและความมืดช่วง 4-75 ให้ความสว่างของภาพได้ถึง 75 ส่วนความมืดได้ถึง 4 ให้ช่วงการปรับแสงที่กว้าง

การตรวจสอบลายนิ้ว



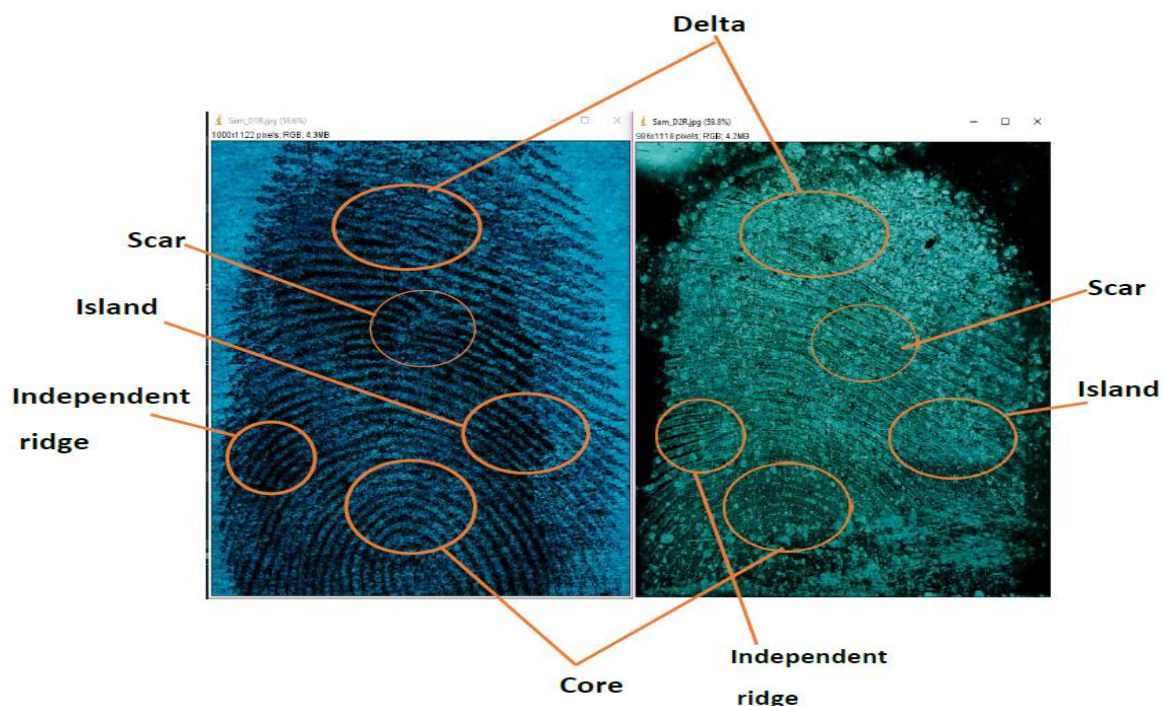


ภาพที่ 7 ภาพด้านบนชุดลายนิ้วมือแฝงที่เก็บโดยวิธีปิดฝุ่นผงคาร์บอนของอาสาสมัคร 3 คน และภาพด้านล่างชุดลายนิ้วมือแฝงที่เก็บโดยวิธีการชุบด้วยไฟฟ้าของอาสาสมัคร 3 คน



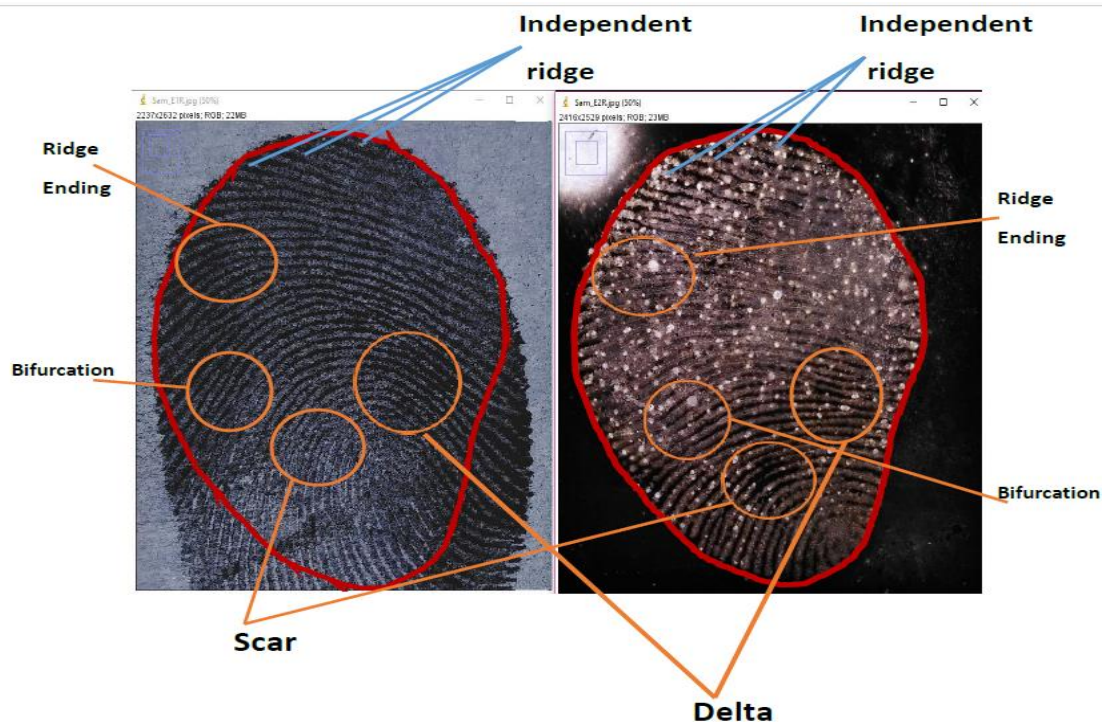
ภาพที่ 8 ภาพการเปรียบเทียบของลายนิ้วมือแฝงของอาสาสมัครคนที่ 1 ที่เก็บได้จากวิธีปิดฝุ่นผงดำกับวิธีการชุบแกรฟีนออกไซด์ด้วยไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Image J

การเปรียบเทียบชุดที่ 1 ตัวอย่างที่ปรากฏจากวิธีการชุบแกรฟีนออกไซด์ด้วยไฟฟ้านั้นมีความคมชัด และสามารถมองเห็นจุดที่เป็นเอกลักษณ์สำคัญของลายนิ้วมือได้อย่างชัดเจนทั้ง 5 จุด คือ Core (แกน) Independent ridge (เส้นที่เป็นอิสระ) Trifurcation (เส้นแยกสามชั้น) Bifurcation (เส้นแยก) Dot (จุด)



ภาพที่ 9 ภาพการเปรียบเทียบของลายนิ้วมือแฝงของอาสาสมัครคนที่ 2 ที่เก็บได้จากวิธีปิดฝุ่นผงดำกับวิธีการชุบแกรฟีนออกไซด์ด้วยไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Image

เปรียบเทียบชุดที่ 2 เมื่อสังเกตด้วยตาเปล่าแล้วจะเห็นว่าตัวอย่างที่ได้จากการปิดผงฝุ่นเห็นได้ชัดเจนแต่ยังขาดความคมชัดเมื่อเปรียบเทียบกับจุด Independent ridge (เส้นที่เป็นอิสระ) ของตัวอย่างที่ได้จากการชุบแกรฟีนออกไซด์ แต่ในจุด Core (แกน) Island (เส้นทะเลสาบ) Scar (แผลเป็น) Delta (สันดอน) ของตัวอย่างที่ได้จากการชุบแกรฟีนออกไซด์สังเกตได้ไม่ชัดเจนนั้นเกิดจากการประทับของลายนิ้วมือที่เกิดการเคลื่อนไหวระหว่างการประทับ และจากการเปรียบเทียบแล้วสามารถมองเห็นได้ว่าในแต่ละจุดที่ปรากฏออกมา เป็นรอยลายนิ้วมือของบุคคลเดียวกัน



ภาพที่ 10 ภาพการเปรียบเทียบของลายนิ้วมือแฝงของอาสาสมัครคนที่ 3 ที่เก็บได้จากวิธีปิดผงฝุ่นดำกับวิธีการชุบแกรฟีนออกไซด์ด้วยไฟฟ้าด้วยโปรแกรม Image

การเปรียบเทียบชุดที่ 3 ในการทดลองตัวอย่างของการปิดผงฝุ่นและการชุบแกรฟีนออกไซด์มีขนาดของวัสดุที่ไม่เท่ากันเนื่องจากค่าเฉลี่ยพื้นที่รอยนิ้วมือบนนิ้วหัวแม่มือข้างขวาของอาสาสมัคร อยู่ที่ 3 เซนติเมตร กระดาษกาวที่มีพื้นที่ขนาด 2.5×2.5 ตารางเซนติเมตร จึงทำให้อยู่บนนิ้วมือแฝงของการเปรียบเทียบในชุดนี้มีสัดส่วนที่ไม่เท่ากัน แต่เมื่อเปรียบเทียบแล้ว จุด Independent ridge (เส้นที่เป็นอิสระ) Bifurcation (เส้นแยก) Delta (สันดอน) และจุด Scar (แผลเป็น) ของตัวอย่างที่ได้จากการชุบมีความคมชัดมองเห็นได้อย่างชัดเจน ส่วนจุด Ridge Ending (เส้นหยุด หรือเส้นขาด) มองเห็นได้ไม่ชัดเจนนั้นเกิดมาจากความบกพร่องระหว่างขั้นตอนการทำของผู้วิจัย

สรุปและอภิปรายผล

การเตรียมแกรฟีนออกไซด์ด้วยวิธีฮัมเมอร์พบการดูดกลืนแสงช่วงประมาณ 300 นาโนเมตร ของการ ทรานซิสชัน $n \rightarrow \pi^*$ เมื่อนำไปชุบด้วยการรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์บนกระจก FTO นั้นมีการเลื่อนไปทางสเปกตรัมสีแดง เมื่อวิเคราะห์รามานสเปกตรัมพบว่าการรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์ I_D/I_G เท่ากับ 1.46 แสดงถึงการรีดิวซ์ที่ผิวของแกรฟีนเป็นการกำจัดหมู่ฟังก์ชันที่มีออกซิเจนออก จะพบความบกพร่องของโครงสร้างที่ผิวของแกรฟีน เมื่อนำรอยนิ้วมือเคลือบด้วยรีดิวซ์แกรฟีนออกไซด์บนกระจก FTO ดูด้วยโปรแกรมอิมเมจให้ความคมชัดเพิ่มมากขึ้นเมื่อเทียบกับการปิดผงฝุ่น

ข้อเสนอแนะ

เมื่อเปรียบเทียบตัวอย่างทั้ง 3 ชุดแล้วแสดงให้เห็นได้ว่ารอยนิ้วมือที่ปรากฏจากการชุบแกรฟีนออกไซด์มีความคมชัดสามารถมองเห็นได้ชัดเจนเมื่อมาเปรียบเทียบกับวิธีการปิดผงฝุ่น เก็บบันทึกเป็นไฟล์ด้วยวิธีการบันทึกรูปภาพได้และยังสามารถเก็บรักษาวัตถุนี้ไว้ได้ในระยะเวลานานเนื่องจากคุณสมบัติของแกรฟีน แต่ในการทดลองนั้นต้องมีความชำนาญในระดับหนึ่งจึงจะทำให้ชิ้นงานนั้นออกมาสมบูรณ์ เป็นต้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ที่ให้ความกรุณา ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการ วิทยาลัยนาโน สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ให้ความกรุณา ช่วยเหลือและอำนวยความสะดวกเกี่ยวกับห้องปฏิบัติการวิเคราะห์ขั้นสูง

เอกสารอ้างอิง

- กิตติพงษ์ น้ำจันทร์ ทวี ฉิมอ้อย และมณู เพ็ญพุ่ม. (2560). การสังเคราะห์แกรฟีนบนแผ่นทองแดงด้วยไมโครเวฟพลาสมา CVD. วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ, ปีที่ 20 (ฉบับพิเศษ), เลขหน้า 269-274.
- Ayrat M. Dimiev, Siegfried Eigler. (2017). *Graphene Oxide: Fundamentals and Applications*. New York: John Wiley & Sons, 36–84.

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี และประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านต่อการยับยั้งเชื้อราไหม้ข้าว

วัชรภรณ์ ทาหาร^{1*}, นิพาดา โสลา¹, นุจรินทร์ ก้อนแก้ว¹, นุจรินทร์ บัวหลวง¹ และกรรณกาญจน์ จันดี²

¹สาขาเคมี คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

²สาขาชีววิทยา คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

email: thahan2002@gmail.com

บทคัดย่อ

โรคไหม้ข้าวเกิดจากเชื้อรา *Pyricularia oryzae* เป็นโรคหนึ่งซึ่งเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำให้คุณภาพข้าวและปริมาณข้าวลดลงมากกว่า 60 เปอร์เซ็นต์ในประเทศไทย งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ด้วยสารสกัด 5% เอทิลแอลกอฮอล์ของกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ในห้องปฏิบัติการและในโรงเรือน ตรวจสอบผลการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* ด้วยวิธี Agar well diffusion เปรียบเทียบกับคาร์เบนดาซิม ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดกานพลูเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ให้เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* สูงที่สุด (83.45%) ถัดมาสารสกัดสาบเสือ (80.12%) ประสิทธิภาพการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ในโรงเรือน ของสารสกัดต่าง ๆ พบว่าสารสกัดสาบเสือ (40% w/v) มีประสิทธิภาพยับยั้งโรคไหม้ข้าวได้ดีกว่าไม่พ่นสารสกัด ให้จำนวนใบที่ติดโรคและน้ำหนักรวงข้าว กข 6 เท่ากับ 19 ± 2.50 ใบ และ 36.64 ± 0.41 กรัมตามลำดับ สารสกัดสาบเสือมีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อรา *P. oryzae* ได้มากที่สุดนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) พบสารประกอบ 15 ชนิด และมีโมเลกุลหลัก 5 ชนิดคือ glycerin (19.81%), 2-ethylpiperidine (13.52%), 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one (10.10%), hydroquinone (9.39%) และ 1,2,4-cyclohexanetriol (7.46%)

คำสำคัญ: เชื้อรา *P. oryzae*, โรคไหม้ข้าว, สารสกัดสมุนไพรพื้นบ้าน

Study on Chemical Compositions and the Efficacy of Local Herbal Extracts against Rice Blast

Watcharaporn Thaharn¹, Niphada Sola¹, Nutcharin Konkaew¹, Nutcharin Bualuang¹
and Krongkron Janta²

¹Major of Chemistry, Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand

²Major of Biology, Faculty of Education, Chiang Rai Rajabhat University, Chiang Rai, Thailand

E-mail: thahan2002@gmail.com

Abstract

Rice blast disease, caused by a fungus *P. oryzae*, is one of the major factors causing losses in quality and quantity of rice up to 60% in Thailand. The present study was conducted to evaluate the effect of 5% ethanolic extract of *A. sativum*, *S. aromaticum*, *C. longa*, *C. asiatica*, *A. indica* and *C. odoratum* for control rice blast disease of RD 6 in both of in-vitro and in-vivo. Inhibitory effect of *P. oryzae* was evaluated by agar well diffusion technique compared with carbendazim. The results indicated that processed *S. aromaticum* at 100 mg/ml had the highest (83.45%) inhibitory effect against *P. oryzae* followed by extract from *C. odoratum* (80.12%). The efficiency of various crude extracts against rice blast disease of RD 6 in the greenhouse indicated that *C. odoratum* (40% w/v) can more effectively inhibit the rice blast disease than the control. The number of infected leaves blast and dry weight grains of RD 6 spraying with the extract of *C. odoratum* (40% w/v) were 19 ± 2.50 leaves and 36.64 ± 0.41 g, respectively. The *C. odoratum* extract which was the most effective to *P. oryzae* was further investigated the chemical compositions using Gas Chromatography–Mass Spectrometry (GC-MS). The fifteen compounds were characterized and only five molecules were indicated as major components including glycerin (19.81%), 2-ethylpiperidine (13.52%), 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one (10.10%), hydroquinone (9.39%) and 1,2,4-cyclohexanetriol (7.46%).

Keywords: *P. oryzae*; Rice blast disease; Local herbal extracts

บทนำ

โรคไหม้ข้าวเกิดจากเชื้อรา *P. oryzae* (Rossman *et al.*, 1990) และ *Magnaporthe oryzae* ในระยะสืบพันธุ์แบบใช้เพศ (Ali *et al.*, 2014) เชื้อราสามารถเข้าทำลายข้าวได้ตั้งแต่ระยะกล้า ทำให้ใบแห้งตาย ต้นกล้าพุดตายได้ ระยะแตกกอจะทำลายต้นข้าวบริเวณใบ กาบใบ ข้อต่อใบ และข้อต่อลำต้นทำให้ใบข้าวหลุดหรือพับง่าย ระยะออกรวงจะทำลายรวงข้าวจนถึงคอรวงเกิดโรคไหม้คอรวง ทำให้รวงข้าวมีเมล็ดลีบ รวงข้าวลีบและหักง่าย ประเทศไทยพบการระบาดของโรคไหม้ซึ่งทำให้ผลผลิตข้าวเสียหายจำนวนมาก ดังนั้นเกษตรกรส่วนใหญ่จึงนิยมแก้ไขปัญหการระบาดของโรคด้วยสารเคมี เช่น ปิมี คาสู มินฟูจิวัน คาร์เบนดาซิม คีตาซินพี เพราะได้ผลดี สะดวก และทันการณ์ (ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย, 2560) แต่สารเคมีดังกล่าวล้วนก่อให้เกิดผลเสียตามมามากมาย อาทิ สารพิษตกค้างในดิน และน้ำบริเวณพื้นที่ทำการเกษตร ตลอดจนผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ปัจจุบันการใช้สารจากธรรมชาติที่มีคุณสมบัติในการป้องกัน กำจัดโรคพืชเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่สามารถนำมาพัฒนาใช้ทดแทนสารเคมีที่มีพิษสูงได้ พืชสมุนไพรหลายชนิดที่มีศักยภาพในการนำมาใช้ควบคุมศัตรูพืช และผลิตสารต้านเชื้อราที่เป็นสาเหตุโรคพืช เช่น ใบชะพลู สายหยุด (จินตนา และคณะ, 2559) ข่า ประยงค์ พุทธชาดก้านแดง ว่านกาบหอย กัดลิ้น และดาวเรือง (สุภาภรณ์ และภุชยณิศา, 2558) สารสกัดลูกเนียงนกยูงยังการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* (ปิยพร และคณะ, 2559) สาบเสือ (จาตุรงค์, 2557) สารสกัดเหกเซนของกานพลู กระเพรา ใบบัวบก กาแฟ ตะไคร้ พริกไทย มีประสิทธิภาพในการยับยั้งเส้นใย และการเจริญเติบโตของไมเซลล์เชื้อรา *P. oryzae* (Olufolaji *et al.*, 2015, Malkhan *et al.*, 2012)

ดังนั้นงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้าน ได้แก่ กระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ด้วยตัวทำละลาย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำ ต่อการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* สาเหตุโรคไหม้ในข้าวด้วยวิธี Agar well diffusion และทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดในการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ในโรงเรือน และศึกษาองค์ประกอบเคมีของสารสกัดที่มีประสิทธิภาพยับยั้งได้ดีที่สุด เพื่อพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถป้องกัน และยับยั้งโรคไหม้ข้าวได้มากที่สุด ลดการใช้สารเคมีในภาคการเกษตรกรรม และลดอันตรายจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืชต่อผู้ใช้ ผู้บริโภค และสิ่งแวดล้อม และยังเป็นการเพิ่มมูลค่าของพืชสมุนไพรท้องถิ่นทาง่ายในพื้นที่จังหวัดเชียงราย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคไหม้ข้าวของสารสกัดจากกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ทั้งในห้องปฏิบัติการ และในโรงเรือน
2. เพื่อศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดที่มีประสิทธิภาพในการยับยั้งโรคไหม้ข้าว

ขอบเขตของการวิจัย

1. พืชสมุนไพรที่ใช้ในการวิจัยใช้ส่วนของพืชที่แตกต่างกันดังนี้ กระเทียมใช้ส่วนหัว กานพลูใช้ส่วนดอก ขมิ้นใช้ส่วนเหง้า ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือใช้ส่วนใบ
2. การเตรียมสารสกัดใช้วิธีการสกัดด้วยตัวทำละลาย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำ
3. ศึกษาประสิทธิภาพในการยับยั้งเชื้อรา *P. oryzae* ในห้องปฏิบัติการโดยวิธี Agar well diffusion
4. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีเฉพาะสารสกัดที่มีประสิทธิภาพดีที่สุดในการยับยั้งโรคไหม้ข้าวด้วยเทคนิค GC/MS

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างสารสกัดจากพืช (Srivastava *et al.*, 2009)

เก็บพืชสมุนไพร กระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ มาล้างทำความสะอาด สับให้ละเอียดและนำมาสกัดด้วย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำ ในอัตราส่วนพืช 1 กิโลกรัมต่อตัวทำละลาย 2 ลิตร แช่ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 3 วัน เมื่อครบกำหนดกรองด้วยผ้าขาวบางเก็บส่วนที่เป็นของเหลวมากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 นำไประเหยแห้งด้วย Rotary evaporator ที่อุณหภูมิ 50 °C ความดัน 80 มิลลิบาร์ จนได้สารสกัดที่มีลักษณะข้นหนืดจากนั้นนำสารสกัดสมุนไพรมาเจือจางในน้ำให้ได้ความเข้มข้น 20%, 30% และ 40% w/v เพื่อทำการทดสอบในโรงเรือนต่อไป

2. การทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราสาเหตุโรคไหม้ (ปิยพร และคณะ, 2559)

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบต่อการเจริญของเส้นใยเชื้อราด้วยวิธี Agar well diffusion โดยนำเชื้อรา *P. oryzae* เลี้ยงบนอาหาร Potato Dextrose Agar (PDA) เป็นเวลา 5 วัน ใช้ cork borer ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0 มม. ตัดเส้นใยเชื้อราบริเวณขอบโคโลนี ใช้เข็มเย้าย้ายชิ้นขึ้นไปวางบนอาหาร PDA โดยวางชิ้นขึ้นในลักษณะคว่ำตำแหน่งตรงกลางของอาหารเลี้ยงเชื้อ และทำการเจาะรูให้เป็นหลุมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 5.0 มม. ระยะห่างจากชิ้นขึ้นที่มีเชื้อรา 2.5 ซม. บ่มเชื้อราเป็นเวลา 4 วัน จากนั้นนำสารสกัดของกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือที่ระดับความเข้มข้น 25, 50, 75 และ 100 mg/mL ใส่หลุมปริมาตร 100 ไมโครลิตร เปรียบเทียบกับ DMSO (ชุดควบคุมผลลบ) และสารคาร์เบนดาซิม (ชุดควบคุมผลบวก) ที่ความเข้มข้น 50% w/v และนำมาเจือจางที่ความเข้มข้น 0.1% v/v ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ใช้ควบคุมโรคไหม้ข้าว จากนั้นนำเชื้อไปบ่มที่อุณหภูมิห้อง (28–32 °C) แต่ละวิธีทำ 3 ซ้ำ ตรวจผลที่เวลา 24 ชั่วโมง บันทึกลักษณะการเกิดโคนใส โดยวัดระยะจากจุดที่วางเชื้อราถึงขอบโคโลนีของเชื้อราด้านที่ใสสารสกัด และวัดค่าการยับยั้งการเจริญของเชื้อรา โดยใช้สูตร % การยับยั้ง = $\{(A - B) / A\} \times 100$ เมื่อ A หมายถึง ค่าเฉลี่ยของระยะห่างจากขอบที่ปลูกเชื้อราถึงขอบเส้นใยด้านที่ใสสารที่เป็นตัวควบคุมผลลบในจานเลี้ยงเชื้อ (ไม่ได้ใสสารสกัดจากพืช) และ B หมายถึง ค่าเฉลี่ยของระยะห่างจากขอบที่ปลูกเชื้อราถึงขอบเส้นใยด้านที่ใสสารสกัดพืชในจานเลี้ยงเชื้อ

3. การทดสอบประสิทธิภาพสารสกัดต่อการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ในโรงเรือน

3.1 การเตรียมตัวอย่างพืชเพื่อปลูกทดสอบโรค

นำเมล็ดพันธุ์ข้าว กข 6 จากศูนย์วิจัยข้าวจังหวัดเชียงรายใส่ในบีกเกอร์ที่มีน้ำ เลือกเมล็ดที่ลอยน้ำออก จากนั้นนำเมล็ดข้าวที่ได้ล้างด้วยน้ำสะอาด และแช่ทิ้งไว้ประมาณ 1 คืน นำเมล็ดข้าวสายพันธุ์ดังกล่าววางลงบนกระดาษทิชชูและเทน้ำลงไปในชาม จากนั้นทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 2 คืน จนมียอดอ่อนและรากพร้อมที่จะเจริญไปเป็นต้นกล้าที่สมบูรณ์ เตรียมดินปลูกข้าวและนำเมล็ดที่ผ่านการคัดเลือกแล้วมาปลูกลงในกระถางจำนวน 10 เมล็ดต่อหนึ่งกระถาง โดยแบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่มควบคุม (control) และกลุ่มทดลอง (treatment) เมื่อครบ 4 สัปดาห์ทำการคัดเลือกต้นข้าวที่มีความสูง และจำนวนใบใกล้เคียงกัน 6 ต้นต่อ 1 กระถาง เพื่อนำไปปลูกโรคไหม้ข้าวต่อไป

3.2 การปลูกเชื้อโรคไหม้

เตรียมสารแขวนลอยสปอร์ 30–40 มิลลิลิตร เพื่อปลูกเชื้อโรคไหม้บนพันธุ์ข้าว กข 6 ในกระถาง พ่นน้ำสารแขวนลอยสปอร์ด้วยแปรงฟันสี (Badger-150®) ปริมาณ 30 มิลลิลิตรต่อกระถางจนละอองเล็ก ๆ ที่เกาะบนใบข้าวเปียกทั่วใบข้าว นำกระถางข้าวที่ปลูกเชื้อแล้วไปวางในโรงเรือน พ่นน้ำให้ความชื้นระหว่างที่เกิดโรคเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ จนแผลเกิดโรคไหม้ข้าวมีขนาด 0–0.5 มม.

3.3 การทดสอบการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ของสารสกัดต่าง ๆ (Mackill and Bonman, 1992)

ทดสอบประสิทธิภาพของสารสกัดสมุนไพรกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ต่อการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ในโรงเรือน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ ทำการพ่นสารสกัดต่าง ๆ แต่ละความเข้มข้นเท่ากับ 20%, 30% และ 40% w/v โดยทำการการฉีดพ่น 2–3 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ต่อจากนั้นทำการพ่น 1 ครั้งต่อสัปดาห์เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ สังเกตการเจริญของต้นข้าวในแต่ละสัปดาห์โดยวัดความสูงที่เพิ่มขึ้น จำนวนใบที่ติดโรคที่เพิ่มขึ้น การให้คะแนนการเกิดโรค เมื่อครบ 8 สัปดาห์ทำการตัดราก และตัดลำต้นข้าวบริเวณคอดินจากนั้นนำมาล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งให้แห้ง และนำไปอบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 60 °C เป็นเวลา 3 วัน นำรวงข้าว และลำต้นไปชั่งน้ำหนักแห้ง นำผลที่ได้เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมไม่พ่นสารสกัด ทำการทดลอง 3 ซ้ำ

4. การวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโทกราฟี/แมสสเปกโตรเมตรี (GC/MS)

ศึกษาองค์ประกอบเคมีของสารสกัดสาบเสือด้วย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำวิเคราะห์ด้วยเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟี แมสสเปกโตรมิเตอร์ รุ่น GC/MS TG8050 ยี่ห้อ Shimadzu โดยใช้คอลัมน์ capillary column ชนิด DB-5MS ขนาดความยาว 30.0 เมตร เส้นผ่านศูนย์กลาง 0.25 ไมโครเมตร ความหนาของฟิล์ม 0.25 มิลลิเมตร ใช้ฮีเลียม (He) เป็น carrier gas ด้วยอัตรา 3.0 มล./นาที ปริมาณตัวอย่างที่ฉีด 2 ไมโครลิตร ฉีดสารสกัดตัวอย่างเป็นแบบ split injection mode อัตราส่วน 5:1 และใช้โปรแกรมควบคุมอุณหภูมิดังนี้ ตั้งอุณหภูมิคอลัมน์เริ่มต้น 70 °C เป็นเวลา 2 นาที โปรแกรมเครื่องเป็น 120 °C เป็นเวลา 2 นาที โดยเพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 3 °C ต่อนาที จากนั้นเพิ่มอุณหภูมิเป็น 230 °C ด้วยอัตรา 10 °C ต่อนาที

ให้อุณหภูมิคงที่นาน 10 นาที ส่วนของแมสสเปกโตรมิเตอร์ อุณหภูมิระหว่างเครื่องแก๊สโครมาโทกราฟีกับแมสสเปกโตรมิเตอร์ (Interface) 280 °C ในส่วนของแมสสเปกโตรมิเตอร์อุณหภูมิแหล่งกำเนิดอิเล็กตรอน (Ion source) 250 °C พลังงานของอิเล็กตรอน (electron impact) ชนกับโมเลกุลของสารเท่ากับ 70 อิเล็กตรอนโวลต์ อุณหภูมิส่วนคัดแยกไอออน 150 °C ช่วงขนาดโมเลกุลของมวลวิเคราะห์เท่ากับ 50–500 อะตอมมิกแมสยูนิท จากนั้นบันทึกผลเป็นโครมาโทแกรม และประเมินผลเปรียบเทียบกับ Mass spectrum ขององค์ประกอบทางเคมีในสารสกัดสารแต่ละพีค (peak) ที่ได้กับค่า Mass spectrum ของค่ามาตรฐานที่มีการบันทึกไว้ใน library ในฐานข้อมูลของ NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library 2014

ผลการวิจัย

1. ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใย เชื้อรา *P. oryzae* ของสารสกัดหยาบกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ด้วยวิธี Agar well diffusion

ผลการทดสอบการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* ด้วยวิธี Agar well diffusion บนอาหารเลี้ยงเชื้อ PDA พบว่าสารสกัดกานพลูมีประสิทธิภาพยับยั้งมากที่สุดที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* ได้ดีที่สุดเท่ากับ 83.45% รองลงมาสารสกัดสาบเสือ 80.12% ในขณะที่สารสกัดสะเดา ขมิ้น กระเทียม และใบบัวบก มีฤทธิ์ในการยับยั้งในช่วง 23.10–79.45% เมื่อเปรียบเทียบกับการใช้คาร์เบนดาซิม 50% w/v ความเข้มข้น 0.1% v/v ซึ่งเป็นระดับความเข้มข้นที่ใช้ควบคุมโรคไหม้ข้าวในนาข้าวของเกษตรกร สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* เท่ากับ 50.31 % (ตารางที่ 1) ซึ่งมีประสิทธิภาพยับยั้งได้น้อยกว่า สารสกัดกานพลู และสาบเสือ สะเดา ขมิ้น และกระเทียมที่ระดับความเข้มข้น 100 มิลลิกรัม/มิลลิลิตร ส่วนกลุ่มควบคุมผลลบ DMSO ไม่พบการยับยั้งการเจริญเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae*

ตารางที่ 1 ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* ของสารสกัดหยาบกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ด้วยวิธี Agar well diffusion

สารสกัดสมุนไพร	เปอร์เซ็นต์การยับยั้งการเจริญของเชื้อรา <i>P. oryzae</i> (%)			
	ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัม/มิลลิลิตร)			
	25	50	75	100
กระเทียม (<i>A. sativum</i>)	12.06	38.22	45.21	63.62
กานพลู (<i>S. aromaticum</i>)	27.66	52.78	61.23	83.45
ขมิ้น (<i>C. Longa</i>)	12.14	39.52	45.65	65.34
ใบบัวบก (<i>C. asiatica</i>)	2.16	8.47	17.25	23.10
สะเดา (<i>A. indica</i>)	18.30	43.67	52.80	79.45
สาบเสือ (<i>C. odoratum</i>)	26.36	55.34	61.15	80.12
คาร์เบนดาซิม 50 % w/v (0.1 % v/v)	50.31			

*หมายเหตุ; DMSO (ชุดควบคุมผลลบ) ไม่แสดงฤทธิ์ในการยับยั้ง

2. การศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือต่อการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6

เชื้อรา *P. oryzae* สาเหตุโรคไหม้ข้าวสามารถทำลายข้าวได้ทุกระยะตั้งแต่ระยะกล้าไปจนถึงออกรวง โดยเชื้อราจะสร้างสปอร์ปลิวไปในอากาศ เกิดการระบาดของโรคไหม้โดยที่สปอร์จะเริ่มงอกโดยอาศัยน้ำที่อยู่มากในใบงอกเส้นใย และสร้างอวัยวะสำหรับเกาะยึดที่ใบที่เรียกว่า แอปเพรสอร์เรียม (appressorium) และแทงแทรกตัวเข้าไปในใบ และเจริญใช้อาหารในใบข้าวทำให้เกิดโรคใบไหม้ข้าว (Rossman et al., 1990) หลังจากทำการปลูกเชื้อไหม้ข้าวในโรงเรือนเป็นระยะเวลา 2 สัปดาห์ นำไปให้คะแนนการเกิดโรคในระดับที่ 1 เป็นแผลจุดเล็ก ๆ ขนาดน้อยกว่า 0.5 มม. แบ่งการทดลองออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง โดยกลุ่มควบคุมไม่พ่นสารสกัด และกลุ่มทดลองทำการพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ความเข้มข้น 20%, 30%, 40% w/v ทำการพ่นสารสกัดแต่ละชนิด เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์โดย

ใช้เกณฑ์ประเมินการเจริญต้นข้าวคือ ความสูง จำนวนใบติดโรค การให้คะแนนการเกิดโรค (Mackill and Bonman, 1992) น้ำหนักรวง และลำต้นข้าว แต่ละการทดลองทำ 3 ซ้ำ มีผลการทดลองดังนี้

2.1 ผลการเจริญต้นข้าว กข 6 โดยใช้เกณฑ์ความสูงของต้นข้าว

ความสูงของต้นข้าววัดได้จากความสูงจากโคนต้นข้าวถึงปลายยอดของใบที่สูงที่สุดของแต่ละกลุ่มทดลอง ผลการวิเคราะห์การเจริญของต้นข้าวเมื่อพ่นสารสกัดด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ ในแต่ละสัปดาห์ หักล้างกับความสูงเริ่มต้นเมื่อยังไม่ได้พ่นสารสกัด พบว่าการพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือที่มีความเข้มข้น 40% w/v ต้นข้าวมีความสูงที่เพิ่มขึ้นมากกว่าการพ่นสารสกัดความเข้มข้น 30% และ 20% w/v ตามลำดับ สารสกัดกานพลู (40% w/v) ให้ผลการเจริญของต้นข้าวมากที่สุดโดยมีค่าเฉลี่ยความสูงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 56.00 ± 4.24 ซม. ในขณะที่สารสกัดสาบเสือ, ขมิ้น, สะเดาและกระเทียม (40% w/v) ต้นข้าวให้ค่าเฉลี่ยความสูงต้นข้าวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 55.33 ± 3.79 , 54.16 ± 6.66 , 54.06 ± 4.53 และ 25.15 ± 1.52 ซม. ตามลำดับ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่ไม่ได้พ่นสารสกัดใด ๆ มีค่าเฉลี่ยความสูงต้นข้าวที่เพิ่มขึ้นเท่ากับ 38.40 ± 2.51 ซม. สารสกัดใบบัวบก (40% w/v) พบผลการเจริญของต้นข้าวน้อยที่สุดให้ค่าเฉลี่ยความสูงเพิ่มขึ้นเท่ากับ 14.65 ± 5.79 ซม. (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยความสูงของต้นข้าว กข 6 ที่เพิ่มขึ้นเมื่อพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือที่มีความเข้มข้นต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

สารสกัด	ค่าเฉลี่ยความสูงที่เพิ่มขึ้น (ซม.)		
	ความเข้มข้นของสารสกัด (% w/v)		
	20%	30%	40%
กระเทียม	20.23 ± 2.36	24.45 ± 4.69	25.15 ± 1.52
กานพลู	51.00 ± 3.08	52.00 ± 3.95	56.00 ± 4.24
ขมิ้น	48.50 ± 4.02	51.12 ± 2.47	54.16 ± 6.66
ใบบัวบก	10.26 ± 2.89	11.67 ± 1.58	14.65 ± 5.79
สะเดา	46.50 ± 2.33	51.50 ± 4.25	54.06 ± 4.53
สาบเสือ	50.45 ± 5.64	50.60 ± 2.89	55.33 ± 3.79
กลุ่มควบคุม	38.40 ± 2.51		

2.2 ผลการยับยั้งโรคไหม้ข้าวโดยใช้เกณฑ์จำนวนใบติดโรค

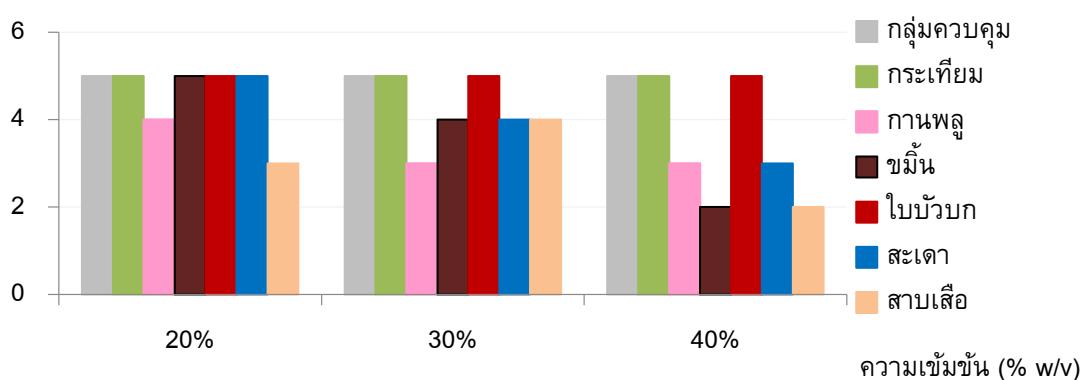
ผลการยับยั้งโรคไหม้ข้าวโดยนับจำนวนใบที่ติดโรคไหม้ข้าวสังเกตได้จากลักษณะใบเป็นแผลจุดน้ำตาลเมื่อพ่นสารสกัดสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือ ด้วยความเข้มข้นต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8 เปรียบเทียบกับจำนวนใบที่ติดโรคเริ่มต้นเมื่อยังไม่ได้พ่นสารสกัด พบว่า สารสกัดกานพลู สาบเสือ และขมิ้นความเข้มข้น 40% w/v มีประสิทธิภาพยับยั้งโรคไหม้ข้าวได้มากที่สุด มีค่าเฉลี่ยจำนวนใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้นน้อยกว่าสารสกัดความเข้มข้นเท่ากับ 30% และ 20% w/v ตามลำดับ ผลการวิเคราะห์ค่าเฉลี่ยจำนวนใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้นเมื่อพ่นสารสกัดต่าง ๆ ที่ความเข้มข้น 40% w/v พบว่าสารสกัดสาบเสือ (40% w/v) มีจำนวนใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้นน้อยที่สุดเท่ากับ 19 ± 2.50 ใบ และสารสกัดกานพลู (40% w/v) มีใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้น 21 ± 2.74 ใบ ถัดมาสารสกัดขมิ้น (40% w/v), สะเดา (40% w/v) และกระเทียม (40% w/v) มีจำนวนใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้นในสัปดาห์ที่ 8 จำนวน 25 ± 1.41 , 33 ± 3.54 และ 62 ± 7.36 ใบ ตามลำดับ สารสกัดใบบัวบก (40% w/v) ให้ประสิทธิภาพยับยั้งน้อยที่สุดมีจำนวนใบที่ติดโรคมามากที่สุดเท่ากับ 78 ± 5.52 ใบ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมไม่พ่นสารสกัดพบจำนวนใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้น 88 ± 5.88 ใบ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ค่าเฉลี่ยจำนวนใบที่ติดโรคไหม้ข้าว กข 6 เพิ่มขึ้นเมื่อพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือความเข้มข้นต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

สารสกัด	ค่าเฉลี่ยจำนวนใบติดโรคที่เพิ่มขึ้น (ใบ)		
	ความเข้มข้นของสารสกัด (% w/v)		
	20%	30%	40%
กระเทียม	70±2.36	68±1.02	62±7.36
กานพลู	48±5.78	38±5.63	21±2.74
ขมิ้น	50±5.69	45±0.25	25±1.41
ใบบัวบก	84±3.95	80±2.02	78±5.52
สะเดา	48±2.30	42±4.92	33±3.54
สาบเสือ	27±6.47	23±3.05	19±2.50
กลุ่มควบคุม	88±5.88		

2.3 ผลการยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนระดับการติดโรค

เมื่อพ่นสารสกัดต่าง ๆ จนครบ 8 สัปดาห์ต่อจากนั้นนำมาให้คะแนนการเกิดโรคโดยใช้มาตรฐานคะแนนการเกิดโรคระดับ 0-5 (Mackill and Bonman, 1992) ทำการตรวจให้คะแนนการเกิดโรคพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดระดับคะแนนการเกิดโรคไหม้ข้าวลดลง เช่น เมื่อพ่นสารสกัดขมิ้น ความเข้มข้น 20%, 30% และ 40% w/v มีระดับคะแนนการติดโรคที่ลดลงเท่ากับ 5, 4 และ 2 ตามลำดับ สารสกัดสาบเสือและขมิ้นความเข้มข้น 40% w/v ทำให้แผลไหม้ข้าวมีขนาดเล็กมากที่สุดมีประสิทธิภาพยับยั้งได้ดีให้ระดับคะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 2 (ภาพที่ 1) มีลักษณะแผลเป็นจุดสีน้ำตาลขนาดเล็กเท่ากับ 0.5-1.0 มม. (ภาพที่ 2) ส่วนสารสกัดกานพลูความเข้มข้น 30% และ 40% w/v มีระดับคะแนนการติดโรคเท่ากับ 3 ซึ่งมีแผลเป็นสีน้ำตาลขนาดเล็กเท่ากับ 1.0-3.0 มม. กลางแผลสีเทาขอบแผลสีน้ำตาล สารสกัดใบบัวบก และกระเทียมความเข้มข้น 20%, 30% และ 40% w/v มีระดับการติดโรคเท่ากับ 5 ใบแห้งตาย (ภาพที่ 2)



ภาพที่ 1 ระดับคะแนนการเกิดโรคไหม้ข้าว กข 6 เมื่อพ่นสารสกัดที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

ตารางที่ 4 น้ำหนักเฉลี่ยต้นข้าว กข 6 เมื่อพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

สารสกัด	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักต้นข้าว (กรัม)		
	ความเข้มข้นของสารสกัด (% w/v)		
	20%	30%	40%
กระเทียม	35.01±6.36	11.61±5.55	7.83±0.54
กานพลู	59.76±5.78	35.96±5.58	41.00±0.36
ขมิ้น	35.28±0.72	25.33±4.16	22.86±1.41
ใบบัวบก	39.77±0.69	29.23±7.25	22.49±5.50
สะเดา	74.72±0.06	49.11±1.01	37.47±0.08
สาบเสือ	32.01±1.28	28.27±1.32	24.48±2.50
กลุ่มควบคุม	22.85±4.19		

2.5 ผลการเจริญของต้นข้าวโดยใช้น้ำหนักรวงข้าว กข 6

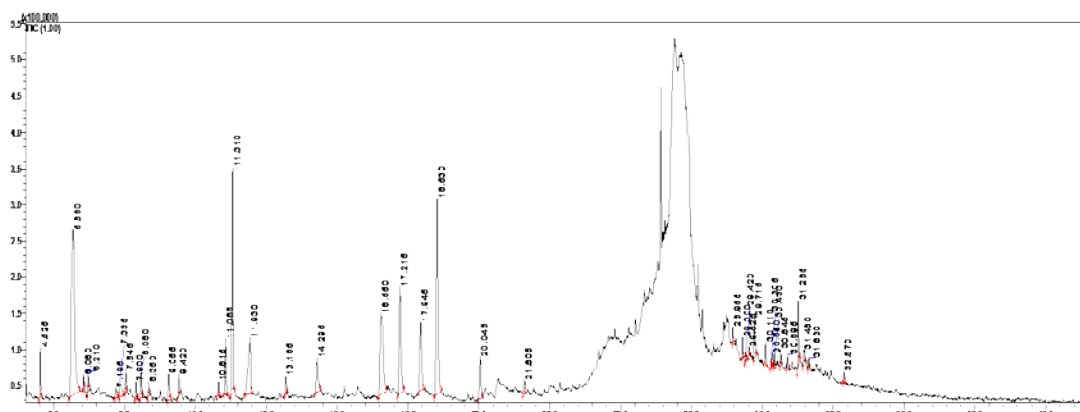
เมื่อครบ 8 สัปดาห์ทำการตัดรวงข้าวนำไปอบ และชั่งน้ำหนักแห้งพบว่าความเข้มข้นของสารสกัดมีผลต่อน้ำหนักรวงข้าว ผลการวิเคราะห์น้ำหนักรวงข้าว กข 6 เมื่อพ่นด้วยสารสกัดกานพลูและขมิ้นที่ความเข้มข้น 20% w/v ให้น้ำหนักเฉลี่ยรวงแห้งที่มากที่สุดเท่ากับ 35.46±0.06 และ 31.17±2.49 กรัม (ตารางที่ 5) ตามลำดับ เมื่อเพิ่มความเข้มข้นสารสกัดเป็น 30% และ 40% w/v พบว่าน้ำหนักรวงข้าวลดลง ผลการวิเคราะห์เมื่อพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือที่ความเข้มข้น 30% w/v พบว่าเมื่อพ่นด้วยสารสกัดขมิ้นให้น้ำหนักเฉลี่ยรวงข้าวมากที่สุดเท่ากับ 22.86±2.98 กรัม และสารสกัดสาบเสือความเข้มข้น 40% w/v ให้น้ำหนักเฉลี่ยรวงข้าวสูงสุดเท่ากับ 36.64±0.41 กรัม สารสกัดใบบัวบก (40% w/v) ให้น้ำหนักรวงข้าวต่ำที่สุดเท่ากับ 5.30±0.09 เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมไม่พ่นสารสกัดให้น้ำหนักเฉลี่ยรวงข้าว 7.33±0.31 กรัม

ตารางที่ 5 น้ำหนักแห้งเฉลี่ยรวงข้าว กข 6 เมื่อพ่นสารสกัดกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ในสัปดาห์ที่ 8

สารสกัด	ค่าเฉลี่ยน้ำหนักรวงข้าว (กรัม)		
	ความเข้มข้นของสารสกัด (% w/v)		
	20%	30%	40%
กระเทียม	15.82±3.26	12.96±4.22	9.82±1.25
กานพลู	35.46±0.06	19.10±0.16	13.51±2.36
ขมิ้น	31.17±2.49	22.86±2.98	15.51±0.75
ใบบัวบก	9.51±3.05	9.08±2.28	5.30±0.09
สะเดา	22.41±4.46	12.57±4.36	21.02±4.33
สาบเสือ	16.31±7.33	15.24±1.22	36.64±0.41
กลุ่มควบคุม	7.33±0.31		

3. ศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดสาบเสือด้วยเทคนิค Gas Chromatography-Mass Spectrometer (GC-MS)

จากการที่สารสกัดสาบเสือแสดงประสิทธิภาพที่ดีที่สุดในการยับยั้งเชื้อราไหม้ข้าว งานวิจัยนี้จึงวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีเฉพาะสารสกัดสาบเสือเท่านั้น ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเคมีของสารสกัดสาบเสือด้วยตัวทำละลาย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำโดยวิธี GC-MS โดยใช้ capillary คอลัมน์ชนิด DB-5MS ประมวลผลออกมาเป็นชนิดและปริมาณของสารเคมีดังแสดงในตารางที่ 6 โดยเรียงลำดับ ตามเวลาที่สารถูกชะออกจากคอลัมน์ (retention time) ผลการวิเคราะห์สารสกัดสาบเสือด้วยตัวทำละลาย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำพบองค์ประกอบทางเคมีที่จำแนกได้นั้นใช้เวลาในการเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ในช่วงเวลา 4.527 ถึง 32.868 นาที แสดงดังโครมาโทแกรมภาพที่ 3 มีจำนวนพิก (peak) ที่แสดงองค์ประกอบสารทั้งหมด 15 ชนิด สามารถบอกชนิดของสารประกอบได้โดยการเทียบค่า mass spectrum ของสารแต่ละชนิดที่พบในสารสกัดสาบเสือกับค่า mass spectrum ของสารเคมีที่มีอยู่ใน library ฐานข้อมูล NIST/EPA/NIH Mass Spectral Library 2014 พบ glycerin มากที่สุดโดยมีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้ peak เท่ากับ 19.81 ถัดมา 2-ethylpiperidine, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, hydroquinone, 1,2,4-cyclohexanetriol มีเปอร์เซ็นต์พื้นที่ใต้ peak เท่ากับ 13.52, 10.10, 9.39, 7.46% ตามลำดับ และสารอื่น ๆ ดังแสดงตารางที่ 6 ซึ่งรายงานการวิจัยก่อนหน้านี้พบว่าสารเหล่านี้มีประสิทธิภาพยับยั้งเชื้อรา และแบคทีเรียได้ดี (Ahmed et al., 1995)



ภาพที่ 3 โครมาโทแกรมแสดงองค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดสาบเสือด้วย

ตารางที่ 6 องค์ประกอบทางเคมีของสารสกัดสาบเสือด้วย 5% v/v เอทิลแอลกอฮอล์ในน้ำโดยวิธีแก๊สโครมาโทกราฟี-แมสสเปกโตรเมตรี

ลำดับ	RT	ชื่อสาร	มวลโมเลกุล	สูตรโมเลกุล	%Area
1	5.682	Glycerin	92	C ₃ H ₈ O ₃	19.81
2	7.336	Benzyl alcohol	108	C ₇ H ₈ O	1.29
3	8.082	2,5-Dimethylfuran-3,4(2H,5H)-dione	128	C ₆ H ₈ O ₃	1.11
4	9.055	2-Methoxyphenol	124	C ₇ H ₈ O ₂	1.39
5	11.066	4-Hydroxy-2-cyclohexen-1-one	112	C ₆ H ₈ O ₂	2.49
6	11.311	2,3-Dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one	144	C ₆ H ₈ O ₄	10.10
7	11.930	Benzoic acid	122	C ₇ H ₆ O ₂	5.13
8	14.296	2,3-Dihydrobenzofuran	120	C ₈ H ₈ O	2.40
9	16.552	Hydroquinone	110	C ₆ H ₆ O ₂	9.39
10	17.214	1,2,4-Cyclohexanetriol	154	C ₁₀ H ₁₈ O	7.46
11	17.945	2-Piperidinecarboxylic acid	129	C ₆ H ₁₁ NO ₂	5.22
12	18.531	2-Ethylpiperidine	113	C ₇ H ₁₅ N	13.52
13	20.046	2-Methoxy-3-(2-propenyl)- phenol	164	C ₁₀ H ₁₂ O ₂	2.47
14	31.263	6-Bromohexanoic acid, 3-ethylphenyl ester	298	C ₁₄ H ₁₉ BrO ₂	2.53
15	29.714	Globulol	222	C ₁₅ H ₂₆ O	1.75

*RT (Retention time) คือ เวลาที่สารแต่ละชนิดใช้ในการเคลื่อนที่ผ่าน column

สรุปและวิจารณ์ผล

ประสิทธิภาพในการยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* ของสารสกัดสมุนไพรพื้นบ้านกระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก สะเดา และสาบเสือด้วยวิธี Agar well diffusion พบว่าสารสกัดกานพลูที่ระดับความเข้มข้นสูงสุด 100 mg/ml สามารถยับยั้งการเจริญของเส้นใยเชื้อรา *P. oryzae* ได้ดีที่สุดเท่ากับ 83.45% ถัดมาคือสารสกัดสาบเสือเท่ากับ 80.12% เมื่อพิจารณาประสิทธิภาพของสารสกัดต่อการยับยั้งโรคไหม้ข้าวในโรงเรือนโดยใช้เกณฑ์ประเมินการเจริญต้นข้าวคือ ความสูง จำนวนใบติดโรค การให้คะแนนการเกิดโรค น้ำหนักรวง และลำต้นข้าว จำเป็นต้องคำนึงถึงผลผลิตตรงข้าวเป็นสำคัญ สารสกัดสาบเสือความเข้มข้น (40% w/v) มีประสิทธิภาพยับยั้งโรคไหม้ข้าวได้ดีที่สุดพบจำนวนใบที่ติดโรคเพิ่มขึ้นน้อยสุด เท่ากับ 19±2.50 ใบ คะแนนการเกิดโรคเท่ากับ 2 ให้ความสูงต้นข้าวที่มากที่สุดเท่ากับ 54.06±4.53 ซม. และน้ำหนักรวงข้าวมากที่สุดเท่ากับ 36.64±0.41 กรัม แต่สารสกัด กระเทียม กานพลู ขมิ้น ใบบัวบก และสะเดา เมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารสกัดมากขึ้นมีประสิทธิภาพยับยั้งโรคไหม้ข้าวได้ดีพบจำนวนใบติดโรคลดลง แต่ความเข้มข้นที่เพิ่มมากขึ้นทำให้น้ำหนักรวงข้าวลดลงเนื่องจากสารสำคัญในสมุนไพรที่มากเกินไปอาจทำให้ยับยั้งการเจริญเติบโต และตัวเมี่ยมมีการผสมพันธุ์ได้ด้วยตนเองลดลง ส่งผลให้การติดเมล็ดน้อยลงด้วย เมล็ดจะลีบปริมาณน้ำหนักเฉลี่ยรวงข้าวลดลง (จินตนา และคณะ, 2559) สารสกัดกานพลูที่ความเข้มข้น 20% w/v ให้น้ำหนักรวงข้าวสูงเป็นลำดับถัดมาเท่ากับ 35.46±0.06 กรัม สารสกัดสะเดา (20% w/v) ช่วยบำรุงลำต้นข้าวให้น้ำหนักต้นข้าวที่มากที่สุดเท่ากับ 74.72±0.06 กรัม และสารสกัดใบบัวบกให้น้ำหนักรวงข้าวที่น้อยที่สุดไม่มีประสิทธิภาพยับยั้งโรคไหม้ข้าว กข 6 ในโรงเรือน เมื่อศึกษาองค์ประกอบเคมีของสารสกัดสาบเสือพบสารประกอบหลัก glycerin, 2-ethylpiperidine, 2-ethylpiperidine, 2,3-dihydro-3,5-dihydroxy-6-methyl-4H-pyran-4-one, hydroquinone และ 1,2,4-cyclohexanetriol ในปริมาณที่สูง จากผลการศึกษาประสิทธิภาพยับยั้งโรคไหม้ข้าวของสารสกัดสมุนไพรดังกล่าวอาจสามารถนำสารสกัดสาบเสือ (40 % w/v) ไปพัฒนาเป็นต้นแบบผลิตภัณฑ์ยับยั้งโรคไหม้ข้าวให้กับเกษตรกรต่อไป ซึ่งสามารถลดอันตรายที่เกิดจากการใช้สารเคมีกำจัดศัตรูพืช อีกทั้งยังเป็นการเพิ่มคุณค่า และมูลค่าของสมุนไพรในท้องถิ่นจังหวัดเชียงราย ให้สามารถใช้ประโยชน์ได้อย่างสูงสุด

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะครุศาสตร์ และสถาบันวิจัยมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่สนับสนุนด้านงบประมาณการวิจัย

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดต้นแบบผลิตภัณฑ์ยับยั้งโรคไหม้ข้าวกับแปลงนาเกษตรกร
2. โรคไหม้ข้าวมีความแปรปรวนและผันแปรเปลี่ยนแปลงควบคุมได้ยากดังนั้น ควรที่จะศึกษาเชื้อราสาเหตุโรคไหม้ข้าว ยีนต้านทาน เครื่องหมายโมเลกุล เพื่อจะหาแนวทางและวิธีการในการพัฒนาพันธุ์ข้าวให้ต้านทานโรคไหม้
3. ศึกษาวิธีการเก็บรักษา และอายุการใช้งานของสารสกัดให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด

เอกสารอ้างอิง

- จาตุรงค์ จงจี. (2557). ผลของสารสกัดจากสาบเสือต่อการเจริญของเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สาเหตุโรคใบไหม้ของข้าว. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร(พิเศษ), 245–248.
- จินตนา ต๊ะย่วน, เกียรติศักดิ์ ราชัยสุวรรณ และสุขุมารณ์ ศรีเผด็จ. (2559). การควบคุมเชื้อรา *Pyricularia grisea* สาเหตุโรคใบไหม้ข้าว. เก่นเกษตร, 44, 972–976.
- ปิยพร สิงขรัตน์, น้อมจิตต์ แก้วไทย อันเดร, สุภาจิต ชุกกลิ่น และพรศิลป์ สีเผือก. (2559). ผลของสารสกัดหยาบจากลูกเนียงนก (*Archidendron jiringa* (Jack) I.C. Nielsen) ต่อการเจริญของเชื้อรา *P. oryzae* สาเหตุโรคไหม้ของข้าว. เก่นเกษตร, 44, 965–971.
- สุภาภรณ์ เอี่ยมแข็ง และภูษณิศา เขษรพวงค์. (2558). การควบคุมเชื้อรา *Pyricularia grisea* Sacc. สาเหตุโรคไหม้ของข้าว. การประชุมวิชาการการอารักขาพืชแห่งชาติ ครั้งที่ 12. โรงแรมดุสิต ไฮแลนด์ รีสอร์ท. 647–654.
- ศูนย์วิจัยข้าวเชียงราย. (2560). ข้าวเตือนภัยโรคระบาดในข้าว. สืบค้นเมื่อวันที่ 6 กันยายน 2562, จาก <http://crrirc.ricethailand.go.th/images/sampledData/WBPH/blast.pdf>.
- Ahmed, K., Roberts, M. L., Mannion, P. (1995). Antimicrobial activity of glycerine-ichthammol in otitis externa. *Clinical Otolaryngology*. 20 (3), 201–203.
- Ali, H., Nadarajah, K. (2014). Evaluating the efficacy of *Trichoderma* spp and *Bacillus subtilis* as biocontrol agents against *Magnaporthe grisea* in rice. *Australian Journal of Crop Science*. 8 (9), 1324–1335.
- Mackill, D. J., Bonman, J. M. (1992). Inheritance of blast resistance in near-isogenic lines of rice. *Phytopathology*. 82, 746–749.
- Malkhan, S. G., Shahid, A., Masood, A., Kangabam, S. S. (2012). Efficacy of plant extracts in plant disease management. *Journal of Agricultural Science*. 3, 425–433.
- Olufolaji, D. B., Adeosun, B. O., Onasanya, R. O. (2015). In vitro investigation on antifungal activity of some plant extracts against *Pyricularia oryzae*. *Nigerian Journal of Biotechnology*. 29, 38–43.
- Rossman, A. Y., Howard, R. J., Valent, B. (1990). *Pyricularia grisea*, The correct name for the rice blast disease fungus. *Mycologia*. 82, 509–512.
- Srivastava, B., Singh, P., Shukla, R., Dubey, N. K. (2009). Alatoxin inhibition by *Arbobotrys odoratissimus*. *Advances in Environmental Biology*. 3 (3), 219–225.

การเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนจากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน

ภัทรฤทัย ปัญหานรินทร์^{1, a}, ชุตติมณฑน์ สติรพิพัฒน์กุล^{1, b} และ ดุษฎี ขาววาณิช^{2, c}

¹หน่วยปฏิบัติการวิจัยวิศวกรรมเคมีเพื่อการเพิ่มมูลค่าทรัพยากรทางชีวภาพ

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย

²ภาควิชาวิทยาการเภสัชกรรมและเภสัชอุตสาหกรรม คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพมหานคร 10330 ประเทศไทย

email: ^apattaruethai.p@gmail.com, ^bchutimon.s@chula.ac.th, ^cdusadee.v@chula.ac.th

บทคัดย่อ

อิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำได้มีการพัฒนาเพื่อใช้ประโยชน์ด้านเครื่องสำอางค์ อาหาร และ เภสัชกรรม เนื่องจากสามารถเพิ่มประสิทธิภาพในการละลาย และยืดระยะเวลาการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์ เช่น วิตามินซี จากสภาวะสิ่งแวดล้อมที่มีความรุนแรง ในงานวิจัยนี้จึงเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำจากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน โดยใช้ Cithrol DPHS เป็นสารก่ออิมัลชันชนิดไม่ชอบน้ำ และใช้ Synperonic PE/F 127 เป็นสารก่ออิมัลชันชนิดชอบน้ำ โดยศึกษาประเภทและความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวแต่ละชนิด จากผลการทดลองพบว่าสารลดแรงตึงผิวทั้งสองชนิด ได้แก่ สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ และสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ เป็นปัจจัยสำคัญที่ส่งผลต่อคุณสมบัติทางกายภาพของอิมัลชันเชิงซ้อน เช่น โครงสร้างจุลภาค ขนาดอนุภาค ความหนืด และค่าพีเอช จะพบว่าสูตรตำรับของอิมัลชันเชิงซ้อนที่เหมาะสม สามารถเตรียมจากสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำและชอบน้ำ ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 1 โดยน้ำหนักตามลำดับ โดยอิมัลชันเชิงซ้อนที่เตรียมได้มีความคงตัวเมื่อผ่านการเร่งด้วยอุณหภูมิ

คำสำคัญ: อิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ น้ำมันถั่วดาวอินคา เทคนิคสองขั้นตอน ความเข้มข้นของสารก่ออิมัลชัน

Preparation of multiple emulsions from sachai oil by two-step method

Pattararuethai Pincharaiwin^{1, a}, Chutimon Satirapipathkul^{1, b} & Dusadee Charnvanich^{3, c}

¹Chemical Engineering Research Unit for Value Adding of Bioresources,

Department of Chemical Engineering, Chulalongkorn University, Bangkok 10330, Thailand

²Department of Pharmaceutics and Industrial Pharmacy, Chulalongkorn University Bangkok 10330, Thailand

email: ^apattararuethai.p@gmail.com, ^bchutimon.s@chula.ac.th, ^cdusadee.v@chula.ac.th

Abstract

A water-in-oil-in-water multiple emulsions have been developed to use in cosmetic, food and pharmaceutical applications due to their improvement of the solubility and long release of active ingredient such as vitamin C from adverse environmental conditions. In this research, w/o/w multiple emulsions from sachai oil were prepared by two-step method. Cithrol DPHS and Synperonic PE/F 127 were used as lipophilic emulsifier and hydrophilic emulsifier. The effect of type and concentration of each emulsifier were investigated. As the result, both concentration of lipophilic and hydrophilic emulsifiers caused main effect on the physical properties of the w/o/w emulsions such as microstructure, physical stability, droplet size, viscosity and pH value. The optimum formulations were concentrations of lipophilic and hydrophilic emulsifier at 4%w/w and 1%w/w respectively has exhibited the most stable multiple emulsions under heating and cooling accelerated conditions.

Keywords: Water-in-oil-in-water multiple emulsions; Sachai oil; Two-step method; Emulsifier concentration.

บทนำ

ถั่วดาวอินคา (Sacha inchi) มีชื่อทางวิทยาศาสตร์ว่า (Plukenetia volubilis L.) มีถิ่นกำเนิดอยู่ในแถบป่าอะเมซอน สามารถพบได้ในทวีปเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงทางตอนเหนือของประเทศไทย ถั่วอินคาเจริญเติบโตได้ในสภาพภูมิอากาศอบอุ่น ที่ระดับความสูง 1700 เมตรจากระดับน้ำทะเล เมล็ดถั่วอินคาประกอบด้วยโปรตีนร้อยละ 33 ซึ่งประกอบด้วยกรดไขมันไม่อิ่มตัวชนิดกรดลิโนเลนิก (Linolenic acid) หรือโอเมก้า 3 ร้อยละ 48.6 กรดไลโนเลอิก (Linoleic acid) หรือโอเมก้า 6 ร้อยละ 36.8 และ กรดโอเลอิก (Oleic acid) หรือโอเมก้า 9 ร้อยละ 8.8 อีกทั้งมีโทโคฟีรอล (Tocopherol) หรือวิตามินอีปริมาณสูง นอกจากนี้ น้ำมันถั่วดาวอินคายังประกอบด้วยสารประกอบฟีนอลิก (Phenolic compounds) ซึ่งประกอบด้วยสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids), แทนนิน (tannin) และ กรดฟีนอลิก (phenolic acid) มีคุณสมบัติในการต้านอนุมูลอิสระ จึงมีความคงตัวต่อออกซิเจน ป้องกันการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชัน อีกทั้งมีคุณสมบัติทำให้ผิวชุ่มชื้น รักษาความชุ่มชื้น และปกป้องผิวหนังอีกด้วย (Hanssen & Schmitz-Hübsch, 2011) (Saengsorn & Jimtaisong, 2017)

ปัจจุบันได้มีการพัฒนาระบบอิมัลชันเชิงซ้อน (Multiple emulsions) ในอุตสาหกรรมเครื่องสำอาง อาหาร และเภสัชกรรม เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการละลายสารออกฤทธิ์ เพิ่มความคงตัวของสารออกฤทธิ์ และสามารถยืดระยะเวลาในการปลดปล่อยสารออกฤทธิ์จากสภาวะสิ่งแวดล้อม เช่น แสง อุณหภูมิ และ ออกซิเจน อีกทั้งอิมัลชันเชิงซ้อนมีบริเวณผิวสัมผัสประจันระหว่างวัฏภาคน้ำ และวัฏภาคน้ำมัน 2 ชั้น (Two oil-water interface) จึงสามารถป้องกันการสลายตัวของสารออกฤทธิ์ได้มากกว่าเมื่อเทียบกับอิมัลชันชั้นเดียว (Single emulsions) โดยอิมัลชันสามารถแบ่งได้เป็นอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W emulsions) และอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำในน้ำมัน (O/W/O emulsions) การเลือกชนิดของอิมัลชันเชิงซ้อนขึ้นกับความสามารถในการละลายของสารออกฤทธิ์ และลักษณะของอิมัลชันที่ต้องการ เป็นต้น (Kovacs, Eros, & Csoka, 2016) (Wang, Shi, Agyei, & Wang, 2017)

ในงานวิจัยนี้สนใจการเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W emulsions) จากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน โดยใช้ Cithrol DPHS เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ และใช้ Synperonic PE/F 127 เป็นสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ และสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ โดยตรวจสอบลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันเชิงซ้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง วัดขนาดอนุภาค และศึกษาคุณสมบัติต่าง ๆ ของอิมัลชัน เมื่อผ่านการเร่งด้วยอุณหภูมิ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

ศึกษาการเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W emulsions) จากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน

ระเบียบวิธีวิจัย

สารเคมี

น้ำมันถั่วดาวอินคา จากแหล่งปลูกจังหวัดเชียงราย, Cithrol DPHS (Croda, US), Synperonic PE/F 127 (Croda, US) และ แมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$)

การเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W emulsions)

การเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (W/O/W emulsions) จากน้ำมันถั่วดาวอินคาด้วยเทคนิคสองขั้นตอน ดัดแปลงจากวิธีของ Mahmood and Akhtar (2013) ทำได้โดยการเตรียมวัฏภาคน้ำมัน ได้แก่ น้ำมันถั่วดาวอินคา และสารลดแรงตึงผิว Cithrol DPHS และวัฏภาคน้ำภายใน ได้แก่ แมกนีเซียมซัลเฟต และน้ำปราศจากไอออน ให้ความร้อนแก่วัฏภาคน้ำภายใน และวัฏภาคน้ำมัน ที่อุณหภูมิ 75 ± 2 องศาเซลเซียส จากนั้นค่อย ๆ เติมวัฏภาคน้ำภายในลงในวัฏภาคน้ำมันอย่างต่อเนื่อง ปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นผสม (overhead stirrer) ที่ความเร็ว 2000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นปั่นต่อด้วยความเร็ว 1500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และ 700 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที ปั่นกวนจนกระทั่งอุณหภูมิของอิมัลชันถึงอุณหภูมิห้อง (25 ± 2 องศาเซลเซียส) จะได้อิมัลชันชั้นเดียว (Primary emulsion) จากนั้นค่อย ๆ เติมอิมัลชันชั้นเดียวที่อุณหภูมิห้องลงในวัฏภาคน้ำภายนอก ได้แก่ สารลดแรงตึงผิว Synperonic PE/F 127 และน้ำปราศจากไอออน ปั่นกวนด้วยเครื่องปั่นผสม (overhead stirrer) ที่ความเร็ว 500 รอบต่อนาที เป็นเวลา 20 นาที จนได้อิมัลชันเชิงซ้อน

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการเกิดอิมัลชันเชิงซ้อน โดยศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อขนาด และการกระจายตัวของอนุภาค ได้แก่ ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ (Cithrol DPHS) ที่ร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก และ ความ

เข้มข้นสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ (Synperonic PE/F 127) ที่ร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ตามตารางที่ 1 และ 2 ตามลำดับ

ตารางที่ 1 ส่วนประกอบ (%w/w) ของสูตรตำรับในการเตรียมอิมัลชันชั้นเดียว (w/o emulsion)

สูตรตำรับ	วัฏภาคน้ำมัน		วัฏภาคน้ำภายใน	
	น้ำมันถั่วดาว อินคา	Cithrol DPHS	แมกนีเซียม ซัลเฟต	น้ำปราศจาก ไอออน
C1	20.0	1.0	0.7	78.3
C2	20.0	2.0	0.7	77.3
C3	20.0	3.0	0.7	76.3
C4	20.0	4.0	0.7	75.3
C5	20.0	5.0	0.7	74.3

หมายเหตุ: C คือ ร้อยละความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ (Cithrol DPHS)

ตารางที่ 2 ส่วนประกอบ (%w/w) ของสูตรตำรับในการเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อน (w/o/w emulsions)

สูตรตำรับ	วัฏภาคน้ำมัน		วัฏภาคน้ำภายใน		วัฏภาคน้ำภายนอก	
	น้ำมันถั่วดาว อินคา	Cithrol DPHS	แมกนีเซียม ซัลเฟต	น้ำปราศจาก ไอออน	Synperonic PE/F 127	น้ำปราศจาก ไอออน
C3:S1	16.0	2.4	0.56	61.04	1.0	19.0
C3:S2	16.0	2.4	0.56	61.04	2.0	18.0
C3:S3	16.0	2.4	0.56	61.04	3.0	17.0
C4:S1	16.0	3.2	0.56	60.24	1.0	19.0
C4:S2	16.0	3.2	0.56	60.24	2.0	18.0
C4:S3	16.0	3.2	0.56	60.24	3.0	17.0
C5:S1	16.0	4.0	0.56	59.44	1.0	19.0
C5:S2	16.0	4.0	0.56	59.44	2.0	18.0
C5:S3	16.0	4.0	0.56	59.44	3.0	17.0

หมายเหตุ: C คือ ร้อยละความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ (Cithrol DPHS)

S คือ ร้อยละความเข้มข้นสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ (Synperonic PE/F 127)

การประเมินคุณลักษณะของอิมัลชันเชิงซ้อน

ประเมินลักษณะทางกายภาพของอิมัลชัน ได้แก่ สี และ ความเป็นเนื้อเดียวกัน

ค่าพีเอช การวัดค่าพีเอชทำได้โดยนำอิมัลชันที่เตรียมได้ วัดค่าพีเอช ด้วย pH meter คำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพีเอช และความหนืดที่วัดได้ โดยวิเคราะห์ผลทั้งหมด 3 ซ้ำ

ความหนืด ทำได้โดย นำอิมัลชันที่เตรียมได้ใส่ในภาชนะสำหรับวัดปริมาตร 10 มิลลิลิตร แล้ววัดความหนืดด้วยเครื่องวัดความหนืด (SV-10 viscometer, A&D, ญี่ปุ่น) คำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพีเอช และความหนืดที่วัดได้ โดยวิเคราะห์ผลทั้งหมด 3 ซ้ำ

ขนาดอิมัลชันชั้นเดียวทำได้โดยการเจือจางอิมัลชันชั้นเดียวด้วยน้ำมันถั่วดาวอินคา ในอัตราส่วน 1:20 ผสมให้เข้ากัน แล้วนำไปวัดขนาด (Size) และดัชนีการกระจายขนาดอนุภาค (Pdl) ด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาคระดับนาโน (Zetasizer Nano-ZS, Malvern ,UK) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ส่วนขนาดอิมัลชันเชิงซ้อนทำได้โดยการวัดขนาด (Size) ด้วยเครื่องวัดขนาด

อนุภาคระดับไมโครเมตร (Mastersizer 3000, Malvern ,UK) ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส คำนวณหาค่าเฉลี่ย และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของขนาดอนุภาคที่วัดได้ โดยวิเคราะห์ผลทั้งหมด 3 ซ้ำ

การศึกษาการจัดเรียงตัวของอิมัลชัน ทำได้โดยการเจือจางอิมัลชันด้วยวัฏภาคภายนอก ได้แก่ น้ำ หรือน้ำมัน ในอัตราส่วน 1:3 ผสมให้เข้ากัน จากนั้นส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง (ECLIPSE E200, Nikon, Japan) ที่กำลังขยาย 40 เท่า

การศึกษาความคงตัวของอิมัลชันเชิงซ้อน

การทดสอบด้วยการปั่นเหวี่ยง (Centrifugation Test) ดัดแปลงจากวิธีของ Sztukowski and Yarranton (2005) นำอิมัลชันที่เตรียมได้ปริมาณ 12 กรัม นำมาปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที และประเมินลักษณะทางกายภาพของอิมัลชัน เพื่อดูการแยกชั้นของแต่ละวัฏภาค

การทดสอบในสภาวะเร่งด้วยวิธีการให้ความร้อนสลับเย็น นำอิมัลชันที่เตรียมได้ปริมาตร 10 มิลลิลิตร เก็บในตู้อบอุณหภูมิ 45 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นเก็บในตู้เย็นอุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง นับเป็น 1 รอบ ทดสอบอิมัลชันทั้งหมด 6 รอบ และประเมินลักษณะทางกายภาพของอิมัลชัน ได้แก่ สี การแยกชั้นของวัฏภาค ค่าพีเอช ความหนืด และการจัดเรียงตัวของอิมัลชัน

ผลการวิจัย

การศึกษาปัจจัยในการเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนจากน้ำมันถั่วดาวอินคา ได้มีการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ และความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ ต่อคุณสมบัติทางกายภาพ ได้แก่ ขนาดของอนุภาค การจัดเรียงตัวของอิมัลชัน และความคงตัวของอิมัลชัน

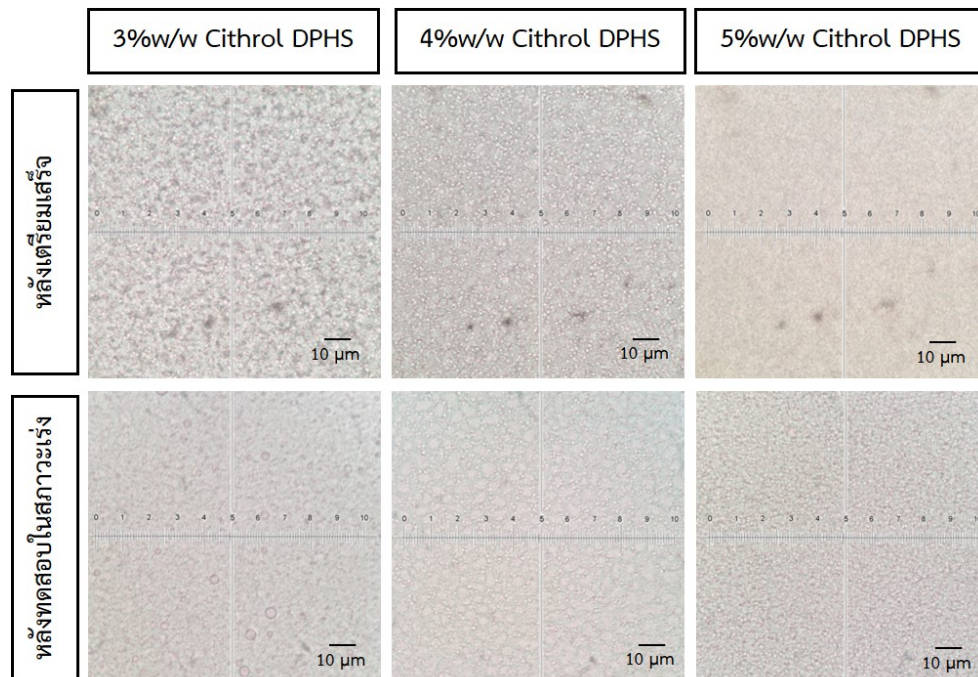
ผลของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ

การเตรียมอิมัลชันขั้นเดียว (Primary emulsion) โดยใช้สารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ (Cithrol DPHS) ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2, 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก สัดส่วนตามตารางที่ 1 จากการทดลองพบว่าอิมัลชันที่เตรียมได้มีสีขาวขุ่น เป็นเนื้อเดียวกันทุกตำรับ เมื่อทดสอบความคงตัวของอิมัลชันโดยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที พบว่าอิมัลชันขั้นเดียวที่เตรียมได้จาก Cithrol DPHS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1 และ 2 โดยน้ำหนัก มีการแยกชั้นเล็กน้อย และที่ความเข้มข้นของ Cithrol DPHS ร้อยละ 3, 4 และ 5 พบว่าอิมัลชันขั้นเดียวมีความคงตัว ไม่แยกชั้น (ภาพที่ 2)

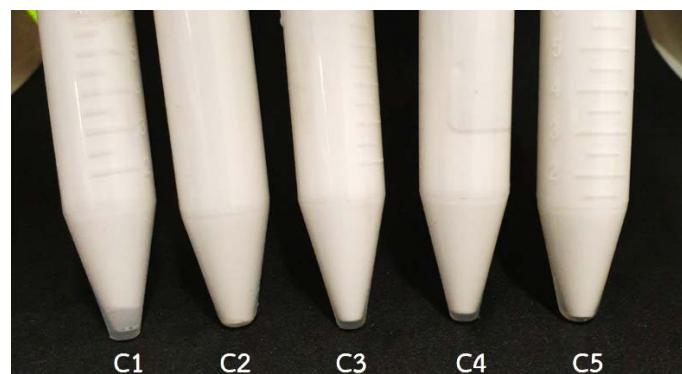
เมื่อศึกษาการจัดเรียงตัวของอิมัลชันขั้นเดียวด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าอิมัลชันที่เตรียมได้มีการกระจายตัวของอนุภาคสม่ำเสมอทุกตำรับ โดยจะพบว่าเมื่อความเข้มข้นของ Cithrol DPHS เพิ่มขึ้น อนุภาคของอิมัลชันขั้นเดียวจะมีขนาดเล็กลง ตามลำดับ เนื่องจากความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวเพิ่มขึ้น สารลดแรงตึงผิวจะทำให้แรงตึงผิวระหว่างวัฏภาคน้ำและวัฏภาคน้ำมันลดลง ทำให้เกิดอิมัลชัน และการกระจายตัวของวัฏภาคภายในได้ง่ายขึ้นส่งผลให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง

เมื่อทดสอบความคงตัวของอิมัลชันโดยใช้ความเข้มข้นของ Cithrol DPHS ร้อยละ 3, 4 และ 5 ในสภาวะเร่งด้วยวิธีการให้ความร้อนสลับเย็น จำนวน 6 รอบ พบว่าอิมัลชันไม่แยกชั้น ผลจากกล้องจุลทรรศน์ และเครื่องวัดขนาดอนุภาคระดับนาโน พบว่าเมื่อใช้ Cithrol DPHS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ 5 โดยน้ำหนัก อิมัลชันขั้นเดียวมีขนาดใหญ่ขึ้น เป็นผลจากการรวมตัว (Coalescence) ของอนุภาคเนื่องจากการปลุกกันด้วยความเคาะของชั้นผิวของอิมัลชันที่บริเวณผิวประจันลดน้อยลง จึงเกิดการรวมตัวของวัฏภาคภายนอกเข้าสู่วัฏภาคภายใน Milinkovic, Petrovic, Fraj, Bucko, and Katona (2016) แต่จะพบว่าขนาดของอิมัลชันขั้นเดียวที่เตรียมโดยใช้ Cithrol DPHS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 โดยน้ำหนัก มีขนาดเล็กลง เนื่องจากเมื่อปริมาณสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ (Cithrol DPHS) มีปริมาณไม่เพียงพอจึงเกิดการรวมตัวอย่างรวดเร็ว ทำให้วัฏภาคภายในออกไปยังวัฏภาคภายนอก ส่งผลให้อนุภาคมีขนาดเล็กลง Jiao and Burgess (2003) ซึ่งสอดคล้องกับผลการวัดขนาดอนุภาคด้วยเครื่องวัดขนาดอนุภาคระดับนาโน (Zetasizer Nano-ZS) เมื่อพิจารณาความหนืดของอิมัลชัน พบว่าอิมัลชันมีความหนืดลดลงเมื่อใช้ Cithrol DPHS ความเข้มข้นร้อยละ 5 โดยน้ำหนัก หลังเก็บในสภาวะเร่ง เนื่องจากปริมาณ Cithrol DPHS มาก จึงส่งผลให้อิมัลชันขั้นเดียวมีความหนืดสูงเกินไป มีพฤติกรรมการไหลแบบนอนนิวโตเนียน (non Newtonian fluid) Jiao and Burgess (2003) นอกจากนี้จะพบว่าทุกสูตรตำรับมีค่าพีเอชเพิ่มขึ้นหลังทดสอบในสภาวะเร่ง เนื่องจากการแพร่ของแมกนีเซียมซัลเฟต ($MgSO_4$) จากวัฏภาคน้ำภายในสู่วัฏภาคน้ำมัน จึงส่งผลให้ค่าพีเอชหลังเก็บด้วยสภาวะเร่งมีค่าเพิ่มขึ้น

ดังนั้นจึงเลือกอิมัลชันชั้นเดียวที่เตรียมได้จาก Cithrol DPHS ความเข้มข้นร้อยละ 3, 4 และ 5 เป็นความเข้มข้นที่เหมาะสมในการศึกษาปัจจัยต่อไป



ภาพที่ 1 ภาพจุลทรรศน์แสดงขนาดและการกระจายขนาดอนุภาคของอิมัลชันชั้นเดียว ที่เตรียมได้จาก Cithrol DPHS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3 4 และ 5 โดยน้ำหนัก ก่อนและหลังทดสอบในสภาวะแรงด้วยวิธีการให้ความร้อนสลับเย็นที่กำลังขยาย 100 เท่า

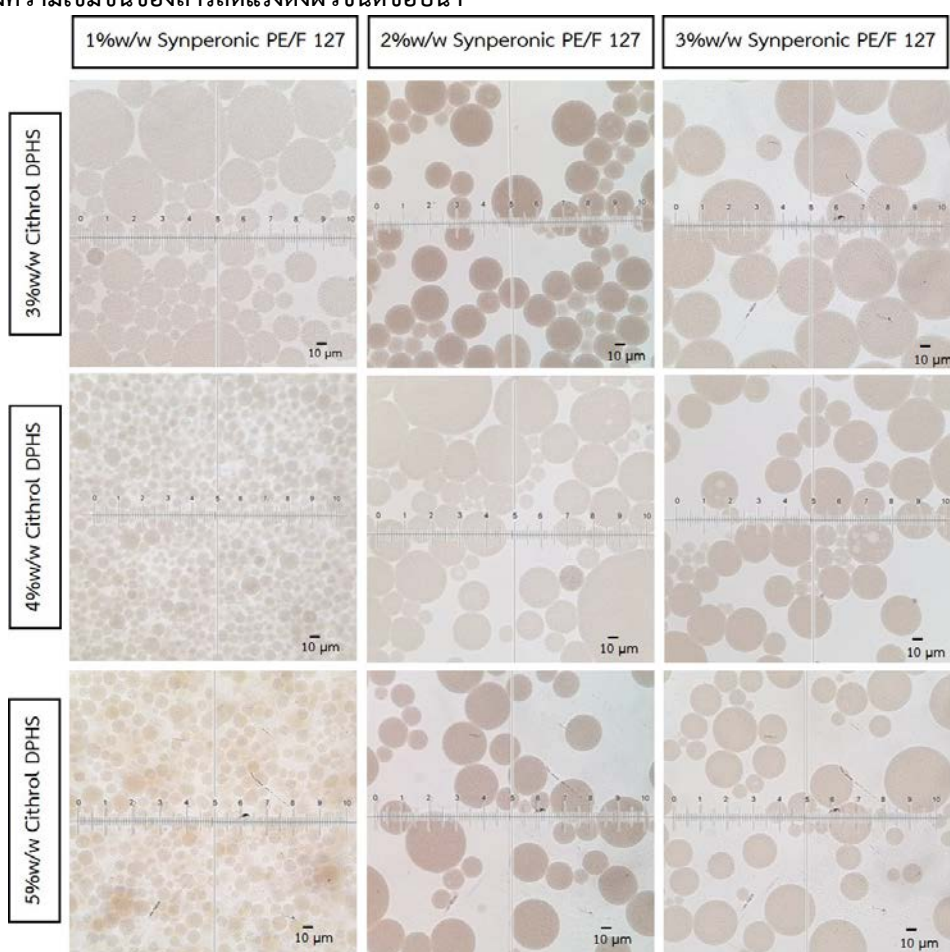


ภาพที่ 2 ลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันชั้นเดียว หลังการทดสอบด้วยการปั่นเหวี่ยง

ตารางที่ 3 พีเอช ความหนืด และขนาดอนุภาคของอิมัลชันชั้นเดียว ก่อนและหลังเก็บในสภาวะเร่งด้วยวิธีการให้ความร้อน สลับเย็น จำนวน 6 รอบ

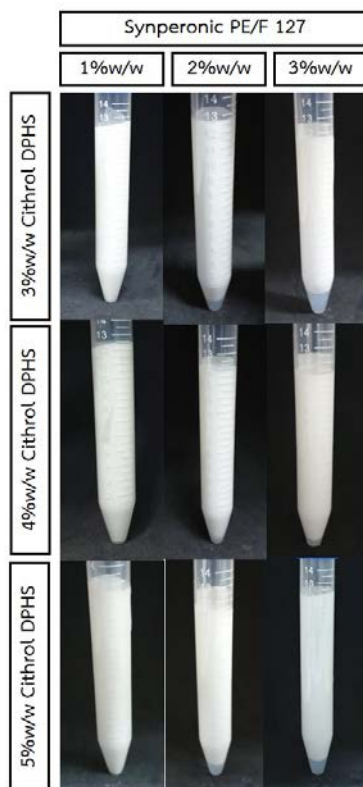
	สูตรตำรับ	ค่าความหนืด (P)	ค่าพีเอช	ขนาดอนุภาคเฉลี่ย ($d_{4,3}$) (นาโนเมตร)	ค่าการกระจายอนุภาค (Pdl)
C3	ก่อนเก็บในสภาวะเร่ง	18.6±0.31	4.57±0.05	435.73±7.39	0.288±0.12
	หลังเก็บในสภาวะเร่ง	18.8±0.10	5.94±0.07	280.80±21.50	0.215±0.09
C4	ก่อนเก็บในสภาวะเร่ง	20.9±1.01	4.24±0.01	374.43±9.81	0.268±0.04
	หลังเก็บในสภาวะเร่ง	19.2±0.17	5.38±0.04	412.33±22.48	0.293±0.02
C5	ก่อนเก็บในสภาวะเร่ง	30.0±0.10	4.78±0.02	374.43±9.81	0.211±0.06
	หลังเก็บในสภาวะเร่ง	22.4±0.06	5.07±0.02	323.63±13.48	0.084±0.09

ผลของความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ



ภาพที่ 3 ภาพจุลทรรศน์แสดงขนาด และการกระจายขนาดอนุภาคของอิมัลชันเชิงซ้อน ที่เตรียมได้จาก Cithrol DPHS ที่ความเข้มข้นร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก และ Synperonic PE/F 127 ที่ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ที่กำลังขยาย 40 เท่า

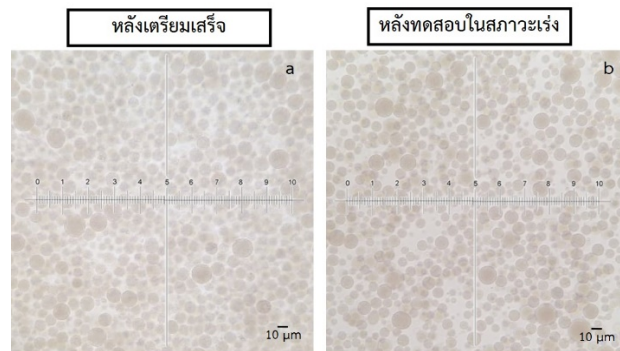
การเตรียมอิมัลชันเชิงซ้อนแต่ละตำรับได้เลือกความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำจากการศึกษาก่อนหน้า ได้แก่ ความเข้มข้นของ Cithrol DPHS ร้อยละ 3, 4 และ 5 โดยน้ำหนัก เพื่อศึกษาอิทธิพลของความเข้มข้นของสารก่ออิมัลชันชนิดชอบน้ำ (Synperonic PE/F 127) ความเข้มข้นร้อยละ 1, 2 และ 3 โดยน้ำหนัก ซึ่งจะได้ตำรับอิมัลชันทั้งหมด 9 ตำรับ ดังตารางที่ 2 จากการทดลองพบว่าอิมัลชันเชิงซ้อนที่เตรียมได้มีสีขาวขุ่น เป็นเนื้อเดียวกัน และเป็นอิมัลชันเชิงซ้อนทุกสูตรตำรับ



ภาพที่ 4 ลักษณะทางกายภาพของอิมัลชันเชิงซ้อน
หลังการทดสอบด้วยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที

เมื่อศึกษาการจัดเรียงตัวของอิมัลชันเชิงซ้อนด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พบว่าความเข้มข้นของ Synperonic PE/F 127 เพิ่มมากขึ้น ขนาดอนุภาคของอิมัลชันเชิงซ้อนจะมีขนาดใหญ่ขึ้น และที่ความเข้มข้นของ Synperonic PE/F 127 ร้อยละ 2 และ 3 โดยน้ำหนัก พบว่าเมื่อทดสอบด้วยการปั่นเหวี่ยง จะพบว่าอิมัลชันเชิงซ้อนเกิดการแยกชั้น เนื่องจากเมื่อความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic surfactant) เพิ่มมากขึ้นจนมีมากเกินไปค่าความเข้มข้นวิกฤตของไมเซลล์ (Critical micelle concentration, CMC) ไมเซลล์จึงอาจจะละลายในสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ (Hydrophobic surfactant) ซึ่งอยู่ในวัฏภาคน้ำมัน ส่งผลให้วัฏภาคน้ำมันเคลื่อนที่ออกไปยังวัฏภาคน้ำภายนอก ทำให้ความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำน้อยลง และทำให้ชั้นน้ำมัน และวัฏภาคน้ำภายในถูกทำลาย ซึ่งสอดคล้องกับภาพจากกล้องจุลทรรศน์จะพบว่าอิมัลชันชั้นเดียวที่เตรียมได้จากสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ Cithrol DPHS ความเข้มข้นน้อย จะมีแนวโน้มที่อิมัลชันที่เตรียมได้จะไม่คงตัว จึงควรเลือกสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำที่มีความเข้มข้นสูง (Jiao & Burgess, 2003)

เมื่อทดสอบความคงตัวของอิมัลชันเชิงซ้อนโดยการปั่นเหวี่ยงที่ความเร็ว 4000 รอบต่อนาที เป็นเวลา 10 นาที พบว่าอิมัลชันเชิงซ้อนที่เตรียมได้จากสูตรตำรับ C3:S1, C4:S1 และ C5:S1 ไม่แยกชั้น จากภาพที่ 2 พบว่าสูตรตำรับ C3:S1 มีขนาดและการกระจายตัวของอนุภาคไม่สม่ำเสมอ โดยอาจเกิดปรากฏการณ์ครีมมิ่ง (Creaming) และออสวาลด์ริเพนนิ่ง (Ostwald ripening) ได้ Wang et al. (2017) และ เมื่อคำนึงถึงความปลอดภัย ดังนั้นจึงเลือกสูตรตำรับ C4:S1 เนื่องจากสูตรตำรับนี้ใช้สารลดแรงตึงผิวที่มีความเข้มข้นเหมาะสมที่สุด ที่เกิดอิมัลชันเชิงซ้อนที่มีความคงตัว ไม่แยกชั้น



ภาพที่ 5 ภาพจุลทรรศน์แสดงขนาด และการกระจายขนาดอนุภาคของอิมัลชันเชิงซ้อน ของสูตรตำรับ C4:S1 ก่อนและหลัง เก็บในสภาวะเร่งด้วยวิธีการให้ความร้อนสลับเย็น จำนวน 6 รอบ ที่กำลังขยาย 40 เท่า

เมื่อทดสอบสูตรตำรับ C4:S1 ในสภาวะเร่งด้วยวิธีการให้ความร้อนสลับเย็น จำนวน 6 รอบ พบว่าสูตรตำรับมีความคงตัว ไม่แยกชั้น โดยจะพบว่าภาพจากกล้องจุลทรรศน์มีขนาดของอิมัลชันชั้นเดียวเพิ่มมากขึ้น (ภาพที่ 5) โดยขนาดของอิมัลชันเชิงซ้อนมีขนาดใหญ่ขึ้นเล็กน้อยจาก 9.46 ± 0.06 ไมโครเมตร เป็น 10.50 ± 0.10 ไมโครเมตร (ตารางที่ 6) เนื่องจากวัฏภาคน้ำภายนอกอาจจะแทรกซึมเข้าสู่วัฏภาคภายในโดยอาศัยความแตกต่างของแรงดันออสโมติก ส่งผลให้มีสัดส่วนของวัฏภาคภายในน้อยลง ทำให้ความหนืดน้อยลง (Osmotic pressure) Vasiljevic, Parojcic, Primorac, and Vuleta (2009) ค่าพีเอชมีค่าเพิ่มขึ้น จากพีเอช 6.08 ± 0.04 เป็น 6.63 ± 0.01 และความหนืดน้อยลง เนื่องจากการแพร่ของวัฏภาคน้ำภายในสู่วัฏภาคน้ำภายนอก (Lamba, Sathish, & Sabikhi, 2015)

ตารางที่ 4 ค่าพีเอช ความหนืด และขนาดอนุภาคของอิมัลชันเชิงซ้อน ก่อนและหลังเก็บในสภาวะเร่งด้วยวิธีการให้ความร้อนสลับเย็น จำนวน 6 รอบ (ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD, n=3)

สูตรตำรับ	ค่าพีเอช	ค่าความหนืด (cP)	ขนาดอนุภาคเฉลี่ย ($d_{4,3}$) (ไมโครเมตร)
C4:S1	ก่อนเก็บในสภาวะเร่ง	6.08 ± 0.04	$2,857 \pm 64$ cP
	หลังเก็บในสภาวะเร่ง	6.63 ± 0.01	435 ± 0.54 cP

สรุปและอภิปรายผล

คุณลักษณะของอิมัลชันเชิงซ้อนจากน้ำมันถั่วดาวอินคาโดยเทคนิคสองขั้นตอน ขึ้นกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำซึ่งทำให้เกิดอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมัน (w/o emulsion) โดยจะพบว่าเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดไม่ชอบน้ำ Cithrol DPHS จะส่งผลให้อนุภาคของอิมัลชันชั้นเดียวมีขนาดเล็กลง นอกจากนี้ยังขึ้นกับความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ Synperonic PE/F 127 ซึ่งทำให้เกิดอิมัลชันชนิดน้ำในน้ำมันในน้ำ (w/o/w emulsions) เนื่องจากเมื่อเพิ่มความเข้มข้นของสารลดแรงตึงผิวชนิดชอบน้ำ (Hydrophilic surfactant) เพิ่มมากขึ้นจนมีมากกว่าค่าความเข้มข้นวิกฤตของไมเซลล์ (Critical micelle concentration, CMC) จะทำให้ขนาดของอิมัลชันเชิงซ้อนมีขนาดใหญ่ขึ้น งานวิจัยนี้พบว่าอิมัลชันเชิงซ้อนที่เตรียมได้จากสามารถเตรียมจาก Cithrol DPHS ความเข้มข้นร้อยละ 4 และ Synperonic PE/F 127 ความเข้มข้นร้อยละ 1 โดยน้ำหนัก มีความคงตัว เมื่อทดสอบในสภาวะเร่ง

ข้อเสนอแนะ

ควรศึกษาปัจจัยอื่น ๆ เช่น ความเร็วรอบในการปั่น ระยะเวลาในการปั่น และสัดส่วนของอิมัลชันชั้นเดียวต่ออิมัลชันเชิงซ้อน เพื่อปรับสูตรตำรับให้มีความคงตัวมากขึ้น

เอกสารอ้างอิง

- Hanssen, H.-P., & Schmitz-Hübsch, M. (2011). Sacha Inchi (*Plukenetia volubilis* L.) nut oil and its therapeutic and nutritional uses. In *Nuts and Seeds in Health and Disease Prevention* (pp. 991-994).
- Jiao, J., & Burgess, D. J. (2003). rheology and stability of water-in-oil-in-water multiple emulsions containing Span 83 and Tween 80. *Aaps Pharmsci*, 5(1), 62-73.
- Kovacs, A., Eros, I., & Csoka, I. (2016). optimization and development of stable w/o/w cosmetic multiple emulsions by means of the quality by design approach. *Int J Cosmet Sci*, 38(2), 128-138. doi:10.1111/ics.12248
- Lamba, H., Sathish, K., & Sabikhi, L. (2015). double emulsions: emerging delivery system for plant bioactives. *Food and Bioprocess Technology*, 8(4), 709-728. doi:10.1007/s11947-014-1468-6
- Mahmood, T., & Akhtar, N. (2013). stability of a cosmetic multiple emulsion loaded with green tea extract. *ScientificWorldJournal*, 2013, 153695. doi:10.1155/2013/153695
- Milinkovic, J., Petrovic, L., Fraj, J., Bucko, S., & Katona, J. (2016). characteristics of W/O emulsions containing polymeric emulsifier PEG 30-dipolyhydroxystearate. *Acta Periodica Technologica*(47), 219-230. doi:10.2298/apt1647219m
- Saengsorn, K., & Jimtaisong, A. (2017). determination of hydrophilic-lipophilic balance value and emulsion properties of sachal inchi oil. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(12), 1092-1096. doi:10.1016/j.apjtb.2017.10.011
- Sztukowski, D. M., & Yarranton, H. W. (2005). oilfield solids and water-in-oil emulsion stability. *J Colloid Interface Sci*, 285(2), 821-833. doi:10.1016/j.jcis.2004.12.029
- Vasiljevic, D., Parojcic, J., Primorac, M., & Vuleta, G. (2009). rheological and droplet size analysis of W/O/W multiple emulsions containing low concentrations of polymeric emulsifiers. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 74(7), 801-816. doi:10.2298/jsc0907801v
- Wang, J., Shi, A., Agyei, D., & Wang, Q. (2017). formulation of water-in-oil-in-water (W/O/W) emulsions containing trans-resveratrol. *RSC Advances*, 7(57), 35917-35927. doi:10.1039/c7ra05945k

การตรวจวัดปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ ด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน

อภิชาติ เพ็งดำ^{1*}, พันทิพา รุณแสง², เบญจพร ภูเพชร², ประภาพร อุทาร์พันธุ์², พร้อมพงศ์ เพียรพินิจธรรม³,
สนอง เอกสิทธิ์³

¹ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ม. สงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

²ภาควิชาชีวเคมี คณะวิทยาศาสตร์ ม. สงขลานครินทร์ อ. หาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

³หน่วยปฏิบัติการวิจัยอุปกรณ์รับรู้ ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย กรุงเทพฯ 10330

Email: apichat.p@psu.ac.th

บทคัดย่อ

อาการแพ้ผลิตภัณฑ์ที่มีความเสี่ยงที่จะทำให้เกิดอันตรายถึงชีวิตอันเนื่องมาจากกระบวนการผลิตในโรงงานของผู้ป่วยทำการต่อต้านโปรตีนบางชนิดที่ผลิตจากยางธรรมชาติ ดังนั้นการวิเคราะห์การปนเปื้อนของโปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติจึงมีความสำคัญที่จะช่วยลดความเสี่ยงจากการแพ้ในผู้ใช้งาน ถึงแม้ว่าการวิเคราะห์โปรตีนในผลิตภัณฑ์ยางในข้างต้นมีด้วยกันหลากหลายวิธี เช่น modified Lowry method, amino acid analysis (HPLC), enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) inhibition test, radio allergosorbent test (RAST) inhibition assay และ latex ELISA for antigenic protein (LEAP) แต่กระนั้นวิธีต่าง ๆ ในข้างต้น มีต้นทุนสูงในการตรวจวิเคราะห์และบางชนิดยังต้องอาศัยการนำเข้าจากต่างประเทศ ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงเลือกใช้การตรวจวัดปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน โดยสมบัติทาง plasmonic ของอนุภาคโลหะที่มีโครงสร้างอยู่ในระดับนาโนเมตรจะทำให้หน้าในการขยายสัญญาณของสารบนพื้นผิวที่ต้องการตรวจวัดในเทคนิคนี้ โครงสร้างของอนุภาคโลหะในระดับนาโนเมตรจะถูกควบคุมและหาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานด้วยกระบวนการสังเคราะห์ทางเคมี หลังจากนั้นวัสดุที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานจะถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในผลิตภัณฑ์ที่แปรรูปจากยางธรรมชาติ

คำสำคัญ: เทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน, อาการแพ้ผลิตภัณฑ์, โครงสร้างของอนุภาคโลหะในระดับนาโนเมตร

Surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) for protein determination in latex products

Apichat Phengdaam¹, Phanthipha Runsaeng², Benjaporn Phupet², Prapaporn Utarabhand²,
Prompong Pienpinijtham³, Sanong Ekgasit³

¹Department of chemistry, Faculty of science, Prince of Songkla university, Hat Yai, Songkhla 90110

²Department of biochemistry, Faculty of science, Prince of Songkla university, Hat Yai, Songkhla 90110

³Sensor research unit, Department of chemistry, Faculty of science, Chulalongkorn University, Bangkok 10330

E-mail: apichat.p@psu.ac.th

Abstract

The latex allergy is lethal case in allergy patients due to immune system in human against proteins from natural rubber. Therefore, determination of contaminated protein in products from natural rubber is necessary that will reduce the risk from latex allergy in consumers. For determination of protein in latex, several methods were employed such as modified Lowry method, amino acid analysis (HPLC), enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) inhibition test, radio allergosorbent test (RAST) inhibition assay and latex ELISA for antigenic protein (LEAP). However, these methods have a high cost for test and need to import. In this work, surface enhanced Raman spectroscopy (SERS) will be proposed for protein determination in products from natural rubber. The plasmonic property depending on structure of metal nanoparticles played an importance role to enhance Raman signal in SERS technique. The type of proteins will be confirmed by the molecular information from SERS spectrum. The structures of metal nanoparticles will be controlled by wet chemical synthesis and optimized. After that, developed SERS substrates will be employed for proteins analysis both qualitative and quantitative in latex produces.

Keywords: SERS, latex allergy, metal nanoparticles

บทนำ

อาการแพ้ผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติ (Latex allergy) เกิดจากการที่ระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายทำการต่อต้านสิ่งแปลกปลอม และทำให้เกิดอาการแพ้เกิดขึ้น ตั้งแต่การเกิดผื่นแดงบนผิวหนังจนถึงการหยุดหายใจระคายเคืองและเสียชีวิต ซึ่งสิ่งแปลกปลอมจากตัวยางธรรมชาติที่เป็นสาเหตุหลักที่ทำให้เกิดอาการแพ้คือโปรตีน Hev b1 และ Hev b3 ที่เป็นส่วนหนึ่งของผนังอนุภาคคอลลอยด์ของน้ำยางธรรมชาติหรือต้นยางพารา (*Hevea brasiliensis*) ในกรณีที่ยางธรรมชาติถูกใช้เป็นผลิตภัณฑ์ที่ได้รับการสัมผัสจากผู้ใช้บ่อยครั้งทำให้มีความเสี่ยงที่จะกระตุ้นให้เกิดกับอาการแพ้ในผู้ใช้งาน (Beezhold, 1996; Pichayakorn, 2012) จึงมีความจำเป็นที่จะต้องมีการกำจัดโปรตีนออกจากเนื้อยางธรรมชาติที่ใช้เป็นสารตั้งต้น ในกรณีที่จะต้องใช้น้ำยางธรรมชาติในการขึ้นรูปผลิตภัณฑ์โดยตรง น้ำยางธรรมชาติจะต้องผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีน ซึ่งวิธีการที่แพร่หลายคือ การใช้เอนไซม์ในการย่อยโปรตีนให้เปลี่ยนรูปไปเป็นสารตัวอื่นที่ไม่สามารถมารวมให้เกิดอาการแพ้ในมนุษย์ร่วมการหมักเหวี่ยงแยกเนื้อยางออกมา (Perrella, 2002) น้ำยางหลังจากผ่านกระบวนการกำจัดโปรตีนแล้วควรมีปริมาณโปรตีนที่น้อยกว่า 1% โดยน้ำหนัก จึงไม่ทำให้เกิดอาการแพ้ในมนุษย์ โดยวิธีการมาตรฐานที่ใช้ยืนยันปริมาณโปรตีนที่เหลืออยู่นั้น ได้แก่ Modified Lowry method, Amino acid analysis (HPLC), Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) inhibition test, Radioallergosorbent test (RAST) inhibition assay และ Latex ELISA for Antigenic Protein (LEAP) เป็นต้น (Tomazic-Jezic, 2002; Pichayakorn, 2012) ซึ่งวิธีการเหล่านี้มีความแม่นยำและจำเพาะเจาะจงกับโปรตีนที่ทำให้เกิดอาการแพ้จากยางพารา แต่มีข้อจำกัดคือชุดทดสอบดังกล่าวยังต้องอาศัยการนำเข้ามีราคาสูง และในบางเทคนิคอาจจะให้ค่าผิดพลาดเนื่องจากองค์ประกอบอื่น ๆ ในน้ำยางธรรมชาติที่รบกวนการตรวจวิเคราะห์ (Tomazic-Jezic, 2002) หนึ่งในวิธีการที่มีความแม่นยำและให้ผลวิเคราะห์ที่รวดเร็วคือเทคนิคทาง molecular spectroscopy ซึ่งในงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่า FT-IR spectra สามารถใช้ในการแยกแยะระหว่างน้ำยางธรรมชาติและน้ำยางที่ผ่านกระบวนการสกัดโปรตีนมาแล้ว จากหมู่ฟังก์ชันที่หายไปของ surface protein และ phospholipids (Pichayakorn, 2012) FT-IR spectroscopy เป็นเทคนิคที่อาศัยการวิเคราะห์การดูดกลืนพลังงานแสงในช่วงอินฟราเรดเพื่อใช้ในการสั่นระดับโมเลกุล อันเป็นลักษณะเฉพาะในแต่ละโครงสร้างและเชื่อมโยงถึงหมู่ฟังก์ชันอันเป็นเอกลักษณ์ของสารแต่ละชนิด นอกจากนี้การใช้งานร่วมกับเทคนิค Attenuated Reflection Infrared Spectroscopy (ATR) ช่วยทำให้ตรวจชิ้นงานได้โดยตรงจากบนพื้นผิว (Käppler, 2016) โดยเฉพาะอย่างยิ่งกรณีของชิ้นงานจากยางธรรมชาติ ที่มีโอกาสสัมผัสกับมนุษย์ในการใช้งานจริง สามารถได้ข้อมูลเชิงโมเลกุล สามารถระบุหมู่ฟังก์ชันของโปรตีนที่อยู่บนพื้นผิวของชิ้นงาน อย่างรวดเร็วและไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน แต่เทคนิคนี้ก็ยังมีข้อจำกัดในบางกรณีเมื่อใช้กับชิ้นงานจริงคือ สารเติมแต่งในน้ำยางธรรมชาติเพื่อใช้เพิ่มสมบัติต่าง ๆ ในการขึ้นรูปหลายตัวสามารถตรวจพบบน FT-IR spectra และมีโอกาสซ้อนทับและบดบังกับโปรตีนในน้ำยาง ซึ่งหลงเหลือในปริมาณน้อย ทำให้ประสิทธิภาพในการวิเคราะห์ลดลง จากข้อจำกัดในข้างต้น Raman spectroscopy เป็นอีกหนึ่งในวิธีทาง molecular spectroscopy ที่น่าสนใจและสามารถหลีกเลี่ยงข้อจำกัดในเทคนิค FT-IR spectroscopy โดยเทคนิคนี้อาศัยการวิเคราะห์การกระเจิงแสงที่มีการสูญเสียพลังงาน อันเนื่องมาจากโมเลกุลของสารมีความเป็น polarizability (Käppler, 2016) โดยเทคนิคนี้จะมีผลในการวิเคราะห์สูงกับโครงสร้างที่มีการสั่นในระดับโมเลกุลในแบบ symmetric หรือ pseudo-symmetric ซึ่งพบใน peptide backbone ที่เป็นตัวแทนของโปรตีน และไม่การรบกวนหรือซ้อนทับกับการสั่นในระดับโมเลกุลของ hydroxyl group (-OH) (Han, 2009) ซึ่งพบเจอได้ในสารเติมแต่งเพื่อการขึ้นรูปขึ้นงานจากน้ำยางธรรมชาติ นอกจากนี้ยังสามารถทำการวิเคราะห์บนพื้นผิวของชิ้นงานโดยผ่านกล้องจุลทรรศน์หรือ Raman microscope ได้อีกด้วย อย่างไรก็ตามสัญญาณรบกวนที่ได้จากกระบวนการกระเจิงแสงในข้างต้นนั้นมีค่าสัญญาณที่ต่ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อวิเคราะห์สารปริมาณน้อย และโอกาสที่จะเกิดปรากฏการณ์ฟลูออเรสเซนซ์จากสารเติมแต่งบางชนิดในชิ้นงานผลิตภัณฑ์ยางธรรมชาติเมื่อเพิ่มระดับพลังงานในการตรวจวิเคราะห์ ทำให้ไม่สามารถวิเคราะห์ตัวอย่างด้วยเทคนิค Raman spectroscopy ได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Wiesheu, 2016; Oßmann, 2017) ในช่วง 20 ปีที่ผ่านมา การศึกษาทางด้านวัสดุนาโนและนาโนเทคโนโลยีได้รับความนิยมและแสดงถึงบทบาทในยุคนี้ในหลากหลายสาขา ในกลุ่มวัสดุนาโนของโลหะมีค่าโดยเฉพาะอย่างยิ่งในทองคำและเงิน พบว่าสามารถช่วยในการขยายสัญญาณรามานของโมเลกุลที่เกาะติดบนพื้นผิวของวัสดุ เทคนิคนี้มีชื่อว่าเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน (Surface enhanced Raman spectroscopy) (Sharma, 2012) ซึ่งใช้พื้นผิวของโลหะสำหรับการเตรียมตัวอย่างเพื่อการตรวจวัด โดยเฉพาะอย่างยิ่งพื้นผิวที่มีโครงสร้างในระดับนาโนเมตร โดยมี 2 กลไกหลักในการขยายสัญญาณคือ กลไกทางเคมีและอเลกโทรนิค โดยเฉพาะอย่างยิ่งกลไกทางอเลกโทรนิค ที่เป็นกลไกหลักในการขยายสัญญาณสามารถอธิบายด้วยหลักการของ Localized surface plasmon resonance สามารถเพิ่มทั้งพลังงานที่ใช้ในกระตุ้นและทำให้ได้สัญญาณรามานที่ได้จากตัวอย่างสูงขึ้นถึง 10^2 – 10^{14} เท่า เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์สารบนพื้นผิวปกติ (Ding, 2016) เทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรา

มานำมาประยุกต์ใช้อย่างแพร่หลายทั้งในด้านนิติวิทยาศาสตร์ (Demeritte, 2012) อาหารปลอดภัย (Guo, 2015) และวิเคราะห์สารอันตรายที่ปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม (Zhao, 2015) ในการประยุกต์ใช้เพื่อวิเคราะห์โปรตีน โครงสร้างโลหะในระดับนาโนเมตรได้แก่ อนุภาคเงิน อนุภาคทองคำ และอนุภาคอัลลอยด์ของทองคำและเงิน ถูกใช้เป็นวัสดุรองรับในการวิเคราะห์ชนิดของโปรตีนในกลุ่มของ แอนติเจน แอนติบอดี และ ไฮโดรโครม ซี เป็นต้น (Han, 2009) จากตัวอย่างในงานวิจัยก่อนหน้านี้เกี่ยวกับการวิเคราะห์โปรตีนในกลุ่มของ แอนติเจนและแอนติบอดี โดยใช้อนุภาคทองคำในระดับนาโนเมตรเป็นวัสดุรองรับพบว่า สามารถตรวจวิเคราะห์ปริมาณของโปรตีน prostate specific antigen (PSA) เพื่อใช้ในการบ่งชี้ภาวะการเกิดมะเร็งต่อมลูกหมากในระดับที่ต่ำถึง 1 pg/mL จากซีรัมของมนุษย์ (Grubisha, 2003) จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นถึงความไวและประสิทธิภาพของเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานในการตรวจวิเคราะห์โปรตีน และมีแนวโน้มนำมาประยุกต์ใช้กับการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติได้เช่นกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงสนใจที่จะนำโครงสร้างของโลหะในระดับนาโนเมตรที่สังเคราะห์ได้จากวิธีทางเคมีมาประยุกต์ใช้ในการตรวจวัดปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกลุ่มโปรตีนที่ละลายน้ำได้น้อยคือ Hev b1 และ Hev b3

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. พัฒนาโครงสร้างของโลหะในระดับนาโนเมตรเพื่อใช้ในการตรวจวัดปริมาณโปรตีนจากยางธรรมชาติด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน
2. สามารถนำไปประยุกต์ใช้เพื่อตรวจสอบในผลิตภัณฑ์ที่ผลิตจากยางธรรมชาติ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การสังเคราะห์โปรตีน Hev b1 และ Hev b3 เพื่อใช้เป็นโปรตีนมาตรฐาน นำดีเอ็นเอลูกผสม Hev b1-pET28a และ Hev b3-pET28a เข้าสู่เซลล์เจ้าบ้าน *E. coli* สายพันธุ์ BL21 Star™ (DE3) โดยวิธี transformation ซึ่งอ้างอิงจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Berthelot, 2012) จากนั้นเลี้ยงเชื้อแบคทีเรียและกระตุ้นให้มีการสร้างโปรตีน พร้อมแยกและเก็บตะกอนเซลล์โดยการหมุนเหวี่ยงจากนั้นผ่านการทำให้บริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์ Ni-NTA และวิเคราะห์หาการแสดงออกของโปรตีนลูกผสมโดยวิธี 15% SDS-PAGE (Laemmli, 1970)

2. การสังเคราะห์โครงสร้างของโลหะในระดับนาโนเมตร
ในงานวิจัยนี้เลือกใช้อุณหภูมิที่มีโครงสร้างในระดับนาโนเมตรเพื่อใช้เป็นวัสดุรองรับสำหรับเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน โดยใช้ปฏิกิริยาของ Tollens ซึ่งเป็นปฏิกิริยาที่ใช้ในการทดสอบในกลุ่มน้ำตาลรีดิวซ์ โดยในงานวิจัยนี้เลือกใช้ระหว่าง Formaldehyde ซึ่งเป็นตัวรีดิวซ์ กับ Silver amine complex บนแผ่นกระจก โดยประยุกต์ขั้นตอนการสังเคราะห์จากงานวิจัยก่อนหน้านี้ (Chaiendoo, 2018) จากนั้นวิเคราะห์ขนาดและรูปร่างของอนุภาคที่สังเคราะห์ได้ด้วยเครื่อง JEOL JSM-6510A scanning electron microscope

3. การตรวจวัดโปรตีน Hev b1 และ Hev b3 ด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานบนวัสดุที่พัฒนาขึ้น
โปรตีน Hev b1 และ Hev b3 ที่ได้จากแบคทีเรีย ในรูปแบบของเหลวที่ปริมาณ 5 μ L ที่ความเข้มข้นต่าง บนแผ่นอลูมิเนียม และวัสดุรองรับที่ได้พัฒนาขึ้น จากนั้นนำไปบันทึกสเปกตรัมรามาน ด้วยเครื่อง Thermo Scientific DXR Raman microscope โดยใช้เลเซอร์กระตุ้นที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ภายใต้เลนส์ที่กำลังขยาย 100 X

ผลการวิจัย

1. การสังเคราะห์โปรตีน Hev b1 และ Hev b3 เพื่อใช้เป็นโปรตีนมาตรฐาน

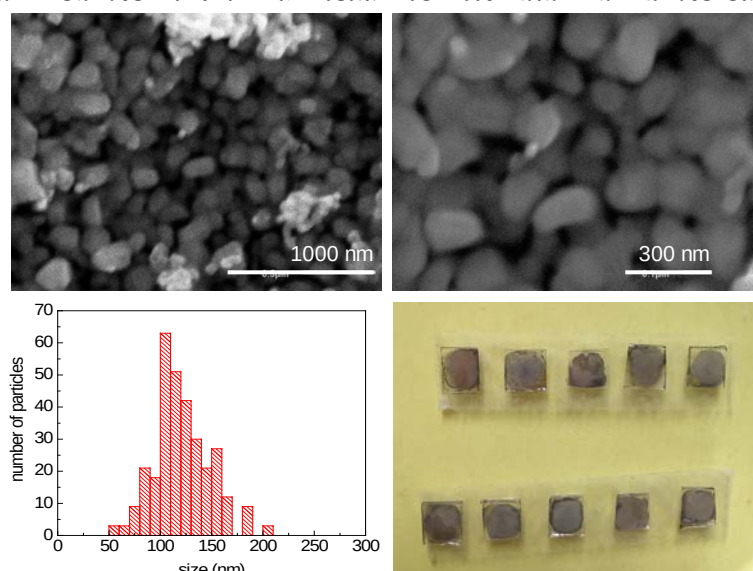
แถบโปรตีนเมื่อวิเคราะห์ด้วย 15% SDS-PAGE มีโปรตีนลูกผสม Hev b1 และ Hev b3 ปรากฏเด่นชัด ดังแสดงในภาพที่ 1 ซึ่งโปรตีนลูกผสม Hev b1 มีขนาดประมาณ 18 kDa และโปรตีนลูกผสม Hev b3 มีขนาดประมาณ 26 kDa จะเห็นได้ว่าโปรตีนลูกผสมที่ผลิตได้ในแบคทีเรียมีขนาดใหญ่กว่าโปรตีน Hev b1 และ Hev b3 ที่ทำบริสุทธิ์ได้จากน้ำยางสด(Berthelot, 2012) โดยโปรตีนที่ได้จากการสังเคราะห์ด้วยแบคทีเรียมีชื่อเรียกว่า rHev b1 และ rHev b3 โดยความเข้มข้นที่สังเคราะห์ได้จะอยู่ในช่วง 0.04 – 0.08 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$



ภาพที่ 1 แบบแผนโปรตีน rHev b1 และ rHev b3 ที่ผลิตได้จากแบคทีเรีย ผ่านการทำบริสุทธิ์ด้วยคอลัมน์ Ni-NTA เมื่อวิเคราะห์ด้วย 15% SDS-PAGE

2. การสังเคราะห์โครงสร้างของโลหะในระดับนาโนเมตร

รายละเอียดของโครงสร้างของอนุภาคเงินบนชิ้นงานกระจกเพื่อใช้เป็นวัสดุรองรับ แสดงดังในภาพที่ 2 ภาพจากเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด พบว่ารูปร่างของอนุภาคเงินที่สังเคราะห์ได้มีขนาดเฉลี่ยอยู่ที่ 121 ± 27 นาโนเมตร พิล์มของอนุภาคเงินที่เกิดขึ้นเกาะบนผิวของกระจกได้ดีและพร้อมสำหรับการใช้งานในเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน

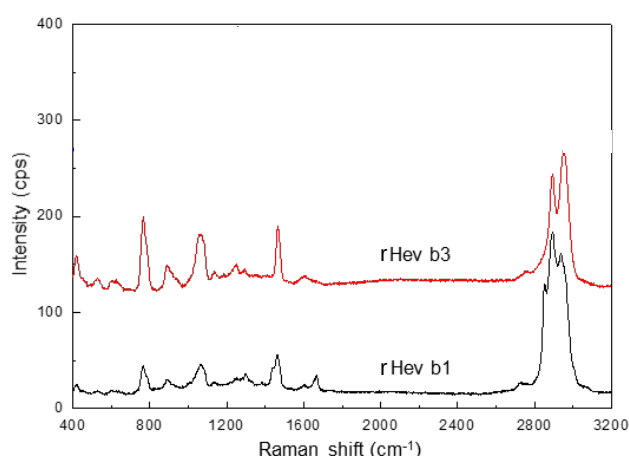


ภาพที่ 2 ภาพจากเทคนิคกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอนแบบส่องกราด (A) กำลังขยาย 10,000 เท่า และ (B) กำลังขยาย 30,000 เท่า (C) กราฟแสดงการกระจายตัวของอนุภาคเงินในระดับนาโนเมตรที่คำนวณจาก 300 อนุภาค (D) พิล์มของอนุภาคเงินที่เกาะบนผิวของกระจกขนาด 0.5×0.5 ซม.

สรุปและอภิปรายผล

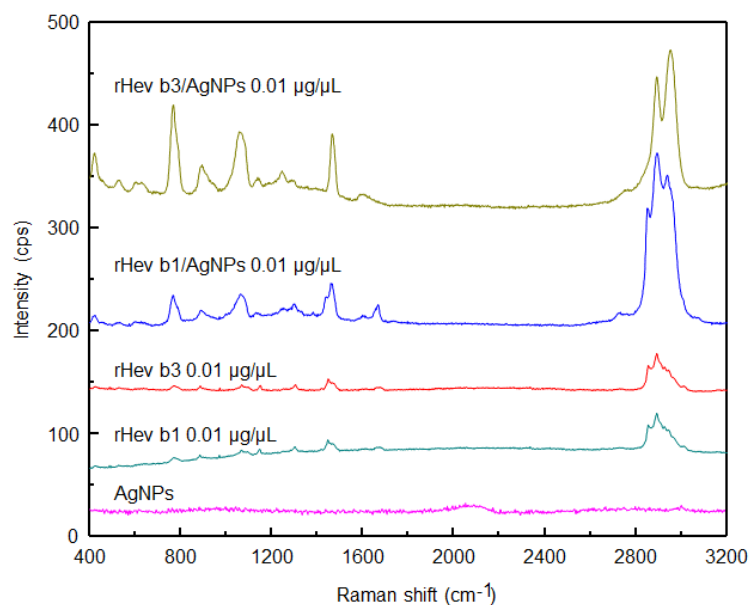
การตรวจวัดโปรตีน Hev b1 และ Hev b3 ด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานบนวัสดุที่พัฒนาขึ้น

โปรตีน rHev b1 และ rHev b3 ที่ได้จากวิธีการทำให้บริสุทธิ์ในข้างต้นถูกนำไปวิเคราะห์ สเปกตรัมรามาน ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อพิจารณาในรายละเอียดของโครงสร้างโปรตีนจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ ที่ได้ระบุว่า Hev b1 มีโครงสร้างแบบ β -Sheet และ Hev b3 มีโครงสร้างแบบ α -Helix ซึ่งสามารถเห็นความแตกต่างได้ด้วยเทคนิค vibrational spectroscopy ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้บันทึกข้อมูล IR spectrum ของ Hev b1 และ Hev b3 เป็นที่เรียบร้อยแล้ว (Berthelot, 2012) แต่ในงานวิจัยนี้ถือว่าเป็นครั้งแรก ที่มีการบันทึกสเปกตรัมรามาน ของ rHev b1 และ rHev b3 ซึ่งได้จากแบคทีเรียที่ดัดแปลงพันธุกรรม



ภาพที่ 3 ภาพของสเปกตรัมรามานของโปรตีน rHev b1 และ rHev b3 ที่ความเข้มข้น 0.08 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$

เมื่อพิจารณาเอกลักษณ์เชิงโมเลกุลของโปรตีนชนิดต่างๆ พบว่า โปรตีน rHev b1 มีสัญญาณที่บ่งบอกถึงโครงสร้างแบบ β -sheet คือ 1666 cm^{-1} ที่อยู่ในช่วงเดียวกับโครงสร้าง amide I ($1650\text{--}1680\text{ cm}^{-1}$) จากงานวิจัยเกี่ยวกับโครงสร้างของโปรตีนที่มี β -sheet จากโปรตีนชนิดอื่น ๆ ที่ให้สัญญาณรามานใกล้เคียงกับตำแหน่ง 1670 cm^{-1} ซึ่งถือว่าเป็นเอกลักษณ์ของโปรตีนที่มีโครงสร้างแบบ β -sheet (Rygula, 2013) นอกจากนี้ $1230\text{--}1240\text{ cm}^{-1}$ ซึ่งเกิดจากโครงสร้าง β -pleated sheet ที่อยู่ในช่วงเดียวกันกับโครงสร้าง amide III ($1230\text{--}1280\text{ cm}^{-1}$) เป็นเอกลักษณ์สำคัญที่เจอในสเปกตรัมรามานของโปรตีน และยืนยันว่าโปรตีนชนิดนี้มีโครงสร้างแบบ β -sheet (Rygula, 2013) ในส่วนของโปรตีน rHev b3 นั้นพบสัญญาณรามานในช่วง amide I ที่ 1656 cm^{-1} ซึ่งใกล้เคียงกับโปรตีนชนิดอื่น ๆ ที่มีโครงสร้างแบบ α -Helix (Rygula, 2013) และที่สำคัญคือพบสัญญาณรามาน ในช่วงโครงสร้างแบบ amide III ที่ 1245 cm^{-1} ซึ่งไม่ตรงกับ amide III ของ β -sheet และ random coil ที่อยู่ในช่วง $1235\text{--}1240\text{ cm}^{-1}$ และช่วงดังกล่าวไม่ควรเจอใน สเปกตรัมรามาน ของโปรตีนแบบ α -Helix (Rygula, 2013) ดังนั้นจากข้อมูลของสเปกตรัมรามานข้างต้นโปรตีน rHev b3 จึงควรมีโครงสร้างโปรตีนแบบ α -Helix เพื่อทดสอบประสิทธิภาพในการขยายสัญญาณรามาน เบื้องต้น rHev b1 และ rHev b3 ถูกเจือจางความเข้มข้นที่ $0.01\text{ }\mu\text{g}/\mu\text{L}$ และวิเคราะห์สัญญาณรามานทั้งบนแผ่นอลูมิเนียมและวัสดุรองรับที่ได้พัฒนาขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 4 พบว่า สัญญาณรามานของ rHev b1 และ rHev b3 มีค่าที่สูงขึ้นอย่างเห็นได้ชัดอันเป็นผลมาจากสมบัติของอนุภาคเงินที่มีโครงสร้างอยู่ในระดับนาโนเมตร ทำหน้าที่ขยายสัญญาณรามานของโปรตีนที่ถูกตรึงบนพื้นผิว รวมถึงวัสดุที่ได้พัฒนาขึ้นไม่มีสัญญาณรบกวนในช่วงเดียวกับสารที่ทำการตรวจวิเคราะห์ ดังนั้นวัสดุที่ได้พัฒนาขึ้นมีแนวโน้มที่จะนำไปต่อยอดให้เป็นอุปกรณ์ทดสอบปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานได้ต่อไปในอนาคต



ภาพที่ 4 ภาพของสเปกตรัมรามานของโปรตีน rHev b1 และ rHev b3 ที่ความเข้มข้น 0.01 $\mu\text{g}/\mu\text{L}$ ก่อนและหลังเตรียมบนอนุภาคเงินที่มีโครงสร้างระดับนาโนเมตร (AgNPs) เพื่อใช้ในเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามาน

ข้อเสนอแนะ

เพื่อที่จะต่อยอดให้เกิดเป็นอุปกรณ์ทดสอบปริมาณโปรตีนบนผลิตภัณฑ์จากยางธรรมชาติด้วยเทคนิคพื้นผิวขยายสัญญาณรามานอย่างสมบูรณ์ คณะผู้วิจัยมีแผนที่จะศึกษาอิทธิพลอื่น ๆ ได้แก่ ขนาดของอนุภาคเงินในระดับนาโนเมตรที่มีผลต่อการขยายสัญญาณรามาน การสร้างกราฟมาตรฐาน และการเปรียบเทียบกับวิธีการหาปริมาณโปรตีนในวิธีการมาตรฐานแบบอื่น ๆ เพื่อทดสอบความใช้ได้ของวิธี

เอกสารอ้างอิง

- Beezhold, D., Swanson, M., Zehr, B. D., & Kostyal, D. (1996). Measurement of natural rubber proteins in latex glove extracts: comparison of the methods. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology*, 76(6), 520-526.
- Berthelot, K., Lecomte, S., Estevez, Y., Couлары-Salin, B., Bentaleb, A., Cullin, C., . . . Peruch, F. (2012). Rubber Elongation Factor (REF), a Major Allergen Component in *Hevea brasiliensis* Latex Has Amyloid Properties. *PLoS ONE*, 7(10), e48065.
- Chaiendoo, K., Sooksin, S., Kulchat, S., Promarak, V., Tuntulani, T., & Ngeontae, W. (2018). A new formaldehyde sensor from silver nanoclusters modified Tollens' reagent. *Food Chemistry*, 255, 41-48.
- Demeritte, T., Kanchanapally, R., Fan, Z., Singh, A. K., Senapati, D., Dubey, M., . . . Ray, P. C. (2012). Highly efficient SERS substrate for direct detection of explosive TNT using popcorn- shaped gold nanoparticle-functionalized SWCNT hybrid. *Analyst*, 137(21), 5041-5045.
- Ding, S.-Y., Yi, J., Li, J.-F., Ren, B., Wu, D.-Y., Panneerselvam, R., & Tian, Z.-Q. (2016). Nanostructure-based plasmon- enhanced Raman spectroscopy for surface analysis of materials. *Nature Reviews Materials*, 1, 16021.
- Grubisha, D. S., Lipert, R. J., Park, H.-Y., Driskell, J., & Porter, M. D. (2003). Femtomolar detection of prostate-specific antigen: an immunoassay based on surface-enhanced Raman scattering and immunogold labels. *Analytical Chemistry*, 75(21), 5936-5943.

- Guo, P., Sikdar, D., Huang, X., Si, K. J., Xiong, W., Gong, S., . . . Cheng, W. (2015). Plasmonic core-shell nanoparticles for SERS detection of the pesticide thiram: size- and shape- dependent Raman enhancement. *Nanoscale*, 7(7), 2862-2868.
- Han, X. X., Zhao, B., & Ozaki, Y. (2009). Surface-enhanced Raman scattering for protein detection. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 394(7), 1719-1727.
- Käppler, A., Fischer, D., Oberbeckmann, S., Schernewski, G., Labrenz, M., Eichhorn, K.-J., & Voit, B. (2016). Analysis of environmental microplastics by vibrational microspectroscopy: FTIR, Raman or both? *Analytical and bioanalytical chemistry*, 408(29), 8377-8391.
- Laemmli, U. K. (1970). Cleavage of Structural Proteins during the Assembly of the Head of Bacteriophage T4. *Nature*, 227(5259), 680-685.
- Oßmann, B. E., Sarau, G., Schmitt, S. W., Holtmannspötter, H., Christiansen, S. H., & Dicke, W. (2017). Development of an optimal filter substrate for the identification of small microplastic particles in food by micro-Raman spectroscopy. *Analytical and bioanalytical chemistry*, 409(16), 4099-4109.
- Perrella, F. W., & Gaspari, A. A. (2002). Natural rubber latex protein reduction with an emphasis on enzyme treatment. *Methods*, 27(1), 77-86.
- Pichayakorn, W., Suksaeree, J., Boonme, P., Taweepreda, W., & Ritthidej, G. C. (2012). Preparation of deproteinized natural rubber latex and properties of films formed by itself and several adhesive polymer blends. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 51(41), 13393-13404.
- Rygula, A., Majzner, K., Marzec, K. M., Kaczor, A., Pilarczyk, M., & Baranska, M. (2013). Raman spectroscopy of proteins: a review. *Journal of Raman Spectroscopy*, 44(8), 1061-1076.
- Sharma, B., Frontiera, R. R., Henry, A.-I., Ringe, E., & Van Duyne, R. P. (2012). SERS: Materials, applications, and the future. *Materials Today*, 15(1), 16-25.
- Tomazic-Jezic, V. J., & Lucas, A. D. (2002). Protein and allergen assays for natural rubber latex products. *Journal of allergy and clinical immunology*, 110(2), S40-S46.
- Wiesheu, A. C., Anger, P. M., Baumann, T., Niessner, R., & Ivleva, N. P. (2016). Raman microspectroscopic analysis of fibers in beverages. *Analytical Methods*, 8(28), 5722-5725.
- Zhao, H., Jin, J., Tian, W., Li, R., Yu, Z., Song, W., . . . Ozaki, Y. (2015). Three-dimensional superhydrophobic surface-enhanced Raman spectroscopy substrate for sensitive detection of pollutants in real environments. *Journal of Materials Chemistry A*, 3(8), 4330-4337.

การศึกษาสารพฤษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของจาวตาล

วัชรภรณ์ ประภาสะโนบล^{1*} จันทนา ก่อนเก่า² กมลพร ประเสริฐพันธ์³ ภัทริรา อินพรม³ เอกรินทร์ ราชพลแสน³

¹อาจารย์สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

²อาจารย์สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

³นักศึกษาด้านสาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบุรี

*vatcharaporn.pra@mail.pbru.ac.th

บทคัดย่อ

จาวตาลเป็นส่วนของตาลที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจเนื่องจากคนไทยนิยมนำมาบริโภค จึงทำให้มีการวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายเพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาเสริมสร้างคุณค่าทางโภชนาการอาหารและเชิงพาณิชย์ เป็นแนวทางในการพัฒนาจาวตาลในด้านอาหารสุขภาพ แต่ยังไม่พบข้อมูลงานวิจัยเกี่ยวกับสารพฤษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากจาวตาล ดังนั้นการวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาชนิดของสารพฤษเคมี ปริมาณฟีนอลิกรวมและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ DPPH ของจาวตาล โดยเก็บตัวอย่างจาวตาลจากตำบลสามะโรง อำเภอมือง จังหวัดเพชรบุรี เตรียมสารสกัดจาวตาลด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด ได้แก่ เมทานอลและน้ำ แช่หมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องและนำสารสกัดมาทดสอบหาสารพฤษเคมีเบื้องต้น ได้แก่ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนิน โปรตีน สเตียรอยด์และสเตอรอล หาปริมาณฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu และหาฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl)

ผลการศึกษาพบว่าสารสกัดจากจาวตาลมีองค์ประกอบทางพฤษเคมีหลายชนิด ได้แก่ สารกลุ่มแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนิน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน ผลการหาปริมาณฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (0-0.3600 mg/mL) พบว่าสารสกัดเมทานอลจากจาวตาลมีปริมาณฟีนอลิกรวม (5.8475 mgGAE/g) สูงกว่าสารสกัดน้ำ (3.2839 mgGAE/g) และมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH สูงที่สุดที่ค่า IC₅₀เฉลี่ย เท่ากับ 22.71285 mg/mL แต่พบว่ามีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ากรดแกลลิกมาตรฐาน (IC₅₀ 0.0013 mg/mL)

คำสำคัญ: สารพฤษเคมี ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ ปริมาณฟีนอลิกรวม จาวตาล

The phytochemical, total phenolic and antioxidant activity of Haustorium of Palmyra palm

Vatcharaporn Prapasanobol^{1, a}, Jantana Konkao¹ Kamonporn Prasertpan^{1, b}

Phattira Inprom^{1, b} Eakkarin Ratchaphonsaen^{1, b};

¹Faculty of Science and Technology, Phetchaburi Rajabhat University, Phetchaburi, Thailand

E-mail; ^avatcharaporn.pra@mail.pbru.ac.th

Abstract

Haustorium is an important part of Palmyra palm because Thai people like to consume it. Therefore, there is a research for various uses to use the information to develop nutritional and guideline for the development of haustorium in health food. However, still no research data on phytochemical phenolic content and antioxidant activity from haustorium. Thus, this research aimed to study the phytochemical, the total phenolic contents and the antioxidant activity of extracts. Haustorium was collected from Samrong Subdistrict, Mueang District, Phetchaburi Province. The methanol and water extracts of haustorium were prepared by maceration at room temperature. The extracted for preliminary tests on phytochemical substances such as alkaloids, flavonoids, terpenoids, saponins, phenols, tannins, proteins, steroids and sterols. Total phenolic contents were investigated using Folin-Ciocalteu. The antioxidant activity were evaluated according to DPPH assays. The Phytochemical screening showed that extracts containing alkaloid flavonoid triterpenoid cardiac glycosides saponins phenol carbohydrate and protein. The results of total phenolic content by Folin-Ciocalteu compared to the standard solution of Gallic acid (0-0.3600 mg / mL), it was found that methanol extracts from Haustorium had higher total phenolic content (5.8475 mgGAE / g) than water extracts (3.2839 mgGAE / g) and had the higher antioxidant activity by DPPH method at the average IC₅₀ value of 22.7129 mg / mL than water extract (IC₅₀ 27.1760 mg/mL) but found that the antioxidant activity was lower than the standard Gallic acid.

Keywords: phytochemical antioxidant activity total phenolic content haustorium

บทนำ

ตาลหรือตาลโตนด (Palmyra Palm) เป็นพืชยืนต้นจัดอยู่ในวงศ์ปาล์ม (Arecaceae) ได้แก่ *Borassus aethiopum* Mart., *B.flabellifer* L. และ *B. sondaicus* Becc. สามารถพบ *B. flabellifer* มากในทวีปแอฟริกาตะวันตก อินเดีย ศรีลังกาและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ (Morton, 1988) ตาลโตนดในประเทศไทยมีหลายชื่อ ภาคกลางเรียกต้นตาล ภาคใต้เรียก ต้นโหนด เป็นพืชที่ชอบอากาศร้อน ขึ้นได้ดีในดินทราย ดินปนทราย ดินเหนียว ในดินที่มีน้ำกร่อยท่วมถึง ยิ่งโตเร็วและให้ความหวานจัด ชอบขึ้นในที่ไม่มีพืชอื่นปกคลุม เติบโตได้ดีในสภาพแห้งแล้ง เป็นพืชที่มีความสำคัญต่อการพัฒนาเกษตรยั่งยืน เป็นพืชสารพัดประโยชน์ สามารถเก็บผลผลิตทุกปีติดต่อกันนานหลายสิบปี (เจือจันทร์, 2546) ตาลโตนดยังมีสรรพคุณทางยา เช่น ช่อดอกและน้ำตาลโตนด สามารถใช้เป็นยาขับปัสสาวะ ขับพยาธิและแก้ร้อนในได้ ผลตาลแก่คั้นเอาน้ำจากเปลือกผล ใช้ต้มดื่มแก้ไข้ ร้อนในกระหายน้ำหรือใช้แช่น้ำอาบแก้ผดผื่นคัน ก้านตาลหรือทางตาลสดนำมาเผาไฟแล้วคั้นเอาน้ำดื่มสำหรับเป็นยาแก้ท้องร่วง ใบนำมาต้มกับน้ำดื่ม แก้อาการกระสับกระส่ายหลังคลอด แก้อาการท้องร่วง ท้องเสียและช่วยลดความดันโลหิต รากนำมาต้มดื่มแก้ไข้ แก้ร้อนใน กระหายน้ำ แก้ขางเด็ก (สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542; พระสมพงษ์, 2552; สมเกียรติ, 2552) ผลแก่ตาลโตนดประกอบด้วย 3 ชั้น ได้แก่เปลือก (epicarp) มีสีดำ เนื้อสีเหลืองและเส้นใย (mesocarp) และกะลาแข็ง (endocarp) ภายในเมล็ดมีเอนโดสเปิร์มแข็งไม่มีชีวิตเนื้อสีขาวขุ่น เมล็ดมีลักษณะการงอกที่ใบเลี้ยงไม่โผล่ขึ้นมาเหนือผิวดิน (hypogeal germination) เป็นแบบที่เรียกว่า งอกห่างเมล็ด (remote tubular germination) (Meerow, 1990) ภายในเมล็ดประกอบด้วยใบเลี้ยงที่แบ่งเป็น 2 ด้าน คือด้าน distal end จะยังคงอยู่ภายในเมล็ดทำหน้าที่ย่อยแป้ง โปรตีน และกาแลคโตแมนแนน จากเอนโดสเปิร์มมาเก็บไว้จนมีขนาดใหญ่ ขณะเดียวกันยังทำหน้าที่สะสมอาหารให้กับต้นกล้า จึงทำหน้าที่เป็นทั้งแหล่งผลิตและแหล่งที่ใช้ (Ratheesh, 2012) เรียกส่วนนี้ว่าจาวตาล (haustorium) (Pinheiro, 2001) สารพฤกษเคมีของพืชจากธรรมชาติมีบทบาทส่งเสริมสุขภาพและมีฤทธิ์ต่อต้านหรือป้องกันโรคบางชนิด ตัวอย่างของสารพฤกษเคมีที่สำคัญ ได้แก่ แอลคาลอยด์ (alkaloids) มีฤทธิ์ต้านอักเสบและต้านมะเร็ง (พิสมัย, 2548) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic compounds) และฟลาโวนอยด์ (flavonoids) สารกลุ่มนี้มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (พิชญูร, 2549; พิสมัย, 2548; Ghasemzadeh et al., 2010) เพราะเป็นที่ทราบกันดีว่าอนุมูลอิสระเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคภัยไข้เจ็บที่ร้ายแรง เช่น โรคมะเร็ง และโรคหลอดเลือดหัวใจอุดตัน (Phamhuy et al., 2008) และเพิ่มภูมิคุ้มกันให้กับร่างกาย (Ghasemzadeh et al., 2010) เป็นต้น แหล่งของสารต้านออกซิเดชันที่พบมากคือ พืช โดยเฉพาะ ผัก ผลไม้และสมุนไพร (Hwang et al., 2006) ซึ่งการค้นพบชนิดของสารพฤกษเคมีจะสามารถใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการประเมินฤทธิ์ทางชีวภาพอื่นๆ และยังสามารถระบุชนิดของสารที่เป็นองค์ประกอบ การศึกษาพฤกษเคมีในสารสกัด ผลตาลโตนดด้วยน้ำและเมทานอลในสารสกัดด้วยน้ำพบสารแทนนิน ซาโปนิน ฟลาโวนอยด์ คาร์โบไฮเดรต กรดอะมิโน และสารประกอบฟีนอลิก (Pramod et al., 2013) และการศึกษาคุณสมบัติการต้านอนุมูลอิสระในเนื้อผลตาลโตนดด้วยวิธี ABTS•+ และ DPPH• พบว่าการใช้น้ำเป็นตัวทำละลายให้สารต้านอนุมูลอิสระมากกว่าการสกัดด้วยเมทานอล (Mohite et al., 2012) และพบสารต้านอนุมูลอิสระในใบและรากของต้นตาลโตนดเพศเมีย (Kommu et al., 2011) อีกทั้งเมื่อวิเคราะห์แบ่งจากต้นอ่อนตาลโตนด พบว่ามีคุณค่าทางอาหารและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระจึงมีความเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นผลิตภัณฑ์อาหารสุขภาพ (Arunachalam et al., 2011) ตาลโตนดเป็นแหล่งอาหารให้กับประเทศกำลังพัฒนาหลาย ๆ ประเทศ (Ali et al., 2010) และมีการเพาะจำหน่ายในเขตอเมริกาใต้ แอฟริกาตะวันตก อินเดีย ไนจีเรีย และศรีลังกา โดยการนำไปต้ม ย่าง หรือทำให้แห้งแล้วบดเป็นแป้ง แปรรูปเป็นอาหารชนิดต่าง ๆ (Davis and Johnson, 1987) ในประเทศไทยไม่บริโภคต้นกล้างกล่าวแต่บริโภคใบเลี้ยงหรือที่เรียกว่าจาวตาล ชาวจังหวัดเพชรบุรีนิยมนำจาวตาลมาเชื่อมเป็นจาวตาลเชื่อม ซึ่งนับว่าเป็นขนมหวานที่ได้รับความนิยมนำมาบริโภค ใช้ในงานบุญและเป็นของฝากจากเพชรบุรี จาวตาลจึงนับว่าเป็นสินค้าเกษตรที่เป็นพืชเศรษฐกิจของจังหวัดเพชรบุรี การส่งเสริมให้มีการบริโภคจาวตาลเป็นอาหารสุขภาพและมีการพัฒนาการใช้จาวตาลในด้านอาหารมากยิ่งขึ้น รวมไปถึงทำให้มีการวิจัยเพื่อใช้ประโยชน์อย่างหลากหลายมากขึ้น อีกทั้งจะเป็นการช่วยให้พืชชนิดนี้

ยังคงดำรงอยู่ได้ เนื่องจากจาวตาลเป็นส่วนของตาลที่มีความสำคัญต่อเศรษฐกิจ แต่ยังไม่พบงานวิจัยเกี่ยวกับการวิเคราะห์สารพิษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากจาวตาล ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาสารพิษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจากจาวตาล เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปพัฒนาเสริมสร้างคุณค่าทางโภชนาการอาหารและเชิงพาณิชย์ เป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้จาวตาลในด้านอาหารสุขภาพให้มากยิ่งขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดเหลือทิ้งจนนำมาประกอบเป็นอาชีพได้อีกด้วย

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์สารพิษเคมีบางชนิดในสารสกัดจาวตาล
2. เพื่อวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดจาวตาล
3. เพื่อวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาวตาล

ระเบียบวิธีวิจัย

1. เก็บตัวอย่างจาวตาลที่มีความยาวก้านใบเลี้ยง 9-12 นิ้ว จากตำบลสำมะโรง อำเภอมะนัง จังหวัดเพชรบุรี เก็บในช่วงเดือนพฤศจิกายน พ.ศ.2561
2. สถานที่ปฏิบัติงานวิจัยห้องปฏิบัติการเคมี สาขาวิชาเคมี ชั้น1 อาคาร7 และศูนย์วิทยาศาสตร์และวิทยาศาสตร์ประยุกต์
3. เตรียมสารสกัดจาวตาลด้วยตัวทำละลายเมทานอลและน้ำ โดยวิธีการแช่หมักเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้องกรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1
4. ทดสอบชนิดของสารพิษเคมีเบื้องต้น ตามวิธีของ Horbone (1973) และ Trease & Evans (1989) โดยใช้วิธีการทำปฏิกิริยากับน้ำยาเคมีที่จำเพาะต่อกลุ่มสารแต่ละชนิด โดยมีการทดสอบชนิดของสารพิษเคมีเบื้องต้นดังนี้
 - แอลคาลอยด์ทดสอบด้วย Mayer's reagent และWagner's reagent
 - ฟลาโวนอยด์ ทดสอบด้วยแอมโมเนีย(NH_3)และกรดซัลฟิวริก(H_2SO_4)
 - เทอร์ปีนอยด์ ทดสอบด้วยวิธี Salkowski
 - คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ทดสอบด้วยวิธีKeller-Killani
 - ซาโปนิน ทดสอบด้วยการทดสอบโฟม
 - ฟีนอล ทดสอบด้วยเลดอะซิเตด
 - แทนนิน ทดสอบด้วยเฟอร์ริกคลอไรด์(FeCl_3)
 - คาร์โบไฮเดรต ทดสอบด้วยสารละลาย Naphtholและกรดซัลฟิวริก(H_2SO_4)
 - โปรตีน ทดสอบด้วยไบยูเรตรีเอเจนต์
 - สเตียรอยด์ ทดสอบด้วยคลอโรฟอร์มและกรดซัลฟิวริก(H_2SO_4)
 - สเตียรอล ทดสอบด้วยคลอโรฟอร์มและกรดซัลฟิวริก(H_2SO_4)
5. การหาปริมาณฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu ตามวิธีของ Singleton and Rossi (1965) ทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร โดยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์
6. ทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 517 นาโนเมตร โดยใช้เครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ คำนวณหา % Radical Scavenging และ IC_{50}

ผลการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการศึกษาสารพิษเคมี ปริมาณฟีนอลิกและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาวตาล ผลการทดลอง การศึกษาข้อมูลมีดังต่อไปนี้

1. ปริมาณสารสกัดของจาวตาล

การสกัดสารจากจาวตาลด้วยวิธีการแช่หมักในตัวทำละลายน้ำและเมทานอล จากจาวตาลที่มีน้ำหนักเท่ากับ 370 กรัม สารสกัดที่ได้มีลักษณะและปริมาณดังตารางที่ 1.1

ตารางที่ 1.1 ปริมาณสารสกัดของจาวตาล

ตัวทำละลาย	ปริมาณสารสกัด (g)	ผลได้ร้อยละ (% w/v)
น้ำ	20.054	13.37
เมทานอล	20.173	16.14

จากตาราง 1.1 พบว่าสารสกัดเมทานอลมีปริมาณสาร (16.14%) มากกว่าสารสกัดน้ำ (13.37%) แสดงว่าสารส่วนใหญ่ในจาวตาลละลายในเมทานอลได้ดีกว่าน้ำ

2. การทดสอบพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจาวตาล

ในการทดสอบพิษเคมีเบื้องต้นของสารสกัดจาวตาล ได้ทำการทดสอบดังนี้ แอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนิน คาร์โบไฮเดรต โปรตีน สเตียรอยด์และสตีอรอล ได้ผลดังตาราง 1.2

ตารางที่ 1.2 สารพิษเคมีในสารสกัดจาวตาล

สารพิษเคมี	สารสกัด	
	น้ำ	เมทานอล
แอลคาลอยด์	-	+
ฟลาโวนอยด์	-	+
เทอร์ปีนอยด์	+	+
คาร์ดิแอกไกลโคไซด์	-	+
ซาโปนิน	+	+
ฟีนอล	+	+
แทนนิน	+	+
คาร์โบไฮเดรต	+	+
โปรตีน	-	+
สเตียรอยด์	-	-
สตีอรอล	-	-

หมายเหตุ “+ หมายถึง พบสารที่ทดสอบ” “- หมายถึง ไม่พบสารที่ทดสอบ”

จากตารางที่ 1.2 พบว่าในสารสกัดจาวตาลไม่พบสารสเตียรอยด์และสตีอรอลในทุกสารสกัดในสารสกัดน้ำ พบเทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนินและคาร์โบไฮเดรต เนื่องจากให้ผลบวกกับการทดลอง ในสารสกัดเมทานอล พบแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ คาร์ดิแอกไกลโคไซด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนิน คาร์โบไฮเดรตและโปรตีน เนื่องจากให้ผลบวกกับการทดลองสารสกัดจาวตาลทั้งสารสกัดเมทานอล และสารสกัดน้ำพบสารพิษเคมีที่หลากหลายเป็นองค์ประกอบ

3. ผลการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกรวม

การสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก

โดยวิธีของ Folin-Ciocalteu ใช้สารละลายมาตรฐานกรดแกลลิกความเข้มข้น 0.000-0.3600 mg/mL เป็นสารมาตรฐาน จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 nm โดยเครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ จากค่าการดูดกลืนแสงนำไปสร้างกราฟมาตรฐานระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานแกลลิกได้สมการเส้นตรงดังนี้ $y=1.5184x+0.0019$ ($R^2 = 0.9991$) เมื่อนำมาคำนวณหาปริมาณฟีนอลิกรวมของสารสกัดเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิกได้ผลดังตารางที่ 1.3

ตารางที่ 1.3 ปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดจาวตาล

สารสกัดจาวตาล	ปริมาณฟีนอลิกรวม (mgGAE/g สารสกัด)
น้ำ	3.2839±0.1642
เมทานอล	5.8475±0.1618

จากตารางที่ 1.3 พบว่าสารสกัดเมทานอล(5.8475±0.1618 mgGAE/g สารสกัด) มีปริมาณฟีนอลิกรวมมากกว่าสารสกัดน้ำ (3.2839±0.1642 mgGAE/g สารสกัด)

4. การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัด

ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH และรายงานค่าเป็น IC_{50} ซึ่งเป็นค่าที่แสดงถึงความเข้มข้นของสารออกฤทธิ์ที่ทำให้เกิดการยับยั้งอนุมูลอิสระได้ 50% ค่า IC_{50} ของกรดแกลลิกมาตรฐานและของสารสกัดจาวตาลมีค่าแสดงตามตารางที่ 1.4

ตารางที่ 1.4 แสดงค่า IC_{50} ของสารมาตรฐานกรดแกลลิกและสารสกัดน้ำจากจาวตาลและเมทานอล

สารสกัด	IC_{50} (mg/mL)
กรดแกลลิก	0.0013 ±0.2045
น้ำ	27.1760±0.6550
เมทานอล	22.7129±0.4590

สรุปและอภิปรายผล

การตรวจสอบสารฟลักซ์เคมีเบื้องต้นจากสารสกัดแสดงในตารางที่ 1.2 พบว่าสารสกัดเมทานอลจากจาวตาลพบสารแอลคาลอยด์ ฟลาโวนอยด์ เทอร์ปีนอยด์ คาร์ดิออกไลโคไซด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนิน คาร์โบไฮเดรต และโปรตีน และสกัดน้ำจากจาวตาล พบสารเทอร์ปีนอยด์ ซาโปนิน ฟีนอล แทนนิน และคาร์โบไฮเดรต แสดงว่าตัวทำละลายอินทรีย์เมทานอลสามารถสกัดสารจากจาวตาลได้ดีกว่าสารสกัดน้ำ

การวิเคราะห์หาปริมาณฟีนอลิกรวมโดยวิธี Folin-Ciocalteu เทียบกับสารละลายมาตรฐานกรดแกลลิก (0-0.3600 mg/mL) พบว่าสารสกัดเมทานอลจาวตาลมีปริมาณฟีนอลิกรวมสูงที่สุด 5.8475 mg/mL การทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH (2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl) โดยเทียบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระกับกรดแกลลิกเป็นสารละลายมาตรฐาน

(IC₅₀ เท่ากับ 0.0013) พบว่าสารสกัดเมทานอลจากจาวตาลมีค่าต่ำที่สุดที่ค่า IC₅₀เฉลี่ย เท่ากับ 22.71285 mg/mL ซึ่งสอดคล้องกับปริมาณฟีนอลิกรวมที่พบแสดงว่าสารสกัดเมทานอลจากจาวตาลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระได้ดีกว่าสารสกัดน้ำ แต่เมื่อเทียบกับสารมาตรฐานกรดแกลลิกพบว่าสารสกัดน้ำและเมทานอลจากจาวตาลมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่ำกว่ากรดแกลลิกมาตรฐาน ทั้งนี้ในธรรมชาติพืช ผัก ผลไม้ จะมีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกปริมาณแตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยทางด้านพันธุกรรม สิ่งแวดล้อม รวมถึงวิธีการปลูก ระยะเวลาการเก็บ วิธีการเก็บ และกระบวนการแปรรูป (Wangcharoen, 2002) ดังเห็นได้จากการศึกษาของอนรรฆ และคณะ. (2556) ซึ่งวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด และกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระจากจาวตาลที่ได้จากการเพาะเมล็ดและตัดก้านใบเลี้ยงที่ความยาว 9-12 นิ้วออกไปและบ่มเมล็ดงอกเป็นเวลา 0 ถึง 4 เดือน พบว่า ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระลดลงเช่นเดียวกันกับปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ลดลงเมื่อเวลาการบ่มเพิ่มขึ้น แสดงว่าในสารสกัดของจาวตาลนั้นฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระจะแปรผันตามกับปริมาณฟีนอลิกรวม

ข้อเสนอแนะ

ทำให้ทราบถึงชนิดสารพฤกษเคมีเบื้องต้น ปริมาณฟีนอลิกรวม การวิเคราะห์ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจาวตาลเพื่อเป็นแนวทางใช้ประโยชน์ ด้านสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ (bioactivities) อาจนำมาใช้ทดแทนยาแผนปัจจุบันในการป้องกันโรคบางชนิดหรือสารเคมีสังเคราะห์ที่เติมลงในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อหลีกเลี่ยงอันตรายจากการตกค้างของสารเคมีต่างๆ ด้านการพัฒนาเสริมสร้างคุณค่าทางโภชนาการอาหารและเป็นแนวทางในการพัฒนาการใช้จาวตาลในด้านอาหารสุขภาพให้มากยิ่งขึ้นและเป็นการเพิ่มมูลค่าให้กับเมล็ดเหลือทิ้งจนนำมาประกอบเป็นอาชีพได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- เจือจันทร์. ด้านสืบสกุล. 2546. ศึกษาการผลิตอาหารจากตาลโตนดของชาวบ้าน อำเภอสังขละบุรี จังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. มหาวิทยาลัยทักษิณ, สงขลา. 276 หน้า.
- พิสมัย เหล่าภักดิ์. (2548). บทบาทของผลิตภัณฑ์ธรรมชาติในการป้องกันและรักษาแมลง. ศรีนครินทร์เวชสาร 20(3): 180-189.
- พิชญ์ ใหมสุธิสกุล. (2549). การใช้สารประกอบฟีนอลิกของพืชเป็นสารต้านออกซิเดชันวารสารวิชาการมหาวิทยาลัย หอการค้าไทย 26 (3): 222-238.
- สมเกียรติ ชันอ่อน, 2552. การพัฒนาและการผลิตสารสกัดจากไม้พะยอมในรูปแบบผงเพื่อใช้ในกระบวนการผลิตน้ำตาลสด. **ตาลโตนด**. ค้นคว้าจาก <https://puechkaset.com/ตาลโตนด/> สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2562
- สำนักงานการเกษตรจังหวัดสงขลา, 2542. ตาลโตนดสงขลา. ตาลโตนด. ค้นคว้าจาก <https://puechkaset.com/ตาลโตนด/> สืบค้นเมื่อวันที่ 20 ตุลาคม 2562

- อนรรฆ พลชาติ นงนุช วงศ์สินชวัน และสุจริต ส่วนไพโรจน์. (2556). ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ทั้งหมดและกิจกรรมต้านอนุมูลอิสระในจาวตาลที่อายุการบ่มต่างกัน. การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 53
- Ali, A., B. Fadimatou, C. Tchiegang, C. Saidou and M.B. Adji. 2010. Physico-chemical and functional properties of bātchi or hypocotyle axes of *Borassus aethiopum* Mart. *African Journal of Food Science* 10(4): 635-641.
- Arunachalam, K., Saravanan, S. and Parimelazhagan, T. 2011. Nutritional analysis and antioxidant activity of palmyrah (*Borassus flabellifer* L.) seed embryo for potential use as food source. *Food Science and Biotechnology* 1(20): 143-149.
- Davis, T. and D.V. Johnson. 1987. Current utilization and further development of the palmyra palm (*Borassus flabellifer* L., Arecaceae) in Tamil Nadu State, India. *Economic Botany* 2(41): 247-266.
- Ghasemzadeh, A., Jaafar, H.Z.E., and Rahmat, A. (2010). Antioxidant activities, total phenolics and flavonoids content in two varieties of Malaysia young ginger (*Zingiber officinale* Roscoe). *Molecules*, 15:4324-4333.
- Horbone JB: In: *Phytochemical methods*, 2nd Ed. Chapman and Hall, Newyork 1984
- Hwang, H., Chen, T., Nines, R.G., Shin, H.C., Stoner, G.D. (2006). Photochemoprevention of UVB-induced skin carcinogenesis in SKH-1 mice by brown algae polyphenols. *International Journal of Cancer*. 119: 2742-2749.
- Kommu, S, Chiluka, V. L., Gowrishan kar, N.L., Matsyagiri, L., Shankar, M. and Sandhya, S. 2011 Antioxidant activity of methanolic extracts of female *Borassus flabellifer* leaves and roots. *Der Pharmacia Sinica* 2(3): 193-199.
- Meerow, A. W. 1990. Palm seed germination. IFAS Cooperative Extension Bulletin 274: 1-10.
- Mohite, M.S., Yadav A.V., Raje V.N., Mohite, Y.G. and Thombre, S.A. 2012. Preliminary phytochemical investigation and In-Vitro antioxidant activity of *Borassus flabellifer* L. fruit pulp. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry* 4(6): 326-329
- Morton, J.F. 1988 Notes distribution on propagation, and products of *Borassus* palms (Arecaceae). *Economic Botany* 42(3): 420-441.
- Pham-Huy, L.A., He, H., and Pham-Huy, D. (2008). Free radicals, antioxidants in disease and health. *International Journal of Biomedical Science* 4(2): 89-96.
- Pinheiro, C. U. B. 2001. Germination strategies of palm: the case of *Schippia concolor* Burret in Belize. *Brittonia* 53(4): 519-527.
- Pramod, H.J., Yadav, A.V., Raje, V.N., Mohite, M. and Wadker, G. 2013. Antioxidant activity of *Borassus flabellifer* (Linn.) fruits. *Asian Journal of Pharmacy and Technology* 3(1): 16-19.
- Ratheesh C. P. 2012. Physiology and biochemistry of seed development and germination in *Borassus flabellifer* L. Ph.D. Thesis. University of Calicut, India. 174 p.
- Singleton, V.L., and Rossi, Jr.J.A. (1965). Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic-phosphotungstic acid reagents. *American Journal of Enology and Viticulture*, 16: 144-158.
- Trease GE and Evans WC: *Pharmacognosy*, 11th Ed. Bailliere Tindall, London 1989; 45-50.
- Wangcharoen, W. (2002). **Health Benefits of Phenolic Compounds**. *Food Journal*, 32(4), 245-253.

การพัฒนาสีคราม และวิธีการออกซิเดชันสีครามในการย้อมผ้าฝ้าย

สุตกมล ลาโสภา¹, ดวงกมล สุขศรี¹, พัทธรา พรหมสาขา ณ สกลนคร¹, กนกภรณ์ พรหมรัตน์¹

และพนิดา นาคพรมมินทร์¹

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏสกลนคร จังหวัดสกลนคร ประเทศไทย

^a Email: sudkamon2009@hotmail.com

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการหมักใบคราม ชนิดและความเข้มข้นที่แตกต่างกันของสารตกตะกอนในการเตรียมสีครามธรรมชาติ และศึกษาการออกซิเดชันลิโว-อินดิโกในการย้อมผ้าฝ้าย จุดประสงค์ของการศึกษานี้เพื่อปรับปรุงคุณภาพผ้าฝ้ายย้อมสีคราม จากข้อมูลในการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการหมักใบคราม คือเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิเริ่มต้น 10 องศาเซลเซียส และพีเอชเริ่มต้น 7 และใช้สารส้ม ที่ความเข้มข้น 1 % w/v เป็นสารตกตะกอนสำหรับการตกตะกอนสีคราม สีครามที่ได้มีปริมาณอินดิโก 5.41 % w/w และความเข้มข้น 66.12 จากนั้นสีครามที่เตรียมจะนำไปย้อมผ้าฝ้าย พบว่าผ้าฝ้ายหลังย้อมมีโทนสีน้ำเงินเขียว ความสดใส 19.13 และความสว่าง 41.21 ตามลำดับ และเมื่อทดสอบความคงทนของสีต่อการซักล้าง และความคงทนต่อแสงแดดพบว่าอยู่ในระดับดีถึงดีมาก นอกจากนี้ผ้าฝ้ายย้อมสีครามที่มีสารตกตะกอนสารส้มมีสมบัติในการต้านแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Bacillus subtilis positive* ได้อีกด้วย จากการศึกษากระบวนการออกซิเดชัน พบว่าไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1% v/v เป็นตัวออกซิไดส์ที่ดี สำหรับออกซิไดส์ลิโว-อินดิโกบนผ้าฝ้ายไปเป็นอินดิโกภายในเวลา 10 วินาที ซึ่งเปรียบเทียบกับเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ (ประมาณ 30 นาทีหรือมากกว่า) อย่างไรก็ตามผ้าฝ้ายย้อมสีครามหลังออกซิไดส์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีความเข้มข้นสีลดลงเล็กน้อย แต่จะให้ความสว่างและความสดใสเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: สีคราม ลิโว-อินดิโก สารตกตะกอน การออกซิเดชัน

The Development of Indigo Dye and Indigo Oxidation Methods for Dyeing Cotton Fabrics

Sudkamon Lasopha^{1, a}, Duangkamon Sukree¹, Patchara Promsaka na sakonnakhon¹,
Kanokporn Promrat¹ and Panida Nakprommin¹

¹Faculty of Science and Technology, Sakon Nakhon Rajabhat University, Sakon Nakhon, Thailand
E-mail; ^asudkamon2009@hotmail.com

Abstract

This research studied the optimal conditions for fermentation of indigo leaf, types and different concentrations of precipitating agent in natural indigo dye preparation and the oxidation of leuco-indigo in dyeing cotton fabric. The aim of this study was to improve the quality of indigo dyeing cotton fabric. From experimental data, that the condition for fermentation of indigo leaf was 24 hours, initial temperature was 10 degrees Celsius and pH value of 7. And using a 1% w/v of alum as precipitate for precipitating indigo dyes. The obtained data showed that prepare indigo dyes gave percentage of indigo 5.41 % w/w and color intensity 66.12. Then, this indigo was dyed on cotton fabric. Results of the dyeing showed that the color of cotton fabric was blue green, chroma value and lightness value were 19.13 and 41.21, respectively. The test of the color fastness of sunlight and washing was in good and very good level. In addition, indigo dyeing cotton fabric with alum as precipitate also has antibacterial properties, *Escherichia coli* and *Bacillus subtilis*. Investigation of the oxidation process was found that 1% v/v of hydrogen peroxide was a good oxidizing agent for oxidizing the leuco-indigo on cotton fabric back to indigo within 10 seconds, compared to when exposed the oxygen in air (about 30 minutes or more). However, that indigo dyed cotton after oxidizing with hydrogen peroxide has decreased the color intensity but it has increased in both the chroma and the lightness values.

Keywords: indigo dye, leuco-indigo, precipitating agent, oxidation

บทนำ

ฝ้าย้อมสีครามจากธรรมชาติเป็นผลิตภัณฑ์ที่มีชื่อเสียงของจังหวัดสกลนคร จุดเด่นของฝ้าย้อมสีครามอยู่ที่คุณภาพของสี และเทคนิคในการย้อม กระบวนการผลิตฝ้าย้อมสีครามมี 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1) การเตรียมสีคราม เริ่มต้นจากการแช่ใบครามในน้ำ กรองเอากากใบครามออกจะได้สารละลายสีเขียวแกมเหลืองของสารอินดอกซิล นำสารละลายมากรองเพื่อเติมออกซิเจนและเติมสารช่วยตกตะกอน (ส่วนใหญ่ใช้ปูนขาว, ปูนแดง) ตั้งทิ้งไว้จะได้สีครามในรูปแบบของตะกอนเปียกที่ไม่ละลายน้ำ 2) การเตรียมน้ำย้อม เป็นการนำสีครามมารีดิวซ์เพื่อเปลี่ยนเป็นสารลิโค-อินดิโกที่ละลายน้ำได้ โดยทั่วไปใช้วิธีการหมักโดยอาศัยจุลินทรีย์ในสถานะเบส (น้ำต่างจากการเผาไม้สด) หรือใช้สารเคมี ได้แก่ กลูโคส และโซเดียมไดไทโอไนต์ในสถานะเบสสูง 3) การย้อมผ้าฝ้าย โดยนำผ้าฝ้ายลงย้อมในสารลิโค-อินดิโก สารจะดูดซึมเข้าไปในผ้าฝ้าย จากนั้นเมื่อผ้าฝ้ายสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศจะเกิดกระบวนการออกซิเดชัน สารลิโค-อินดิโกบนผ้าฝ้าย จะเปลี่ยนกลับมาเป็นอินดิโกที่ไม่ละลายน้ำ จากกระบวนการผลิตที่กล่าวไว้ข้างต้น จะเห็นได้ว่าในแต่ละขั้นตอนมีความยุ่งยาก ซับซ้อน ต้องอาศัยความชำนาญจึงจะสามารถผลิตผ้าฝ้าย้อมสีครามที่มีคุณภาพได้ ในงานวิจัยนี้สนใจที่จะพัฒนาระบวนการผลิตใน 2 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตอนการเตรียมสีคราม โดยจะศึกษาสภาวะที่เหมาะสม ชนิด และปริมาณสารตกตะกอนเพื่อให้ได้สีครามปริมาณมาก และมีคุณสมบัติที่ดี และในขั้นตอนการย้อมสีครามบนผ้าฝ้าย จะศึกษาสารออกซิไดส์แทนการออกซิไดส์สีครามด้วยออกซิเจนในอากาศ เนื่องจากการออกซิไดส์ด้วยออกซิเจนในอากาศใช้เวลานานมากกว่า 24 ชั่วโมง โดยเฉพาะการย้อมผ้าฝ้ายมัดย้อม ส่งผลให้ผ้าหลังย้อมเกิดรอยด่าง และความคงทนของสีบนผ้าฝ้ายต่ำเนื่องจากผ้าฝ้ายสัมผัสกับน้ำย้อมที่มีฤทธิ์เป็นด่างสูงเป็นเวลานาน ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงคาดหวังให้สามารถผลิตผ้าฝ้าย้อมสีครามที่มีคุณสมบัติที่ดี มีความคงทนของสีต่อการซักล้างหลาย ๆ ครั้ง และมีความคงทนของสีต่อแสงแดดเป็นเวลานาน ทั้งนี้เพื่อให้เกิดการสร้างสรรคงานผลิตภัณฑ์ย้อมสีครามธรรมชาติต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อพัฒนาการเตรียมสีคราม
2. เพื่อพัฒนาวิธีการออกซิไดส์สีคราม

ระเบียบวิธีวิจัย

เครื่องมือ และอุปกรณ์

1. เครื่องวัดสี (color flex spectrophotometer) รุ่น Mini Scan XE Plus ยี่ห้อ Hunterlab ประเทศสหรัฐอเมริกา
2. เครื่องวัดพีเอช (pH meter) รุ่น MP 120 ยี่ห้อ Mettler Toledo ประเทศไทย
3. เครื่องกวนสาร (overhead stirrer) รุ่น Eurostar Power Control Visc ยี่ห้อ IKA ประเทศสหรัฐอเมริกา ใช้

ร่วมกับใบพัดสำหรับกวน และเติมออกซิเจน

4. เครื่องอัลตราโซนิก (ultrasonic) ยี่ห้อ Elma ประเทศเยอรมัน
5. เครื่องปั่นกวนแม่เหล็ก (hotplate and magnetic stirrer) รุ่น C-MAG HS 7 Package ยี่ห้อ IKA ประเทศ

สหรัฐอเมริกา

วัสดุและสารเคมี

6. ใบครามจากต้นครามฝักตรง ปลุกที่อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร
7. ผ้าฝ้าย (cotton fabric) ซื้อจากร้านมยุรี อำเภอเมือง จังหวัดสกลนคร
8. โซเดียมไดไฮโอไนต์ ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_4$) ชนิด AR grade บริษัท Ajax Finechem Pty Limited
9. ไคโตซาน (chitosan) ชนิด commercial grade ห้างหุ้นส่วนจำกัด สีนอุดมเกษตรภัณฑ์
10. สารส้ม ($\text{KAl}(\text{SO}_4)_2 \cdot 12\text{H}_2\text{O}$) ชนิด commercial grade บริษัท Eisen-Golden Laboratories
11. โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) ชนิด AR grade บริษัท RCI Lab scan
12. กรดแอซิดิก (CH_3COOH) ชนิด AR grade บริษัท RCI Lab scan
13. อาหารแข็ง (nutrient agar หรือ NA) และอาหารเหลว (nutrient broth หรือ NB) ชนิด laboratory

reagent grade บริษัท HiMedia Laboratories Pvt.Ltd.

14. ผงซักฟอกมาตรฐาน (ECE reference detergent WOB) ชนิด AR grade ยี่ห้อ Lab Scan
15. ฝ้ายมาตรฐานบลูวูล (blue wool reference) ซื้อจากบริษัท SDC Enterprises Ltd
16. เกรย์สเกล (Grey scale) สำหรับการทดสอบความคงทนต่อการซักล้างและแสงแดด

วิธีดำเนินการศึกษา

1. การเตรียมสีกคราม

1.1 สภาวะที่เหมาะสม ได้แก่ เวลา (12, 24, 36 ชั่วโมง) อุณหภูมิเริ่มต้น (10, 30, 60) และพีเอชเริ่มต้น (4, 7, 10) ในการเตรียมสีกคราม

แช่ใบคราม 1 กิโลกรัมในน้ำ 4 ลิตร ที่อุณหภูมิ และพีเอชต่าง ๆ จากนั้นนำสารละลาย 1.5 ลิตร เติมสารตกตะกอนปูนแดงที่เข้มข้น 2% w/v ปั่นจนที่ความเร็ว 1400 รอบต่อนาที ที่เวลาต่าง ๆ

1.2 ชนิด และปริมาณสารตกตะกอนในการเตรียมสีกคราม

นำสภาวะที่เหมาะสมมาใช้ในการเตรียมสีกคราม ในวิธีการทดลองเดียวกันกับข้อที่ 1.1 โดยเปลี่ยนชนิดและความเข้มข้นของสารตกตะกอน ได้แก่ ปูนขาว ปูนแดง โคโคซาน และสารส้ม ที่ความเข้มข้น 0.5% w/w, 1% w/w, 2% w/w และ 3% w/w

2. การเตรียมน้ำย้อม

ชั่งสีกคราม 10 กรัม โซเดียมไฮดรอกไซด์ 2 กรัม ใส่ขวดรูปชมพู่ เติมน้ำปริมาตร 100 มิลลิลิตร และคนสารให้เข้ากัน ด้วยเครื่องกวนแม่เหล็ก 1 นาที จากนั้นเติมโซเดียมไดไฮโอไนต์ 6 กรัม คนต่อเนื่องอีก 10 นาที ปิดให้สนิทด้วยพาราฟิล์ม ตั้งทิ้งไว้เวลา 4 ชั่วโมง เพื่อให้อินดิโกรีดิวซ์เป็นลิโว-อินดิโกอย่างสมบูรณ์จะได้สารละลายสีเหลือง

3. การย้อมผ้าฝ้ายและการเกิดออกซิเดชัน

นำผ้าฝ้ายที่ผ่านการกำจัดไขมัน ขนาด 10×15 เซนติเมตร จุ่มให้อิ่มตัวในน้ำกลั่น นำไปย้อมในน้ำย้อมปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในขวดรูปชมพู่ ปิดพาราฟิล์ม นำไปเขย่าด้วยเครื่องสั่นแบบคลื่นเสียง เป็นเวลา 30 นาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส นำผ้าฝ้ายออกจากน้ำย้อม ลิโว-อินดิโกจะถูกออกซิไดส์กลับมาเป็นอินดิโก (วิธีการออกซิไดส์ ได้แก่การสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ และการจุ่มลงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1 % v/v, 2% v/v, 3% v/v) จากนั้นเมื่อออกซิไดส์จนเสร็จสมบูรณ์ ให้ล้างผ้าฝ้ายหลังย้อมด้วยน้ำกลั่นจนน้ำล้างไม่มีสี ผึ่งไว้ให้แห้งในอากาศ

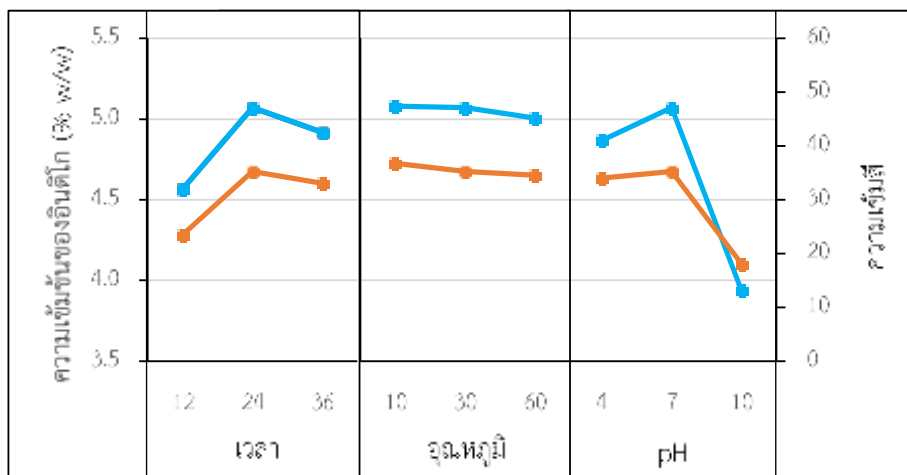
4. การทดสอบคุณสมบัติผ้าฝ้ายหลังย้อม

- 4.1 ความเข้มของสี (K/S), ความสว่างของสี (L*), ความสดใสของสี (C*), และโทนสี (a*,b*) ด้วยเครื่องวัดสี
- 4.2 ความคงทนต่อการซักล้าง ทดสอบตามมาตรฐาน ISO/150/IV-1959
- 4.3 ความคงทนต่อแสงแดด ทดสอบตามมาตรฐาน ISO/R 105-1959
- 4.4 การต้านแบคทีเรียแกรมบวก ได้แก่ *Bacillus subtilis* และแบคทีเรียแกรมลบ ได้แก่ *Escherichia coli* ทดสอบโดยวิธี paper disc diffusion

ผลการวิจัย

3.1 สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมสีกคราม

การวัดความเข้มข้นของอินดิโก และความเข้มสีของสีกคราม พบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการหมักใบคราม คือเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิเริ่มต้น 10 องศาเซลเซียส และพีเอชเริ่มต้น 7 แสดงดังภาพที่ 1

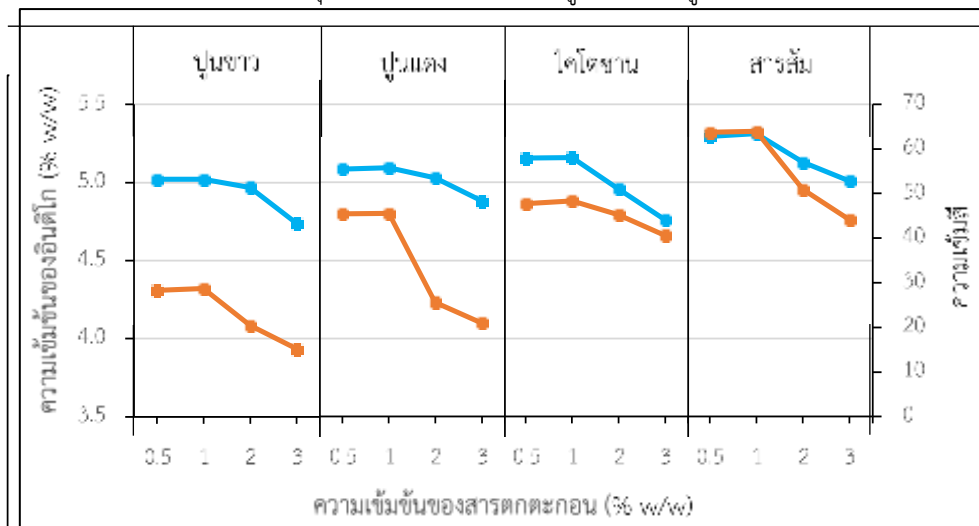


ภาพที่ 1 ความเข้มข้นของอินดิโก และความเข้มสีของสีครามในสภาวะต่าง ๆ ของการหมักใบคราม

● ความเข้มข้นของอินดิโก (% w/w) ● ความเข้มสี

3.2 ชนิด และปริมาณสารตกตะกอนในการเตรียมสีคราม

ปริมาณ 1% w/v ของสารตกตะกอนทุกชนิดเหมาะสมในการตกตะกอนสีคราม โดยที่สารตกตะกอนสารส้มจะให้ปริมาณอินดิโก และความเข้มสีครามมากที่สุด รองลงมาคือโคโคซาน ปูนแดง และปูนขาว ตามลำดับ แสดงดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ความเข้มข้นของอินดิโก และความเข้มสีของสีครามเมื่อใช้ชนิดและปริมาณสารตกตะกอนต่าง ๆ

● ความเข้มข้นของอินดิโก (% w/w) ● ความเข้มสี

3.3 การออกซิเดชันสีครามบนผ้าฝ้าย

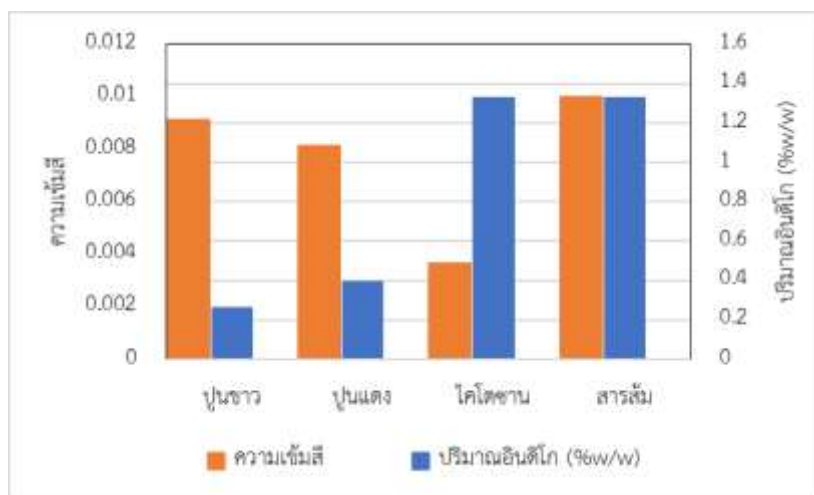
การออกซิไดส์ลิควิด-อินดิโกบนผ้าฝ้ายไปเป็นอินดิโกอย่างสมบูรณ์โดยวิธีการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศใช้เวลา 30-45 นาที ในขณะที่การออกซิไดส์โดยการจุ่มลงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ใช้เวลาสั้นกว่ามากเพียง 8-15 วินาที และจะใช้น้ำน้อยกว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เพิ่มขึ้น แต่จากการทดลองนี้พบว่า 1 %v/v ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ก็เพียงพอต่อการออกซิไดส์ลิควิด-อินดิโก และเมื่อวัดความเข้มสี ความสว่าง และความสดใของผ้าฝ้ายหลังย้อมพบว่า ผ้าฝ้ายหลังย้อมและออกซิไดส์ด้วยสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีความเข้มสีลดลง ค่าความสว่าง และค่าความสดใสเพิ่มมากขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับผ้าฝ้ายหลังย้อมเมื่อออกซิไดส์โดยการสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศ แสดงดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงเวลาในการออกซิไดส์ลิควิด-อินดิโกบนผ้าฝ้ายไปเป็นอินดิโกเมื่อใช้วิธีการออกซิไดส์แบบต่าง ๆ

สารออกซิไดส์	เวลาในการออกซิไดส์	ความเข้มสี (K/S)	ความสว่าง (L*)	ความสดใส (C*)
ออกซิเจนในอากาศ	30-45 นาที	0.009	40.43	18.12
1 %v/v ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	10-15 วินาที	0.004	41.59	19.98
2 %v/v ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	8-15 วินาที	0.004	41.88	19.87
3 %v/v ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์	8-12 วินาที	0.004	42.34	20.02

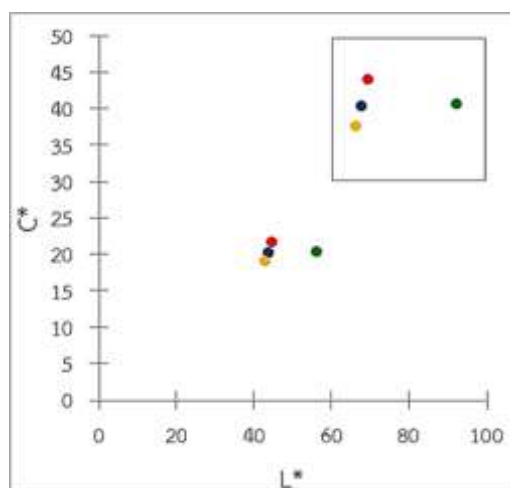
3.4 การทดสอบสมบัติผ้าฝ้ายหลังย้อม

การทดสอบสมบัติของผ้าฝ้ายหลังย้อมด้วยสีครามเมื่อใช้สารตกตะกอนแต่ละชนิด ผลการทดสอบคุณสมบัติ ได้แก่ ความเข้มสี และปริมาณอินดิโกแสดงดังภาพที่ 3 โทนสี ดังภาพที่ 4 ความคงทนของสีต่อการซักล้างและแสงแดด ดังตารางที่ 2 และการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรีย ดังตารางที่ 3



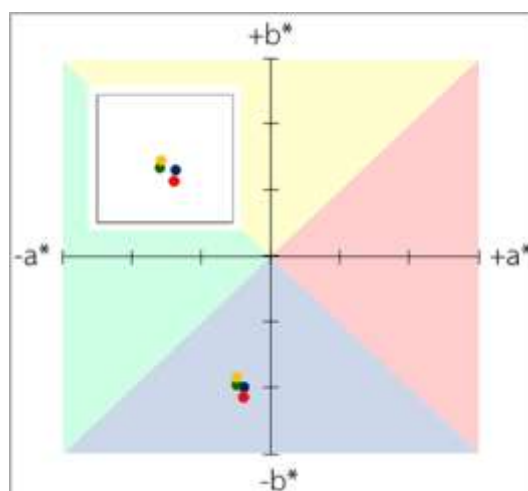
ภาพที่ 3 ความชื้นสัมพัทธ์ (K/S) และปริมาณอินดิโกของผ้าฝ้ายหลังย้อม

จากภาพที่ 3 พบว่าผ้าฝ้ายหลังย้อมใช้สารตกตะกอนสารส้มมีปริมาณอินดิโก และความชื้นสัมพัทธ์สูงที่สุด ในขณะที่ผ้าฝ้ายหลังย้อมใช้สารตกตะกอนโคโตะซานมีปริมาณอินดิโกสูงที่สุด แต่มีความชื้นสัมพัทธ์น้อยที่สุด ส่วนผ้าฝ้ายหลังย้อมใช้สารตกตะกอนปูนขาวและปูนแดงมีความชื้นสัมพัทธ์มากเป็นอันดับสอง และสาม ตามลำดับ ส่วนปริมาณอินดิโกน้อยที่สุด



ภาพที่ 4 ความสดสี (C*) ความสว่าง (L*) ของผ้าฝ้ายหลังย้อม

จากภาพที่ 4 พบว่าผ้าฝ้ายหลังย้อมใช้สารตกตะกอนโคโตะซานมีค่าความสว่างมากที่สุด และผ้าฝ้ายหลังย้อมใช้สารตกตะกอนสารส้ม ปูนขาว และปูนแดงมีค่าความสว่างใกล้เคียงกัน ส่วนค่าความสดสี พบว่าผ้าฝ้ายหลังย้อมใช้สารตกตะกอนทุกชนิดมีค่าใกล้เคียงกัน



● In-CaW ● In-CaR ● In-Ch ● In-KAl

ภาพที่ 5 โทนสี (a* และ b*) ของผ้าฝ้ายหลังย้อม

จากภาพที่ 5 พบว่า ผ้าฝ้ายหลังย้อมสีครามใช้สารตกตะกอนทุกชนิดให้โทนสีของสีน้ำเงินเขียว (ค่า a* เป็นลบแสดงความเป็นสีเขียว ค่า b* เป็นบวกแสดงความเป็นสีน้ำเงิน)

ตารางที่ 2 ความคงทนของสีต่อการซักล้าง และแสงแดด

ผ้าฝ้ายย้อมตะกอนอินดิโก	ความคงทนของสีต่อการซักล้างในครั้งที่ 9	ความคงทนของสีต่อแสงแดดที่ 500 ชั่วโมง
ปูนขาว	3	3/4
ปูนแดง	3	3/4
โคโคซาน	4	4
สารส้ม	3/4	3/4

จากตารางที่ 2 พบว่าผ้าฝ้ายหลังย้อมสีครามใช้สารตกตะกอนโคโคซานมีความคงทนของสีต่อการซักล้างในครั้งที่ 9 และความคงทนของสีต่อแสงแดด 500 ชั่วโมงอยู่ในระดับดี (4 ของเกย์สเกล) เทียบเท่ากับการเปลี่ยนสีผ้าบลูมาตรฐานเบอร์ 6 ซึ่งมีค่าสูงที่สุด รองลงมาผ้าฝ้ายหลังย้อมสีครามใช้สารตกตะกอนสารส้ม (3/4 ของเกย์สเกล) ปูนขาว และปูนแดง

ตารางที่ 3 เส้นผ่านศูนย์กลางของเคลียร์โซนในการทดสอบการต้านเชื้อแบคทีเรียของผ้าฝ้ายย้อมตะกอนอินดิโกเมื่อใช้ชนิดและปริมาณสารตกตะกอนต่างๆ

ชนิดของตะกอน	เส้นผ่านศูนย์กลางของเคลียร์โซน (มิลลิเมตร)			
	<i>Escherichia coli</i>	positive control	<i>Bacillus subtilis</i>	positive control
ปูนขาว	ไม่มี	2.37	ไม่มี	2.10
ปูนแดง	ไม่มี	1.97	ไม่มี	1.53
โคโคซาน	ไม่มี	2.14	ไม่มี	1.85
สารส้ม	1.35	1.74	1.35	1.84

จากตารางที่ 3 พบว่าผ้าฝ้ายย้อมด้วยตะกอนอินดิโกที่ใช้สารตกตะกอนสารส้มมีเคลียร์โซนกับการทดสอบกับแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Bacillus subtilis* ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง เท่ากับ 1.35 มิลลิเมตร

สรุปและอภิปรายผล

สภาวะที่เหมาะสมในการหมักไบโอคราม คือเวลา 24 ชั่วโมง อุณหภูมิเริ่มต้น 10 องศาเซลเซียส พีเอชเริ่มต้น 7 และในการเตรียมสีครามใช้สารส้มที่ความเข้มข้น 1 % w/v เป็นสารตกตะกอนจะได้สีครามที่มีปริมาณอินดิโก และความเข้มข้นสูงสุดเมื่อเปรียบเทียบกับสารตกตะกอนชนิดอื่น จากนั้นเมื่อนำไปย้อมผ้าฝ้ายจะให้ผ้าฝ้ายหลังย้อมมีโทนสีน้ำเงินเขียว มีค่าความสดสี และความสว่างปานกลาง ความคงทนของสีต่อการซักล้าง และแสงแดดอยู่ในระดับดี อภิปรายได้ว่าโมเลกุลของสารส้มเมื่อละลายน้ำจะแตกตัวเป็นอลูมิเนียมไฮดรอกไซด์ และซัลเฟตไอออนล้อมรอบเกิดอันตรกิริยายึดติดกับอินดิโก และเมื่อย้อมบนผ้าฝ้าย ทั้งโมเลกุลของสารส้มและโมเลกุลของอินดิโกต่างก็สามารถเกิดอันตรกิริยากับโมเลกุลของผ้าฝ้ายได้ ทำให้สีครามที่มีสารส้มเป็นสารตกตะกอนยึดติดบนผ้าฝ้ายได้ดี และยังมีสมบัติในการต้านแบคทีเรีย *Escherichia coli* และ *Bacillus subtilis* จากการศึกษาการออกซิไดส์ลิวโค-อินดิโกบนผ้าฝ้ายไปเป็นอินดิโก พบว่าการใช้สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ความเข้มข้น 1% v/v จะสามารถออกซิไดส์ลิวโค-อินดิโกได้อย่างสมบูรณ์ภายในเวลา 10 วินาที ซึ่งเวลาที่ใช้น้อยมากเมื่อเปรียบเทียบกับเมื่อสัมผัสกับออกซิเจนในอากาศซึ่งจะใช้เวลามากถึง 30 นาทีหรือมากกว่า ทั้งนี้เนื่องจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์มีคุณสมบัติเป็นสารออกซิไดส์ที่ดีเมื่อเปรียบเทียบกับออกซิเจนในอากาศ แต่อย่างไรก็ตามผ้าฝ้ายย้อมสีครามหลังออกซิไดส์ด้วยไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์จะมีความเข้มข้นสีลดลงเล็กน้อย แต่จะให้ความสว่างและความสดสีเพิ่มขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ควรมีการส่งเสริมให้ผลงานวิจัยสามารถต่อยอดลงสู่ชุมชนได้อย่างมีประสิทธิภาพเพื่อเพิ่มมูลค่า และลดต้นทุนการผลิตให้กับผลิตภัณฑ์ผ้าคราม

เอกสารอ้างอิง

Kim, Ji-Hee. (1998). **Traditional Dyeing Process with Natural Indigo in Korea**. Revival Natural Indigo dye. Sept. 20-29.

Soun Jung, J. (2017). **Dyeing Properties and Functionality of Cotton and Silk Dyed With Fermented Indigo and Fresh Indigo**. Proceedings of Academics World 72nd International Conference, Seoul, South Korea, 18th-19th July.

VR Giri Dev, J Venugopal, S Sudha, G Deepika and Seeram Ramakrishna. (2009). **Dyeing and antimicrobial characteristics of chitosan treated wool fabrics with henna dye**. Journal of Elsevier, 14, 646-650.