

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ Thaksin University Journal

ปีที่ 19 ฉบับที่ 2
Vol.19 No.2

กรกฎาคม - ธันวาคม 2559
July-December 2016



ISSN 0859-9807

บทความวิชาการ (Articles)

1. การผลิตเอทานอลและการนำของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลไปใช้ประโยชน์
โอภาส ชูบุตร Aophat Choonut, กนกพร สังขรักษ์ Kanokphorn Sangkharak..... 1

บทความวิจัย (Research Articles)

2. ผลของการนั่งเก้าอี้และการแช่เท้าในน้ำอุ่นต่อปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพของผงชิง
ทวีภรณ์ ศิริคช Thaweepon Keereekoch, ธวัชชัย ศรีสุวรรณ Thawatchai Srisuwan,
สุวณี ปฏิมินทร์ Suwanee Patimin, รุชมานีย์ ขุนแผน Rusmanee Khunphan, อนิศา ยาทยาพันธ์ Anisa Yayaman,
ฮันนา ดินเตบ Hanna Dinteb, สนั่น ศุภธีรสกุล Sanan Subhadhirasakul..... 9
3. ใบไม้กรีดยางสำหรับเครื่องกรีดยางอัตโนมัติ
นริศรา มหัทธนนวงศ์ Narissara Mahathaninwong, เสียรศักดิ์ ชูชีพ Thiensak Chucheepon,
นงเยาว์ เมืองดี Nongyao Muangdee, ภูริวัฒน์ เพ็ชรนิคม Phuriwat Petnikom,
อนุพงษ์ สุวรรณมณี Anupong Suwanmanee, เอกพัฒน์ ช่วยเมือง Akkapat Chuaymeung..... 23
4. การย่อยสลายของซากพืช และการปลดปล่อยธาตุอาหาร ในป่าชุมชนบ้านหนองหิน อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง
อาณัฐ ศิริรัตนนิคม Anut Kirirattnikom, สุภาภา ศิริรัตนนิคม Suphada Kirirattnikom,
ทิพย์ทิพา สัมพันธ์มิตร Tiptiwa Sumpunthamit..... 33
5. การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการประยุกต์ใช้ดูดซับตะกั่วของถ่านกัมมันต์ไฟดงลิ้มแล้ง
ลักขณา โชติธรรม Lakana Chotitham, พนิดา สumanะตระกูล Panita Sumanatrakul,
พนิดา กังซุ่น Panita Kongsune..... 43
6. การพัฒนาวิธีเตรียมผงโพลีที่มีคุณภาพตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย
ธวัชชัย ศรีสุวรรณ Thawatchai Srisuwan, ทวีภรณ์ ศิริคช Thaweepon Keereekoch,
อิซยาน จีเกษม Izyan Chikasem, อัสมะ ดาโอ Asma Da-o, มูร์นิ สาแลแม Murnee Salaemae,
อัสลัมนา สาและ Aslamna Saleh, สนั่น ศุภธีรสกุล Sanan Subhadhirasakul..... 53
7. การพัฒนาระบบสารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล
ทวิสินธุ์ ตั้งแข่ง Taweasin Tungseong, วาริชต์ มัธยมบุรุษ Warach Matthayomburut,
พัจนัฏฐา ศรีสมพงษ์ Phatpitta Sreesoompong..... 67
8. อิทธิพลของสารละลายโคลิซินต่อการเพิ่มจำนวนโครโมโซมของมะพร้าวแก้ว (Molineria sp.)
กานต์ธิดา บุญลอย Kantida Boonloy, จารุวัตร จันทร์ประดิษฐ์ Charuvat Chanpradit,
ศุภชัย นิติพันธ์ Supachai Nitipan..... 81
9. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการรักษาโรคกระดูกของสตรีในอำเภอลี้หอนคร จังหวัดสงขลา
เทพกร พิทยาภินันท์ Teppagone Pittayapinune, ฤดีดาว ช่างสาน Ruedidao Changsan,
สมมาศ วิลประสงศ์ Sommart Wilaiprasong 89
10. ประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาครในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง
วัฒนณรงค์ มากพันธ์ Wattananarong Markphan, สุริยะ จันทร์แก้ว Suriya Chankaew, อดุม ทิพย์รักษ์ Udom Tiprug... 99

รูปแบบวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

ชื่อวารสาร	วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ (Thaksin University Journal)	
เจ้าของ	มหาวิทยาลัยทักษิณ	
ที่ปรึกษา	อธิการบดี (รศ.ดร.วิชัย ชำนิ)	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รองอธิการบดี (รศ.เกษม อัสวตธีรัตน์กุล)	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผู้อำนวยการสถาบันวิจัยและพัฒนา (ผศ.ดร.พรพันธุ์ เขมคุณาศัย)	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
บรรณาธิการ	รศ.ดร.นิคม ชูศิริ	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
กองบรรณาธิการ	ศ.ดร.จรัญ จันทลักขณา	(มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
	ศ.ดร.วิสุทธิ์ ไปไม้	(มหาวิทยาลัยมหิดล)
	ศ.ดร.สุทัศน์ ยกส้าน	(มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ)
	ศ.ดร.วัชรินทร์ รุกขไชยศิริกุล	(มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
	ศ.ดร.สุทนต์ เบญจกุล	(มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์)
	ศ.ดร.สุรินทร์ เศรษฐมานิต	(จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย)
	ศ.ดร.สมจิตต์ สุพรรณทัศน์	(มหาวิทยาลัยมหาสารคาม)
	รศ.ดร.ครรชิต มัลลียงค์	(สภากิจแห่งชาติ)
	รศ.ดร.หิรัญญา เพชรมั่ง	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.นกุล อินทระสังขา	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	ผศ.ดร.กรวิภา ก้องกุล	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	รศ.ดร.บุญญพัฒน์ ไชยเมล์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	อ.ดร.ศิริรัตน์ สีนประจักษ์ผล	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
กองจัดการ	นางสาวอรกมล ไกรวงศ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสุมาลี จันทร์ผลึก	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวพิมพ์ผดุงดา มณีวงศ์	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
	นางสาวขวัญใจ นิมดวง	(มหาวิทยาลัยทักษิณ)
วัตถุประสงค์	1. เพื่อเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการ สาขาวิชาสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ 2. เป็นสื่อประชาสัมพันธ์ข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย 3. เพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ความคิดที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย	
กำหนดการออก	ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม – มิถุนายน และ กรกฎาคม – ธันวาคม)	
จำนวนพิมพ์	300 ฉบับ	
รูปแบบเล่ม	ขนาด B5 (8 หน้ายก) ประมาณ 10 ยก ปกอาร์ตมัน 210 แกรม พิมพ์ 2 สี เคลือบ UV เนื้อในใช้กระดาษปอนด์ 80 แกรม หรือ กระดาษนิวเอช 105 แกรม พิมพ์สีเดียว 9 ยก และสอดสี 1 ยก	
การเผยแพร่	จัดจำหน่ายและสมัครสมาชิก มอบเป็นอภินันทนาการแก่ห้องสมุดของหน่วยงานรัฐและเอกชน สถาบันการศึกษา	
การบอกรับเป็นสมาชิก	ค่าสมาชิก ปีละ 200 บาท แจ้งชื่อที่อยู่พร้อมธนาคาหรือเช็คไปรษณีย์ส่งจ่าย บรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ที่ทำการไปรษณีย์ป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210	
การติดต่อ	กองจัดการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ วิทยาเขตพัทลุง อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210 โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7242 โทรสาร 0-7460-9655 E-mail Address: research.tsu@gmail.com	
โรงพิมพ์	ดาวฟิล์ม วีดีโอ กราฟฟิค 325/4 ถ.สาครมงคล 2 ต.หาดใหญ่ อ.หาดใหญ่ จ.สงขลา 90110 โทรศัพท์/โทรสาร 0 7425 8243/ 081 6095695 E-mail : dowfilm2012@hotmail.com	

บรรณาธิการแถลง

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณฉบับนี้ เป็นวารสารปีที่ 19 ฉบับที่ 2 (ประจำเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2559) มีเนื้อหาสาระที่น่าสนใจ ประกอบด้วยบทความวิชาการและบทความวิจัย สาขาวิชาสหวิทยาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี จำนวน 10 เรื่อง คณะทำงานประจำกองบรรณาธิการขอขอบคุณเจ้าของบทความทุกท่านที่ได้กรุณาส่งบทความวิจัยมาลงตีพิมพ์ในวารสารฉบับนี้ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิเป็นอย่างสูงที่เสียสละเวลาอันมีค่ายิ่งในการกลั่นกรองพิจารณาแก้ไขงานเขียนดังกล่าวเพื่อนำเสนออ่านสำหรับผู้สนใจที่จะเผยแพร่ผลงานทางวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีผ่านวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณไม่ว่าจะเป็นบุคคลภายในและบุคคลภายนอกมหาวิทยาลัยทักษิณ สามารถส่งบทความของท่านมายังกองบรรณาธิการ ทางกองบรรณาธิการยินดีจะเผยแพร่ผลงานของท่านเมื่อผ่านการพิจารณาของผู้ทรงคุณวุฒิ ขอขอบคุณผู้อ่านทุกท่านที่ติดตามความเคลื่อนไหวทางวิชาการผ่านวารสารฉบับนี้ หากมีข้อคิดเห็น โปรดเสนอแนะ และชี้ข้อบกพร่องต่างๆ ของวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ทางกองบรรณาธิการขอน้อมรับไปปรับปรุงในการพิมพ์ครั้งต่อไป และขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

รองศาสตราจารย์ ดร.นิคม ชูศิริ
บรรณาธิการประจำฉบับ

บทความวิชาการ (Articles)

1. การผลิตเอทานอลและการนำของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลไปใช้ประโยชน์
The Production of Ethanol and the Utilization of Wastes from Ethanol Industry
โอภาส ชูบุตร Aophat Choonut, กนกพร สังขรักษ์ Kanokphorn Sangkharak..... 1

บทความวิจัย (Research Articles)

2. ผลของการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตต่อปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพของผงขิง
Effects of Steam Sterilization and Potassium Permanganate Soak on Microbial Load and Quality of Ginger Powder
ทวีภรณ์ ศิริคช Thaweeporn Keereekoch, ธวัชชัย ศรีสุวรรณ Thawatchai Srisuwan, สุวณี ปฏิมินทร์ Suwanee Patimin, รุขมานีย์ ขุนแผน Rusmanee Khunphan, อนิศา ยาหาหมัน Anisa Yayaman, ฮันนา ดินเตบ Hanna Dinteb, สนั่น ศุภธีรสกุล Sanan Subhadhirasakul..... 9
3. ใบมีดกรีดยางสำหรับเครื่องกรีดยางอัตโนมัติ
Rubber Tapping Blades for Automatic Rubber Tapping Machine
นริศรา มหาธินวงศ์ Narissara Mahathaninwong, เขียวศักดิ์ ชูชีพ Thiensak Chuchee, นงเยาว์ เมืองดี Nongyao Muangdee, ภูริวัฒน์ เพ็ชรนิคม Phuriwat Petnikom, อนุพงษ์ สุวรรณมณี Anupong Suwanmanee, เอกพัฒน์ ช่วยเมือง Akkapat Chuaymeung..... 23
4. การย่อยสลายของซากพืช และการปลดปล่อยธาตุอาหาร ในป่าชุมชนบ้านหนองถิน อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง
Litter Decomposition and Nutrient Release in Ban Nong-Tin Community Forest, Phapayom District, Phatthalung Province
อานูช ศิริรัตนนิคม Anut Kiratnikom, สุภาภา ศิริรัตนนิคม Suphada Kiratnikom, ทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร Tiptiwa Sumpunthamit..... 33
5. การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการประยุกต์ใช้ดูดซับตะกั่วของถ่านกัมมันต์ไผดงลิ้มแล้ง
Preparation, Characterization and Application for Lead Adsorption of Dendrocalamus Asper Backer Bamboo Activated Carbon
ลักขณา โชติธรรม Lakana Chotitham, พนิดา สุมานะตระกูล Panita Sumanatrakul, พนิดา กังซุ่น Panita Kongsune..... 43
6. การพัฒนาวิธีเตรียมผงโพลที่มีคุณภาพตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย
Development of the Preparation Methods for Qualified Cassumunar Ginger Powder based on Thai Herbal Pharmacopoeia Standards
ธวัชชัย ศรีสุวรรณ Thawatchai Srisuwan, ทวีภรณ์ ศิริคช Thaweeporn Keereekoch, อิชยาน จิเกษม Izyan Chikasem, อัสมะ ดาโอะ Asma Da-o, มูร์ณี สาแลม Murnee Salaemae, อัสลัมนา สาเลห์ Aslamna Saleh, สนั่น ศุภธีรสกุล Sanan Subhadhirasakul..... 53
7. การพัฒนาระบบสารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล
System Development of Community-Based Tourism Network of Satun Province
ทวีสินธุ์ ตั้งแข่ง Taweelin Tungseeng, วารัชต์ มัธยมบุรุษ Warach Matthayomburut, พัทธพิตตา ศรีสมพงษ์ Phatpitta Sreesoompong..... 67
8. อิทธิพลของสารละลายโคลชิซินต่อการเพิ่มจำนวนโครโมโซมของมะพร้าวานกลุ่ม (*Molineria* sp.)
Effects of Colchicine on Change in Chromosome Number of *Molineria* sp.
กานต์ธิดา บุญลอย Kantida Boonloy, จารุวัตร จันทร์ประดิษฐ์ Charuvat Chanpradit, ศุภชัย นิตินันท์ Supachai Nitipan..... 81
9. ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีในอำเภอลำสนธิ จังหวัดสงขลา
Factors Affected the Decision for Cervical Cancer Screening among Women in Singhanakhon District, Songkhla Province
เทพกร พิทยาภินันท์ Teppagone Pittayapinune, ฤดีดาว ช่างสาน Ruedidao Changsan, สมมาศ วิลประสงศ์ Sommart Wilaprasong 89
10. ประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาเกในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง
An Economic Evaluation of the Direct Use of Sago Palm in Phatthalung Province and Trang Province
วัฒนณรงค์ มากพันธ์ Wattananarong Markphan, สุริยะ จันทร์แก้ว Suriya Chankaew, อดุม ทิพย์รักษ์ Udom Tiprug... 99

การผลิตเอทานอลและการนำของเสีย
จากอุตสาหกรรมเอทานอลไปใช้ประโยชน์
The Production of Ethanol and the Utilization
of Wastes from Ethanol Industry

โอภาส ชูบุตร¹ และกนกพร สังขรักษ์^{2*}
Aophat Choonut¹ and Kanokphorn Sangkharak^{2*}

บทคัดย่อ

น้ำมันเชื้อเพลิงเป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ในปัจจุบันประเทศไทยมีความต้องการใช้น้ำมันเชื้อเพลิงในปริมาณที่มากขึ้น ส่งผลให้ราคาน้ำมันเชื้อเพลิงเพิ่มสูงขึ้น ปริมาณของน้ำมันดิบจากธรรมชาติก็ลดน้อยลง ดังนั้นการหาพลังงานทดแทนจึงเป็นเรื่องที่จำเป็นอย่างเร่งด่วน เอทานอลเป็นพลังงานทดแทนรูปแบบหนึ่งที่มีความนิยมสูง กระบวนการผลิตเอทานอลเกิดจากการหมักวัตถุดิบประเภทพืช หรือผลพลอยได้จากอุตสาหกรรม การผลิตเอทานอลส่วนใหญ่ใช้วัตถุดิบภายในประเทศ เช่น กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง เอทานอลสามารถนำมาใช้เป็นเชื้อเพลิงทดแทนน้ำมันเบนซินหรือดีเซลได้ ประโยชน์ของการใช้เอทานอล จะช่วยลดการนำเข้าน้ำมันดิบจากต่างประเทศ และช่วยเพิ่มรายได้ให้กับเกษตรกร อย่างไรก็ตาม การผลิตเอทานอลจะเกิดปัญหาการจัดการของเสียจากกระบวนการผลิต เช่น ฟิวเซลอยล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเสีย (น้ำกากส่า) แต่จากการรวบรวมข้อมูลพบว่า ของเสียเหล่านี้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ เช่น น้ำเสียนำมาผลิตก๊าซมีเทน และกรดแลคติกได้ เป็นต้น บทความวิชาการนี้ได้รวบรวมข้อมูลตั้งแต่กระบวนการผลิตเอทานอล และการนำของเสียจากกระบวนการผลิตไปใช้ประโยชน์ เพื่อส่งเสริมให้เกิดความยั่งยืนในกระบวนการผลิตเอทานอล และลดปัญหาสิ่งแวดล้อมที่จะเกิดขึ้นจากของเสียดังกล่าว

คำสำคัญ: น้ำกากส่า น้ำเสีย ฟิวเซลอยล์ เอทานอล

¹ นิสิตบัณฑิตศึกษา สาขาวิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² รศ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

* Corresponding author: e-mail: skanokphorn@yahoo.com Tel./Fax: 0-76-609-634

Abstract

Fuel has become one of the key energy strategies in many countries because of its economic indicator. Nowadays, the demand of energy in Thailand is increasing day by day. However, fossil fuels and non-renewable sources such as natural gas, oil and coal have been highly priced and rapidly consumed. Therefore, sustainable energy is urgently required. Ethanol, the most well - known alternative energy, is being used in various countries. Normally, ethanol is generated from biomass and industrial wastes. However, molasses and cassava are the main sources of ethanol production in Thailand. Ethanol is a renewable fuel which can replace fossil fuels and reduce fossil fuel imports. Even though the bioethanol process produces unpleasant wastes such as fusel oil, CO_2 and liquid stillage, the waste from the bioethanol process can be re-utilized to make valuable product such as methane and lactic acid production from wastewater. This study reported the process of bioethanol, wastes and the utilization of wastes from the bioethanol process as a way of reducing environmental impacts and seeking powerful approaches for bioethanol sustainability.

Keywords: Liquid Stillage, Waste Water, Fusel Oil, Ethanol.

อุตสาหกรรมเอทานอล

อุตสาหกรรมเอทานอลเป็นอุตสาหกรรมที่สำคัญ นอกจากจะเป็นการสร้างแหล่งพลังงานของประเทศเพื่อทดแทนพลังงานส่วนหนึ่งที่ต้องนำเข้าแล้วการผลิตเอทานอลจากวัตถุดิบทางการเกษตรของประเทศไทย เช่น อ้อย และมันสำปะหลัง ยังนับว่าเป็นการสร้างเสถียรภาพของราคาสินค้าทางการเกษตรของประเทศไทยด้วย ซึ่งจะมีส่วนช่วยเสริมสร้างความมั่นคงทางเศรษฐกิจให้กับเกษตรกร ข้อมูลการใช้พลังงานของประเทศจากกระทรวงพลังงานในปี พ.ศ. 2550 พบว่า การใช้พลังงานภาคขนส่งปัจจุบัน คิดเป็น 37 เปอร์เซ็นต์ของการใช้พลังงานทั้งหมด โดยมีมูลค่ารวมเท่ากับ 380,000 ล้านบาท ซึ่งส่วนใหญ่เป็นค่าน้ำมันเชื้อเพลิงนำเข้าจากต่างประเทศ เอทานอลในประเทศไทยมีจุดเริ่มต้นที่ภาคเกษตรกรรม โดยวัตถุดิบที่สำคัญได้แก่ กากน้ำตาล หรือมันสำปะหลังในรูปมันสด หรือมันเส้นและยีสต์ [1] ส่วนสารเคมีที่จำเป็น ได้แก่ โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH) กรดซัลฟูริก (H_2SO_4) ไดแอมโมเนียมฟอสเฟต $[(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4]$ แอมโมเนียมซัลเฟต $[(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4]$ ยูเรีย (NH_2CONH_2) เอนไซม์แอลฟา-อะไมเลส (α -amylase) เอนไซม์กลูโคอะไมเลส (Glucoamylase) และสารลดการเกิดฟอง

กรรมวิธีการผลิต และเครื่องจักรที่สำคัญ

การผลิตเอทานอลมี 2 วิธีการหลักๆ คือ

(1) การสังเคราะห์โดยใช้วัตถุดิบเป็นสารเคมีคือ เอทิลีน (Ethylene) จะเรียกว่า เอทานอลสังเคราะห์ (Synthetic ethanol) ข้อดีของวิธีการนี้คือ ปฏิกิริยาเกิดขึ้นได้รวดเร็วและให้ความถูกต้องที่สามารถคำนวณได้อย่างใกล้เคียงหรือแน่นอน และผลิตภัณฑ์ที่ได้มีความบริสุทธิ์ค่อนข้างสูง สำหรับข้อเสียของวิธีการนี้ จำเป็นต้องใช้สารเคมีที่จำเพาะทำให้มีราคาค่อนข้างสูง และทำให้เกิดสารเคมีตัวอื่นปนเปื้อนในระหว่างการผลิตเอทานอลที่ได้จากกระบวนการนี้จึงไม่สามารถใช้ในการบริโภคได้ [2]

(2) การสังเคราะห์ทางชีวภาพ (การหมัก) โดยใช้วัตถุดิบทางการเกษตรที่มีแป้ง น้ำตาลหรือเส้นใย เป็นแหล่งคาร์บอนให้แก่จุลินทรีย์ได้ผลผลิตเป็นไบโอเอทานอล (Bio-ethanol) ในประเทศไทยโรงงานผลิตเอทานอลจะใช้วิธีการหมัก

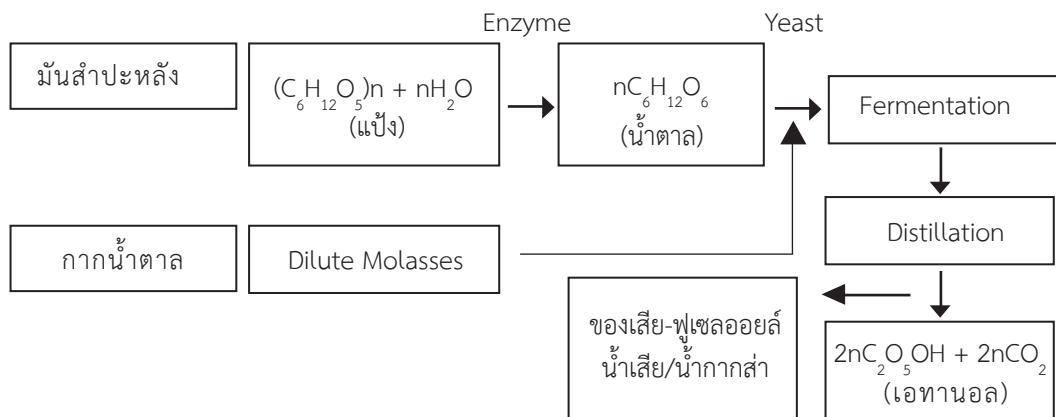
โดยใช้วัตถุดิบหลักอยู่ 2 ชนิดคือ กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง กรรมวิธีการผลิตมีขั้นตอนหลักที่คล้ายคลึงกันคือ การจัดเตรียมวัตถุดิบ การแปลงวัตถุดิบให้เป็นน้ำตาล การหมัก การกลั่นและการเพิ่มความบริสุทธิ์ ข้อดีของวิธีการนี้คือ วัตถุดิบที่จะนำมาใช้ในวิธีการนี้สามารถหาได้ง่าย เนื่องจากเป็นวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรและมีราคาต่ำ สำหรับข้อเสียคือ กระบวนการสังเคราะห์จะเกิดขึ้นอย่างช้าๆ อีกทั้งถ้าต้องการผลผลิตในปริมาณมากจำเป็นต้องใช้ระบบการผลิตขนาดใหญ่ ทำให้เพิ่มต้นทุนที่สูงขึ้น และถ้าวัตถุดิบที่จุลินทรีย์ไม่สามารถใช้ได้โดยตรงต้องทำการปรับสภาพเสียก่อน ซึ่งทำให้ยุ่งยากและเสียค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้น [2]

การเตรียมวัตถุดิบ สำหรับมันสำปะหลังจะเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงให้เป็นน้ำตาลก่อนเข้าสู่กระบวนการหมัก การย่อยแบ่งแบ่งออกเป็น 2 ขั้นตอน คือ การย่อยแบ่งให้เหลวก่อน (Liquefaction) ได้เป็นเดกซ์ทริน (Dextrin) แล้วจึงย่อยอีกครั้งให้ได้น้ำตาล (Saccharification) แล้วจึงเข้าสู่กระบวนการหมักโดยใช้ยีสต์ ส่วนการใช้กากน้ำตาลเป็นวัตถุดิบต้องผ่านการปรับสภาพวัตถุดิบก่อนเข้าสู่การหมักโดยการเติมกรดกำมะถัน เพื่อให้สิ่งเจือปนตกตะกอนและแยกออกโดยผ่านเครื่องแยกตะกอน (Decanter) จากนั้นจึงเจือจางกากน้ำตาลที่ผ่านการแยกสิ่งเจือปนแล้วกับน้ำร้อนในถังผสมเพื่อให้มีภาวะที่เหมาะสมสำหรับการเลี้ยงยีสต์และการหมักต่อไป

การหมัก ขั้นนี้เป็นการเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์โดยใช้ยีสต์ จะได้แอลกอฮอล์ที่มีความบริสุทธิ์ประมาณ 8-10 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร และคาร์บอนไดออกไซด์ ในทางปฏิบัติมีน้ำตาล ประมาณ 95 เปอร์เซ็นต์เท่านั้นที่เปลี่ยนเป็นเอทานอลส่วนที่เหลือยีสต์จะใช้ในการเจริญและสร้างสารอื่น ได้แก่ คาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) อะเซทิลดีไฮด์ ($\text{C}_2\text{H}_4\text{O}$) กรดอะซิติก (CH_3COOH) กลีเซอริน [$\text{C}_3\text{H}_5(\text{OH})_3$] กรดแลกติก ($\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_3$) กรดซัคซินิก ($\text{C}_4\text{H}_6\text{O}_4$) ฟิวเซลอยล์ (Fusel Oil) และเฟอฟูรอล ($\text{C}_5\text{H}_4\text{O}_2$) อีกเล็กน้อย

การกลั่น ประกอบด้วยการกลั่น 2 ครั้ง การกลั่นครั้งแรกได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร สำหรับในการกลั่นครั้งที่สองเพื่อเพิ่มความบริสุทธิ์ของแอลกอฮอล์ให้ได้ประมาณ 93-95 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร

การเพิ่มความบริสุทธิ์ หรือการแยกน้ำจะทำโดยผ่านเอทานอลเข้าสู่เครื่องดูดความชื้นทำให้ได้เอทานอลความเข้มข้นประมาณ 99.5 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ซึ่งเป็นความเข้มข้นสำหรับใช้เป็นเชื้อเพลิง หลังจากนั้นเอทานอลจึงถูกส่งไปเก็บยังถังกักเก็บขนาดใหญ่โดยใช้ก๊าซไนโตรเจนหล่ออยู่บนผิวหน้าของเอทานอล เพื่อป้องกันเอทานอลดูดความชื้นในอากาศเหนือผิวหน้าในถังกักเก็บและส่งผลต่อคุณภาพของเอทานอล กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาลและมันสำปะหลัง รวมทั้งผลผลิต และของเสียที่เกิดขึ้น ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กระบวนการผลิตเอทานอลจากกากน้ำตาล และมันสำปะหลัง รวมทั้งผลผลิต และของเสียที่เกิดขึ้น

เทคโนโลยีการผลิตเอทานอลในปัจจุบัน

(1) “BIOSTIL” เป็นเทคโนโลยีการผลิตที่พัฒนาโดย Alfa-Laval AB. ประเทศสวีเดน จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ใช้ยีสต์สายพันธุ์พิเศษ *Schizosaccharomyces pombe* ซึ่งสามารถใช้กากน้ำตาลที่ความเข้มข้นสูง 40-45°Brix ได้ ซึ่งความเข้มข้นน้ำตาลสูงจะทำให้เกิดการปนเปื้อนของเชื้ออื่นได้น้อย ซึ่งภายหลังการหมักสิ้นสุด สารละลายที่ได้ จะผ่านเข้าเครื่องเหวี่ยงความเร็วสูง แยกครีมยีสต์ออกมาหมุนเวียนกลับเข้าถังหมักใหม่ ซึ่งยีสต์มีการเจริญเติบโตเต็มที่แล้ว จึงไม่ต้องเติมสารอาหารเข้าในระบบและยังได้ผลผลิตสูง นอกจากนี้ระบบใช้ถังหมักเพียงถังเดียว ทำให้ใช้พื้นที่น้อย ระบบควบคุมอัตโนมัติ ทำให้ง่ายต่อการควบคุม ใช้เครื่องมืออำนวยความสะดวกที่ต่ำ แต่ความเข้มข้นของเอทานอลเพียง 5-7 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร เท่านั้น ทำให้ต้องใช้พลังงานมากในการกลั่น

(2) “HIFERM-GR” หรือ “CASCADE” เป็นระบบที่พัฒนาโดยบริษัท Vogelbusch Ges.m.b.H. ประเทศออสเตรีย โรงงานที่ใช้เทคโนโลยีกระจายอยู่ในทวีปยุโรป อินโดนีเซีย สหรัฐอเมริกาและแคนาดา เป็นต้น จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ประสิทธิภาพในการหมักสูงร้อยละ 90 ได้เอทานอลที่มีความเข้มข้นสูงร้อยละ 8.5-9.5 โดยน้ำหนัก ทำให้ใช้พลังงานในการกลั่นต่ำ ต้นทุนการผลิตต่ำ ทนต่อเกลือแคลเซียมที่ความเข้มข้นสูงและเวลาที่ใช้ในการหมักต่ำ

(3) “HOECHST-UHDE” จุดเด่นของเทคโนโลยีนี้คือ ยีสต์ที่ใช้เป็นชนิดลอยตัวขึ้น (Flocculating yeast) และถังหมักเป็นชนิด Loop Reactor ซึ่งทำให้การหมักสิ้นสุดรวดเร็วและรักษาความเข้มข้นของยีสต์ให้สูงสุดตลอดการหมัก จะได้ความเข้มข้นของเอทานอล 7.5-80 เปอร์เซ็นต์โดยปริมาตร ข้อดีและข้อเสียของระบบนี้เหมือนระบบ BIOSTIL

(4) “LURGI” พัฒนาโดย Messrs. LURGI เป็นระบบต่อเนื่องที่ใช้ถังหมัก 6 ถังเรียงกัน ซึ่งภายในมียีสต์ที่ตรึงไว้บน Immobilized Yeast วัตถุดิบจะไหลเข้าถังหมักที่ 1 ความเข้มข้นของเอทานอลจะสูงขึ้นอย่างต่อเนื่องและน้ำหมักที่ออกจากถังหมักที่ 6 จะเข้ากระบวนการกลั่นต่อไป ยีสต์ในแต่ละถังจะมีการปรับตัวให้เข้ากับ ความเข้มข้นของเอทานอล อย่างไรก็ตามข้อจำกัดของเทคโนโลยีนี้คือ จะต้องมีการเติมสารอาหารให้ยีสต์ ในแต่ละถังเจริญเติบโต เนื่องจากสารอาหารบางส่วนจะออกมาพร้อมกับน้ำหมักและต้องไม่ให้มีซูโครสออกมาด้วย เนื่องจากจะทำให้ผลผลิตที่ได้น้อยลง [3]

ผลิตภัณฑ์ และของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอล

ผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการผลิตคือ เอทานอลมีความเข้มข้นไม่น้อยกว่า 99.5 เปอร์เซ็นต์ ส่วนใหญ่จะผลิตให้ได้ความเข้มข้นประมาณ 99.8 เปอร์เซ็นต์ โดยในกระบวนการผลิตจะมีของเสียที่เกิดขึ้นคือ ฟูเซลแอลกอฮอล์ คาร์บอนไดออกไซด์ และน้ำเสีย จากภาพที่ 1 พบว่า น้ำตาลกลูโคส 100 ปอนด์ จะสามารถเปลี่ยนเป็นเอทานอลได้ 51.1 ปอนด์ และเป็น คาร์บอนไดออกไซด์ถึง 48.9 ปอนด์ ของเสียเหล่านี้มาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตสินค้าอื่นภายในโรงงานเอง แต่มีการนำไปใช้เป็นวัตถุดิบในโรงงานอื่น เช่น โรงงานปุ๋ยของบริษัทปุ๋ยไบโอเนค จำกัด ซึ่งรับเอากากสาขั้น กากสาไ้ ชี้เถ้า ก้อน ชี้เถ้า ผงและฟูลแอลกอฮอล์จากโรงงานสุรา มาผลิตเป็นปุ๋ยอินทรีย์ประเภทต่าง ๆ สารเร่งทำปุ๋ยหมักจุลินทรีย์ป้องกันโรคพืช จุลินทรีย์ปรับปรุงคุณภาพน้ำในบ่อเลี้ยงกุ้ง การนำน้ำกากสาขั้กลับมาเลี้ยงปลา การใช้รดถนนในหน้าร้อนเพื่อลดปริมาณฝุ่นและใช้แปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์กำจัดกลิ่นในเครื่องสุขภัณฑ์ เป็นต้น

การใช้ประโยชน์จากของเสียอุตสาหกรรมเอทานอล

ฟูลแอลกอฮอล์ สามารถนำไปแปรรูปเป็นแอลกอฮอล์ผสม ทำกาวน้ำหอมบางชนิด ใช้เป็นยาฆ่าแมลงและยาฆ่าวัชพืช แต่ในประเทศไทยยังไม่มีการใช้ประโยชน์จากฟูลแอลกอฮอล์

ก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อทำให้บริสุทธิ์สามารถแปรรูปไปใช้ในอุตสาหกรรมเครื่องทำความเย็น น้ำอัดลม โซดา น้ำแข็งแห้งและอุปกรณ์ดับเพลิง แต่เนื่องจากการทำให้บริสุทธิ์ต้องใช้เทคโนโลยีที่มีราคาสูงทำให้ไม่คุ้มค่าในด้านเศรษฐศาสตร์ ในปัจจุบันจึงยังไม่มีโรงงานใดติดตั้งระบบเก็บก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์มาใช้ประโยชน์

น้ำกากส่า เป็นน้ำทิ้งที่ออกจากหอกั่น โดยวัตถุดิบที่ใช้ในการหมักแอลกอฮอล์ จะใช้กากน้ำตาล ซึ่งน้ำกากส่าจัดเป็นน้ำเสียเข้มข้นที่มีสารอินทรีย์ปริมาณสูง และยังมีสารประกอบจำพวก ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม [4] น้ำกากส่ายังไม่มีหรือนำไปใช้ประโยชน์อย่างแพร่หลาย เนื่องจากเมื่อพิจารณาจากองค์ประกอบของน้ำกากส่าจะพบว่า น้ำกากส่ามีองค์ประกอบต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ฉะนั้นการที่จะนำมาใช้ประโยชน์ทางด้านจุลชีววิทยาที่ต้องอาศัยจุลินทรีย์ที่มีความสามารถเฉพาะตัวในการที่จะใช้น้ำกากส่าเป็นวัตถุดิบและให้ผลผลิตอื่น ๆ อย่างไรก็ตามมีผู้นำน้ำกากส่ามาใช้ประโยชน์บ้างดังต่อไปนี้ [5]

การนำน้ำกากส่ามาใช้ประโยชน์ในรูปของปุ๋ย โดยอาจจะนำไปใช้โดยตรง หรือผ่านกระบวนการแปรรูป เช่น ประเทศบราซิล ได้มีการนำน้ำกากส่าไปใช้กับไร่อ้อย ซึ่งนอกจากจะทำให้ผลผลิตอ้อยเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ยังช่วยเพิ่มความหวานของอ้อยอีกด้วยและการนำน้ำกากส่าไปใช้ประโยชน์โดยตรงทางการเกษตร เป็นการลงทุนที่ถูกกว่าวิธีอื่นมาก การส่งน้ำกากส่าโดยวิธีการเดินท่อ และส่งน้ำกากส่าไปสู่แปลงนา หลังเจือจางด้วยน้ำธรรมชาติ หรือน้ำชลประทานตามสัดส่วนที่เหมาะสม ซึ่งวิธีการนี้จะเหมาะสมสำหรับสภาวะเศรษฐกิจของไทยในปัจจุบัน [6] สำหรับการใช้น้ำกากส่าเป็นปุ๋ยโดยผ่านการแปรรูป เช่น โรงงานสุราบางยี่ขัน จังหวัดปทุมธานี ใช้หลักการการเผา (Incineration) ซึ่งกระทำได้โดยการใช้เครื่องระเหย (Evaporator) ทำการเคี่ยวน้ำกากส่าจนงวดแห้ง โดยให้มีเนื้อของแข็งประมาณ 50 เปอร์เซ็นต์ จากนั้นนำเนื้อของแข็งดังกล่าวพ่นเข้าไปในห้องเผาไหม้ของหม้อน้ำ เพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงในการเผาไหม้และยังได้ผลพลอยได้ คือ ปุ๋ยอินทรีย์ที่มีโปแตสเซียมในสัดส่วนที่สูงอีกด้วย [5] นอกจากนี้ยังมีการนำน้ำกากส่ามาใช้ทำปุ๋ยหมักจุลินทรีย์บางชนิดสามารถนำมาใช้สลายน้ำกากส่าได้ ซึ่งใช้เวลาเพียง 1 เดือนเท่านั้น โดยมีวิธีการคือ นำน้ำกากส่าดังกล่าวพ่นลงบนกองกากอ้อยที่ได้จากโรงงานน้ำตาลหลังจากที่ตากกองกากอ้อยให้แห้งแล้ว กลับกองกากอ้อยด้วยรถแทรกเตอร์ แล้วพ่นน้ำกากส่าลงบนกากอ้อยดังกล่าวอีก ทำดังที่กล่าวนี้สลับกันไป ก็จะได้ปุ๋ยหมักตามที่ต้องการ [5]

นอกจากนี้มีการนำน้ำกากส่ามาเลี้ยงจุลินทรีย์เพื่อผลิตเป็นโปรตีนเซลล์เดียว เนื่องจากในน้ำกากส่ามีน้ำตาลฟรุกโทสเหลืออยู่จำนวนหนึ่ง ซึ่งพบว่ามียีสต์หลายชนิดสามารถใช้เป็นแหล่งคาร์บอนในการเจริญได้ดี หลังจากทำการแยกยีสต์ซึ่งเป็นแหล่งโปรตีนออกไปแล้วพบว่า น้ำกากส่ามีค่า BOD และ COD ลดลง จึงเป็นการช่วยลดมลภาวะในน้ำกากส่าได้อีกทางหนึ่ง จากการเลี้ยงยีสต์ *Saccharomyces cerevisiae* และ *Candida valida* ในน้ำกากส่าสามารถผลิตโปรตีนได้ประมาณ 45 เปอร์เซ็นต์

การนำน้ำกากส่าไปใช้ในการหมักก๊าซมีเทน การหมักดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงอินทรีย์สาร โดยจุลินทรีย์ในสภาพไร้ออกซิเจน ซึ่งได้ก๊าซผสมซึ่งมีก๊าซมีเทนประมาณ 60 เปอร์เซ็นต์ คาร์บอนไดออกไซด์มากกว่า 30 เปอร์เซ็นต์ และไฮโดรเจนซัลไฟด์กับ Stabilized Sludge ซึ่งนำไปใช้เป็นปุ๋ยได้

การนำน้ำกากส่าไปใช้ประโยชน์เป็นสารตั้งต้นในการผลิตกรดแลกติก ทำการศึกษาผลผลิตกรดแลกติกโดยการหมักแบบกะด้วยน้ำกากส่าจากโรงกลั่นเอทานอล โดยแบคทีเรีย *Lactobacillus rhamnosus* ATCC 7469 ในระบบด้วยเซลล์อิสระ และการตรึงเซลล์พบว่า การผลิตกรดแลกติกในระบบเซลล์อิสระจะให้ผลผลิตสูงสุด และให้ความเข้มข้นของกรดแลกติก เท่ากับ 34.69 กรัมต่อลิตร [7] การนำของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลมาใช้ประโยชน์ ดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 การใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอล

ของเสีย	การนำไปใช้ประโยชน์	กระบวนการผลิต/เชื้อจุลินทรีย์	ผลผลิตที่ได้	อ้างอิง
ฟิวเซลอยล์	พลังงาน	การเผา	เชื้อเพลิง (สำหรับหม้อน้ำใน กระบวนการผลิต)	[1]
คาร์บอนไดออกไซด์	แปรรูป (ใช้ใน อุตสาหกรรม)	การทำบริสุทธิ์	อุตสาหกรรมแอลกอฮอล์ และหมักพิมพ์	[8]
	แปรรูป (ใช้ใน อุตสาหกรรม)	การทำบริสุทธิ์	สารทำความเย็น และน้ำแข็งแห้ง	[8]
น้ำกากส่า	ผลิตกรดแลคติก	การหมัก/ <i>Lactobacillus rhamnosus</i>	กรดแลคติก	[7]
	ผลิตแอลกอฮอล์	การหมัก/ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	เอทานอล	[9]
	ผลิตก๊าซมีเทน	การหมัก/ <i>Methanosarcina thermophila</i> และ <i>Methanothermobacter crinale</i>	ก๊าซมีเทน	[10]
	ผลิตกรดอีโคซเพนตะอีโนอิก	การหมัก/ <i>Pythium irregulare</i>	กรดอีโคซเพนตะอีโนอิก	[11]
	ผลิตพลังงานไฟฟ้า (Microbial fuel cell (MFC))	การหมัก/ Microbial fuel cell, (MFC)	กระแสไฟฟ้า	[12]
	ผลิตโปรตีนเซลล์เดียว	การหมัก/ <i>Saccharomyces cerevisiae</i>	โปรตีน	[13]
	ผลิตปุ๋ย	การเผา/การหมัก	ปุ๋ยอินทรีย์ และปุ๋ยชีวภาพ	[5]

ความสำคัญของเอทานอล และการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย

เอทานอลสามารถใช้เป็นเชื้อเพลิงได้ใน 3 รูปแบบ คือ แบบแรกเป็นเอทานอล 95 เปอร์เซ็นต์ ใช้เป็นเชื้อเพลิงโดยตรงทดแทนน้ำมันเบนซิน และน้ำมันดีเซล แบบที่สองเอทานอลบริสุทธิ์ 99.5 เปอร์เซ็นต์ โดยปริมาตร ผสมในน้ำมันเบนซิน ซึ่งจะเรียกว่า แก๊สโซฮอล์ (Gasohol) แบบที่สามเป็นสารเคมีเพิ่มออกเทน (Octane) แก่เครื่องยนต์โดยการเปลี่ยนรูปเอทานอลมาเป็นสาร ETBE (Ethanol Tertiary Butyl Ether) สามารถใช้ทดแทน MTBE (Methyl Tertiary Butyl Ether) อย่างไรก็ตามเอทานอลมีค่าความร้อนต่ำกว่าน้ำมันเบนซินเล็กน้อย เนื่องจากมีก๊าซออกซิเจนซึ่งเป็นสารที่ไม่ให้พลังงานความร้อนแต่ช่วยทำให้การเผาไหม้สมบูรณ์พบว่า มีอัตราการสิ้นเปลืองเชื้อเพลิงต่างจากน้ำมันเบนซินประมาณ 1-2 เปอร์เซ็นต์และการเติมเอทานอลลงในน้ำมันเบนซิน 95 มีผลต่อคุณสมบัติบางประการของวัสดุประเภทยางและพลาสติกที่ใช้เป็นระบบเชื้อเพลิงในเครื่องยนต์ [3] รัฐบาลไทยได้กำหนดยุทธศาสตร์การแก้ไขปัญหาพลังงานของประเทศไทยโดยการส่งเสริมการใช้เอทานอลในรูปของแก๊สโซฮอล์ควบคู่ไปกับแหล่งพลังงานอื่น เช่น ไบโอดีเซลและก๊าซธรรมชาติ จากมาตรการส่งเสริมการใช้เอทานอลในรูปของแก๊สโซฮอล์ควบคู่ไปกับความสามารถลดการใช้พลังงานและการใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพตามเป้าหมายที่กำหนดไว้ในปีพ.ศ. 2551 สามารถประหยัดเงินได้จำนวน 95,000 ล้านบาท ซึ่งจะเห็นได้ว่าอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทย ปัจจุบันโรงงานผลิตเอทานอลเพื่อใช้เป็นเชื้อเพลิงที่ได้รับอนุญาตสรุปเมื่อวันที่ 5 ตุลาคมปี พ.ศ. 2550 พบว่ามีทั้งสิ้นจำนวน 21 โรงงาน [14] มีกำลังการผลิตเอทานอลปริมาณ 1 ล้านลิตรต่อวันและใช้ในประเทศเพียง 5 แสนลิตรต่อวัน เอทานอลจึงเพียงพอต่อการส่งออกไปยังกลุ่มประเทศในแถบเอเชียที่ให้ความสำคัญกับการใช้เอทานอลเป็นพลังงานทดแทน แต่ยังคงขาดวัตถุดิบซึ่งประเทศไทยมีความได้เปรียบในการส่งออกเอทานอลให้กับกลุ่มประเทศดังกล่าวในด้านของระยะทางการขนส่ง โดยในปี พ.ศ. 2550 มีปริมาณการส่งออกเอทานอลประมาณ 13.28 ล้านลิตร ส่วนใหญ่ส่งไปขายยังประเทศสิงคโปร์ (87.69 เปอร์เซ็นต์) ที่เหลือได้แก่ ฟิลิปปินส์ (8.03 เปอร์เซ็นต์) และออสเตรเลีย (4.27 เปอร์เซ็นต์) ตามลำดับ [15] ในอนาคตอุตสาหกรรมการผลิตเอทานอลจึงมีบทบาทสำคัญต่อเศรษฐกิจของประเทศไทยในแง่ของการทดแทนการนำเข้าน้ำมันดิบและในแง่ของการค้าระหว่างประเทศ เนื่องจากประเทศไทยส่งออกเอทานอลไปยังต่างประเทศสามารถนำเงินเข้าประเทศได้อีกด้วย จากกระบวนการผลิตเอทานอลโดยใช้กากน้ำตาล และมันสำปะหลัง เป็นวัตถุดิบพบว่า 100 ตัน กากน้ำตาลและมันสำปะหลัง จะให้เอทานอล 21.9 และ 32.9 ตัน คาร์บอนไดออกไซด์ 22 และ 32 ตัน ฟิวเซลอยล์ 0.1 ตัน และน้ำกากส่า 242 และ 413 ตัน ตามลำดับ [1] ดังนั้นนอกจากการส่งออกเอทานอลแล้ว หากภาครัฐบาลและเอกชนจึงควรหันมาสนับสนุนการใช้ประโยชน์จากของเสียจากอุตสาหกรรมเอทานอลอย่างจริงจัง ก็จะสามารถช่วยเพิ่มราคาวัตถุดิบ และลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมได้อีกทางหนึ่งด้วย

จะเห็นได้ว่า เอทานอลก็เป็นพลังงานอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจและสำคัญ สำหรับการนำมาทดแทนพลังงานเชื้อเพลิง และยังสามารถนำมาประยุกต์ใช้ได้ ในอุตสาหกรรมต่าง ๆ การผลิตเอทานอลสามารถเลือกกระบวนการผลิตให้เหมาะสม หรือสามารถนำมาพัฒนาให้เข้ากับความต้องการเพื่อช่วยลดต้นทุน เพื่อเพิ่มผลผลิต หรือเพื่อลดระยะเวลาในกระบวนการผลิต แต่อย่างไรก็ตามในขั้นตอนของกระบวนการผลิตเอทานอลจะมีของเสียเกิดขึ้น โดยส่วนใหญ่ของเสียเหล่านี้สามารถนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้ เพื่อช่วยลดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและเพิ่มมูลค่าของของเสียให้เพิ่มขึ้นได้อีกด้วย

เอกสารอ้างอิง

- [1] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2551). **คู่มือการกำกับดูแลโรงงานอุตสาหกรรมเอทานอล**. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [2] ขนิษฐา เอี่ยมล่อ ชนกานต์ สืบนิคม ไพบุลย์ ชิวะภา และสุภัค ยินดีรูป. (2555). **การผลิตน้ำตาลรีดิวซ์จากลำต้นธูปฤาษีด้วย *Aspergillus niger* TISTR3254 สำหรับนำไปใช้ในการผลิตเอทานอล**. โครงการงานด้านชีววิทยา วิทยาศาสตร์บัณฑิต. ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- [3] กรมพัฒนาพลังงานทดแทนและอนุรักษ์พลังงาน. (2550). **คู่มือการพัฒนาและลงทุนผลิตพลังงานทดแทน ชุดที่ 7 (เชื้อเพลิงเอทานอล)**. กระทรวงพลังงาน.
- [4] นิศากร โฆษิตรัตน์. (2546). “การวิจัยและพัฒนาดัชนีชี้วัดเพื่อสร้างสิทธิและคุณภาพการมีส่วนร่วมในการประเมินความเสี่ยงจากสารเคมีโดยชุมชนรวมนิคมอุตสาหกรรมมาบตาพุด”, **วารสารวิธีวิทยาการวิจัย**. 16(2), 308.
- [5] สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. (2542). “ไม่มีน้ำเสียในประเทศไทย”, **วารสารที่ปรึกษาสิ่งแวดล้อมไทย**. 3(1), 22-28.
- [6] ทศนีย์ ติฐกมล และสมบุญณ์ แก้วปิ่นทอง. (2547). “ประโยชน์น้ำกากส่าสำหรับการผลิตข้าวจังหวัดขอนแก่น”, **วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยรามคำแหง**. 7(ฉบับพิเศษ), 132-151.
- [7] Djukic-Vukovic, A.P., Mojovic, L.V., Jokic, B.M., Rakin, M.B., Nikolic, S.B. and Pejin, J.D. (2013). “Lactic acid production on liquid distillery stillage by *Lactobacil lus rhamnosus* immobilized onto zeolite”, **Bioresource Technology**. 135, 454-458.
- [8] กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม. (2552). **การศึกษาความเป็นไปได้ของการผลิตเอทานอลจากมันสำปะหลัง**. กรุงเทพฯ: สำนักบริหารยุทธศาสตร์ กรมส่งเสริมอุตสาหกรรม.
- [9] Wang, K., Zhang, J., Liu, P., Cao, H.S. and Mao, Z.G. (2014). “Reusing a mixture of anaerobic digestion effluent and thin stillage for cassava ethanol production”, **Journal of Cleaner Production**. 75, 57-63.
- [10] Kobayashi, T., Tang, Y., Urakami, T., Morimura, S. and Kida, K. (2014). “Digestion performance and microbial community in full-scale methane fermentation of stillage from sweet potato-shochu production”, **Journal of Environmental Sciences**. 26, 423-431.
- [11] Liang, Y., Zhao, X., Strait, M. and Wen, Z. (2012). “Use of dry-milling derived thin stillage for producing eicosapentaenoic acid (EPA) by the fungus *Pythium irregular*”, **Bioresource Technology**. 111, 404-409.
- [12] Sakdaronnarong, C.K., Thanosawan, S., Chaithong, S., Sinbuathong, N. and Jeraputra, C. (2013). “Electricity production from ethanol stillage in two-compartment MFC”, **Fuel**. 107, 382-386.
- [13] สุจินต์ พนาปวุฒิกุล. (2528, มิถุนายน). “การบำบัดน้ำเสียจากโรงงานเปียร์โดยวิธีแอกติเวเต็ดสลัดจ์”, **วิศวกรรมสาร**. 3(1), 73-78.
- [14] กรมโรงงานอุตสาหกรรม. (2550). **ฐานข้อมูลรายชื่อโรงงานที่ได้รับอนุญาตให้ประกอบกิจการผลิตเอทานอลโดยสำนักเทคโนโลยีสารสนเทศ และการสื่อสารปี 2550**. กระทรวงอุตสาหกรรม.
- [15] กรมพัฒนาพลังงานทดแทน และอนุรักษ์พลังงาน. (2550). **ปริมาณการส่งออกเอทานอลไปต่างประเทศของผู้ผลิตเอทานอลปี 2550**. กระทรวงพลังงาน.

ผลของการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต
ต่อปริมาณจุลินทรีย์และคุณภาพของผงขิง
Effects of Steam Sterilization and Potassium Permanganate
Soak on Microbial Load and Quality of Ginger Powder

ทวีภรณ์ ศิริคช¹ ธวัชชัย ศรีสุวรรณ¹ สุวณี ปฏิมินทร์² รุชมานีย์ ขุนแผน²
อนิสา ยาหาหมัน² ฮันนา ดินเตบ² และสนั่น ศุภธีรสกุล^{3*}

Thaweeporn Keereekoch¹, Thawatchai Srisuwan¹, Suwanee Patimin², Rusmanee Khunphan²,
Anisa Yayaman², Hanna Dinteb² and Sanan Subhadhirasakul^{3*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาวิธีเตรียมผงขิงให้มีคุณภาพด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต โดยแบ่ง
ขิงสดเป็น 3 กลุ่ม 5 ชุดการทดลอง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 หรือ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที
กลุ่มที่ 2 แช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 100 หรือ 200 ppm เป็นเวลา 15 นาที และกลุ่มที่
3 กลุ่มควบคุม (ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ) พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เป็นวิธีเดียวที่ไม่มี
การปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่างๆ ตามข้อกำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย อีกทั้งมีปริมาณสารสกัดด้วยเอทานอล
(6.67% w/w) สารสกัดด้วยน้ำ (14.51% w/w) และน้ำมันหอมระเหย (4.17% v/w) มากกว่าเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด
ถึงแม้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่มีองค์ประกอบหลักไม่แตกต่างกัน คือ
zingiberene, ar-curcumen, β -sesquiphellandrene, α -farnesene และ β -bisabolene ส่วนปริมาณ 6-gingerol
พบว่าน้อยลง 12.1% ดังนั้นการนึ่งฆ่าเชื้อที่ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที จึงเป็นวิธีที่ให้ประโยชน์คุ้มค่าในการเตรียมผงขิง

คำสำคัญ: ขิง การนึ่งฆ่าเชื้อ การแช่โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต

¹ นักศึกษาปริญญาโท คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

² นักศึกษาปริญญาตรี คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

³ รศ.ดร., คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สงขลา 90110

* Corresponding author: e-mail: sanan.s@psu.ac.th

Abstract

This research studied the effects of preparation method for ginger powder using steam sterilization and potassium permanganate soaks. Fresh ginger was divided into 3 groups with a total of 5 treatments. The first group used steam sterilization at 115°C or 121°C for 15 minutes. The second group was soaked into potassium permanganate solution at a concentration of 100 or 200 ppm for 15 minutes. The third group was the untreated control group which was untreated. The result showed that only steam sterilization at 121°C for 15 minutes passed microbial limit tests of Thai Herbal Pharmacopoeia. The percentage of ethanol-soluble extractive content (6.67% w/w), water-soluble extractive content (14.51% w/w) and volatile oil content (4.17% v/w) sterilized by steam at 121°C for 15 minutes were higher than those of the standard values. Although the volatile oil content was significantly lower than the control treatment ($p < 0.05$), the major components of ginger volatile oil were no difference between these two treatments, such as zingiberene, ar-curcumen, β -sesquiphellandrene, α -farnesene and β -bisabolene. The 6-gingerol content decreased to 12.1%. It is appropriate method to use steam sterilization at 121°C for 15 minutes to prepare for qualified ginger powder.

Keywords: Ginger, Steam Sterilization, Potassium Permanganate Soak

บทนำ

ซึ่งเป็นสมุนไพรที่มีการใช้อย่างแพร่หลายและจัดเป็นยาพัฒนาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ [1] เนื่องจากส่วนประกอบสำคัญที่พบในขิง คือ น้ำมันหอมระเหย (volatile oil) ที่ได้จากการกลั่นด้วยน้ำหรือน้ำร้อน เป็นสารที่ให้กลิ่นหอม มีสรรพคุณช่วยขับลม บรรเทาอาการท้องอืด แน่นจุกเสียด น้ำมันหอมระเหยของขิงประกอบด้วยสารกลุ่ม terpenes และ monoterpenes ได้แก่ β -phellandrene, camphene, cineol, geraniol, geranial, curcumen, citral, neral, terpineol, borneol และกลุ่ม sesquiterpenes ได้แก่ α -zingiberene, β -zingiberene, ar-curcumen, β -sesquiphellandrene, α -farnesene, β -bisabolene และ zingiberol โดยมี zingiberene เป็นองค์ประกอบหลัก ในตัวอย่างขิงของประเทศไทย [2] ส่วนประกอบสำคัญที่พบในขิงอีกชนิด คือ โอลีโอเรซินหรือน้ำมันข้น (oleoresin) ที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลาย เป็นส่วนประกอบสำคัญที่ทำให้เกิดกลิ่น รส และความเผ็ดของขิง มีสรรพคุณป้องกันและบรรเทาอาการคลื่นไส้ อาเจียนจากการเมาเรือ เมาเมา และป้องกันอาการคลื่นไส้ อาเจียนหลังการผ่าตัด สารให้กลิ่นขุ่นที่พบในโอลีโอเรซิน คือ gingerol และ shogaol โดยมีปริมาณ 6-gingerol และ 6-shogaol มากที่สุด และพบว่า gingerol สามารถสลายตัวได้ง่ายกลายเป็น shogaol ซึ่งจะมีกลิ่นขุ่นมากกว่า [3]

จากการศึกษาความปลอดภัยของยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ พบว่าการผลิตยาสมุนไพรจากส่วนรากหรือเหง้ามีโอกาสเกิดการปนเปื้อนจุลินทรีย์จากดินได้มาก [4] แม้ว่าปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีการฉายรังสีแกมมาเพื่อทำลายจุลินทรีย์ในวัตถุดิบหรือผลิตภัณฑ์สมุนไพรได้อย่างมีประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากหน่วยงานหรือบริษัทที่ให้บริการฉายรังสีแกมมามีจำนวนจำกัด โดยตั้งอยู่ที่กรุงเทพฯ ปทุมธานี นครปฐม และชลบุรี [5] ทำให้สถานพยาบาล โรงพยาบาลชุมชน หรือโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลต่างๆ ที่ตั้งอยู่ห่างไกล และมีการผลิตในปริมาณที่ไม่มากเพื่อใช้รักษาผู้ป่วยจะไม่คุ้มทุนเนื่องจากมีต้นทุนในการขนส่งค่อนข้างสูง การพัฒนาวิธีการเตรียมผงยาสมุนไพรจากส่วนรากหรือเหง้าให้มีคุณภาพเป็นไปตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (Thai Herbal Pharmacopoeia: THP) จึงมีความสำคัญ มีการพัฒนาวิธีการเตรียมผงขมิ้นชันด้วยวิธีการต่างๆ พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อเป็นวิธีการเตรียมผงขมิ้นชันที่ดี โดยนึ่งฆ่าเชื้อ

ที่อุณหภูมิ 115 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที ทำให้ได้ผงขมิ้นชันที่ไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และมีความเป็นไปตามมาตรฐานตำรายาสมุนไพรไทย [6-7] จึงคาดว่าวิธีข้างต้นสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการเตรียมผงขมิ้นชันได้เช่นกัน แต่บุคคลทั่วไปอาจทำได้ยาก ทางผู้วิจัยจึงสนใจวิธีการแช่ด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตในการเตรียมผงขมิ้นชัน เนื่องจากโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นสารออกซิไดซ์ที่นิยมใช้ในการล้างผักและผลไม้ อีกทั้งราคาไม่แพง และสามารถหาซื้อได้ง่าย โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตสามารถกำจัดสารพิษตกค้างและกำจัดแบคทีเรียก่อโรคได้ ซึ่งพบว่าการแช่ใบผักชีในสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตที่ความเข้มข้น 100 ppm เป็นเวลา 5 นาที สามารถลดการปนเปื้อนของ Total aerobic microbial count, *Staphylococcus aureus*, *Listeria monocytogenes*, *Salmonella* และ *Shigella* [8] อีกทั้งไม่พบรายงานการศึกษาที่ใช้วิธีดังกล่าวในการเตรียมผงขมิ้นชัน คณะผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาวิธีการเตรียมผงขมิ้นชันให้มีคุณภาพด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อให้ได้ผงขมิ้นชันที่ปลอดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และคงไว้ซึ่งปริมาณสารสำคัญมากที่สุด และสามารถใช้เป็นแนวทางในการพัฒนาการผลิตผงขมิ้นชันให้ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเพิ่มขึ้นในอนาคต

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาวิธีการเตรียมผงขมิ้นชันให้มีคุณภาพด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อแห้งขิงและการแช่แห้งขิงด้วยสารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต เพื่อให้ได้ผงขมิ้นชันที่ปลอดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์และคงไว้ซึ่งปริมาณสารสำคัญมากที่สุด

ระเบียบวิธีการศึกษา

1. การเตรียมผงขมิ้น

ใช้เหง้าขิงสดอายุประมาณ 10-11 เดือน โดยเก็บตัวอย่างเมื่อเดือนกรกฎาคม 2557 จากแหล่งที่ปลูกเดียวกันในจังหวัดประจวบคีรีขันธ์ นำมาล้างน้ำทำความสะอาด ตัดราก และสะเด็ดน้ำให้แห้ง จากนั้นแบ่งตัวอย่างเหง้าขิงเป็น 3 กลุ่ม 5 ชุดการทดลองดังนี้

กลุ่มที่ 1 ศึกษาผลของการนึ่งฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผงขมิ้น นำตัวอย่างเหง้าขิงเข้าเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อเป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อุณหภูมิในการนึ่งฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน 2 ชุดการทดลอง คือ 115 หรือ 121 องศาเซลเซียส ตามลำดับ

กลุ่มที่ 2 ศึกษาผลของการแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตต่อคุณภาพของผงขมิ้น นำตัวอย่างเหง้าขิงไปแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเป็นเวลา 15 นาที โดยใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 2 ชุดการทดลอง คือ 100 หรือ 200 ppm ตามลำดับ

กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุม คือ ตัวอย่างเหง้าขิงที่ไม่ผ่านกระบวนการใดๆ

จากนั้นหั่นเหง้าขิงในแต่ละชุดการทดลองเป็นชิ้นบาง ๆ ประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดหั่นสมุนไพร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ด้วยตู้อบลมร้อน จากนั้นบดให้เป็นผงด้วยเครื่องบดยาสมุนไพร แล้วจึงนำไปร่อนผ่านร่อนเบอร์ 100 เก็บผงขมิ้นที่ได้ในภาชนะที่สะอาด เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพของผงขมิ้น การเตรียมผงขมิ้นทำในห้องสะอาดที่เปิดหลอดยูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรค และใช้ 70% เอทานอลเช็ดฆ่าเชื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ก่อนใช้งานทุกครั้ง

2. การตรวจสอบคุณภาพของผงขมิ้น

ตรวจสอบคุณภาพผงขมิ้นด้วยวิธีการต่างๆ ตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย [9-10] ได้แก่ การตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การตรวจปริมาณสิ่งแปลกปลอม การตรวจปริมาณความชื้น การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยเอทานอล การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยน้ำ และการตรวจปริมาณน้ำมันหอมระเหย โดยทำการทดลองทำ 3 ซ้ำ และคำนวณ

หาค่าเฉลี่ย เพื่อคัดเลือกวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมผงชিং จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยชিংด้วยเทคนิคแก๊สโครมาโตกราฟีแมสสเปกโตรเมตรี (GC-MS) และวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol ด้วยเทคนิคโครมาโตกราฟีเหลวสมรรถนะสูง (HPLC) เพื่อยืนยันคุณภาพของผงชিংที่เตรียมจากวิธีดังกล่าว

การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหย (Volatile Oil Components)

วิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยด้วยเทคนิค GC-MS (Trace GC Ultra/ISQMS, Thermo Scientific Inc., USA) สภาวะ GC ที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย คอลัมน์ชนิด TR-5MS (30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25 ไมโครเมตร) โหมดการฉีดแบบ split มี split ratio 100:1 ปริมาตรที่ฉีด 1 ไมโครลิตร ก๊าซตัวพา คือ ฮีเลียม อัตราการไหล 1 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิของส่วนฉีดสาร 220 องศาเซลเซียส โปรแกรมอุณหภูมิเริ่มต้น 50 องศาเซลเซียส คงไว้ 5 นาที เพิ่มอุณหภูมิด้วยอัตรา 2.5 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 250 องศาเซลเซียส คงไว้ 2 นาที สภาวะของ MS ที่ใช้ทดสอบเป็น electron ionization อุณหภูมิ ion source 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ transfer line 250 องศาเซลเซียส ช่วงมวลในการวิเคราะห์ 29-500 amu ฐานข้อมูลที่ใช้เปรียบเทียบ คือ Wiley 9

การวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol (6-Gingerol Content)

วิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol ด้วยเทคนิค HPLC (HPLC 1100, Agilent, Germany) สภาวะที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย คอลัมน์ชนิด reverse phase C18 (Hypersil ODS 250 มิลลิเมตร x 4 มิลลิเมตร x 5 ไมโครเมตร) เฟสเคลื่อนที่ คือ สารละลายผสมอะซิโตนไตรล-น้ำ (55: 45 v/v) อัตราการไหล 1 มิลลิเมตรต่อนาที อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ใช้ variable wavelength detector ที่ 282 นาโนเมตร ปริมาตรที่ฉีด 20 ไมโครลิตร

การเตรียมสารละลายมาตรฐาน 6-gingerol โดยชั่ง 6-gingerol ให้ได้น้ำหนักที่แน่นอน ละลายด้วยเมทานอล เจือจางให้มีความเข้มข้น 300, 200, 100, 50 และ 10 ppm เก็บที่อุณหภูมิ 4 องศาเซลเซียส

การเตรียมสารละลายทดสอบ สกัดตัวอย่างด้วยวิธี reflux โดยใช้ผงชিং 1 กรัม บรรจุในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำเมทานอล 20 มิลลิลิตร สกัดที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที กรองด้วยกระดาษกรอง นำสารละลายที่กรองได้ไประเหยแห้งด้วยเครื่อง rotary evaporator จากนั้นละลายสารสกัดแห้งด้วยเมทานอล 10 มิลลิลิตร กรองสารละลายผ่าน syringe filter ขนาด 0.45 ไมโครเมตร ฉีดเข้าเครื่อง HPLC

3. การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างชุดการทดลองโดย DMRT (Duncan's New Multiple Range Test) และ T-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

การตรวจสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผงชิงทั้ง 5 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 1) พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เป็นวิธีเดียวที่ผ่านตามเกณฑ์มาตรฐาน เพราะไม่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่างๆ ตามข้อกำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย ส่วนการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 15 นาที การแช่สารละลายไฟแชลเยียมเปอร์แมงกานะตที่ความเข้มข้น 100 หรือ 200 ppm 15 นาที และกลุ่มควบคุมไม่สามารถนำมาใช้เตรียมผงชิงได้ เนื่องจากตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด ยีสต์และราเกินเกณฑ์มาตรฐาน และมีการตรวจพบ *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus* และ *Salmonella* spp. ซึ่งไม่สอดคล้องกับการเตรียมผงชิงขั้นต้นที่พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที สามารถเตรียมผงชิงขั้นต้นไม่มีการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ [7] เมื่อเปรียบเทียบวิธีเตรียมผงชิงด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่ไฟแชลเยียมเปอร์แมงกานะต พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อซึ่งเป็นการใช้ความร้อนขึ้นเพื่อฆ่าจุลินทรีย์มีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ดีกว่า โดยการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียสความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้วเป็นเวลา 15-20 นาที เป็นวิธีที่นิยมใช้กันมาก เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการฆ่าเชื้อจุลินทรีย์ได้ทุกชนิด ขณะที่ไฟแชลเยียมเปอร์แมงกานะตเป็นสารออกซิไดซ์ที่นิยมใช้ในการล้างผักและผลไม้ สามารถลดการปนเปื้อนของแบคทีเรียก่อโรคได้เพียงบางชนิด ดังนั้นการหาวิธีการเตรียมผงชิงที่เหมาะสมจึงต้องเปรียบเทียบปริมาณสารสำคัญของผงชิงกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที กับกลุ่มควบคุม

การตรวจปริมาณสิ่งแปลกปลอมของผงชิงทั้ง 5 ชุดการทดลอง (ตารางที่ 2) ไม่พบปริมาณสิ่งแปลกปลอมผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องไม่เกิน 2.0% w/w เนื่องจากการล้างทำความสะอาดแห้งชิง คัดแยกสิ่งแปลกปลอมออก และเตรียมผงชิงในห้องที่สะอาด

การตรวจปริมาณความชื้น พบว่าทั้ง 5 ชุดการทดลองมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 6.39-7.67% v/w จึงผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องไม่เกิน 10.0% v/w แสดงให้เห็นว่าการอบชิงที่อุณหภูมิ 55 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 72 ชั่วโมง ไม่ทำให้ปริมาณความชื้นของผงชิงเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ โดยพบว่ากลุ่มแช่สารละลายไฟแชลเยียมเปอร์แมงกานะตมีปริมาณความชื้นสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ขณะที่ปริมาณความชื้นของกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับการเตรียมผงชิงขั้นต้นด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อ [7]

การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยเอทานอล พบว่าทั้ง 5 ชุดการทดลองมีปริมาณสารสกัดด้วยเอทานอลอยู่ในช่วง 6.53-6.80% w/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องไม่น้อยกว่า 4.5% w/w โดยพบว่าปริมาณสารสกัดด้วยเอทานอลของกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และกลุ่มควบคุมไม่มีความแตกต่างทางสถิติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับการเตรียมผงชิงขั้นต้นด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อ พบว่ากลุ่มควบคุมมีปริมาณสารสกัดด้วยเอทานอลมากกว่ากลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) [7]

ตารางที่ 1 การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผงขิงที่เตรียมด้วยวิธีต่างๆ

Micro-Organisms	Limits [10]	Autoclave						KMnO ₄		
		121°C		115°C		200 ppm		100 ppm		Control
		15min	15 min	15 min	15 min	15 min	15 min	15 min	15 min	
Total aerobic microbial count	≤ 2×10 ⁵ CFU/g or ml	ND	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵	>2.0×10 ⁵
Total combined yeasts and moulds count	≤ 2×10 ⁴ CFU/g or ml	ND	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴	>2.0×10 ⁴
Bile-tolerant gram-negative bacteria	≤ 1×10 ³ CFU/g or ml	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Clostridium</i> spp.	ND in 1 g or ml	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Escherichia coli</i>	ND in 1 g or ml	ND	ND	ND	D	D	D	D	D	D
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ND in 1 g or ml	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Staphylococcus aureus</i>	ND in 1 g or ml	ND	D	D	D	D	D	D	D	D
<i>Salmonella</i> spp.	ND in 10 g or ml	ND	ND	ND	ND	ND	ND	D	D	D

ND: Not Detected, D: Detected

ตารางที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของผงขิงที่เตรียมด้วยวิธีต่างๆ

Properties of Ginger	Limits	Autoclave				KMnO ₄	
		121°C	115°C	200 ppm	100 ppm	Control	
		15 min	15 min	15 min	15 min		
Foreign matter	≤ 2.0% w/w [11]	0	0	0	0	0	
Water content	≤10.0% v/w [12]	6.78±0.51 ^{a,b}	6.91±0.68 ^{a,b}	7.55±0.51 ^b	7.67±0.33 ^b	6.39±0.25 ^a	
Ethanol-soluble extractive	≥4.5% w/w [11]	6.67±0.20 ^{a,b}	6.70±0.08 ^{a,b}	6.54±0.03 ^a	6.80±0.08 ^b	6.53±0.12 ^a	
Water-soluble extractive	≥10.0% w/w [11]	14.51±0.38 ^a	14.61±0.39 ^a	15.31±0.53 ^{a,b}	16.05±0.51 ^b	17.24±0.50 ^c	
Volatile oil content	≥2.0% v/w [11]	4.17±0.10 ^a	4.30±0.15 ^a	4.60±0.10 ^b	4.57±0.06 ^b	5.07±0.12 ^c	

ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีตัวอักษรเหมือนกัน (a-c) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ (p <0.05)

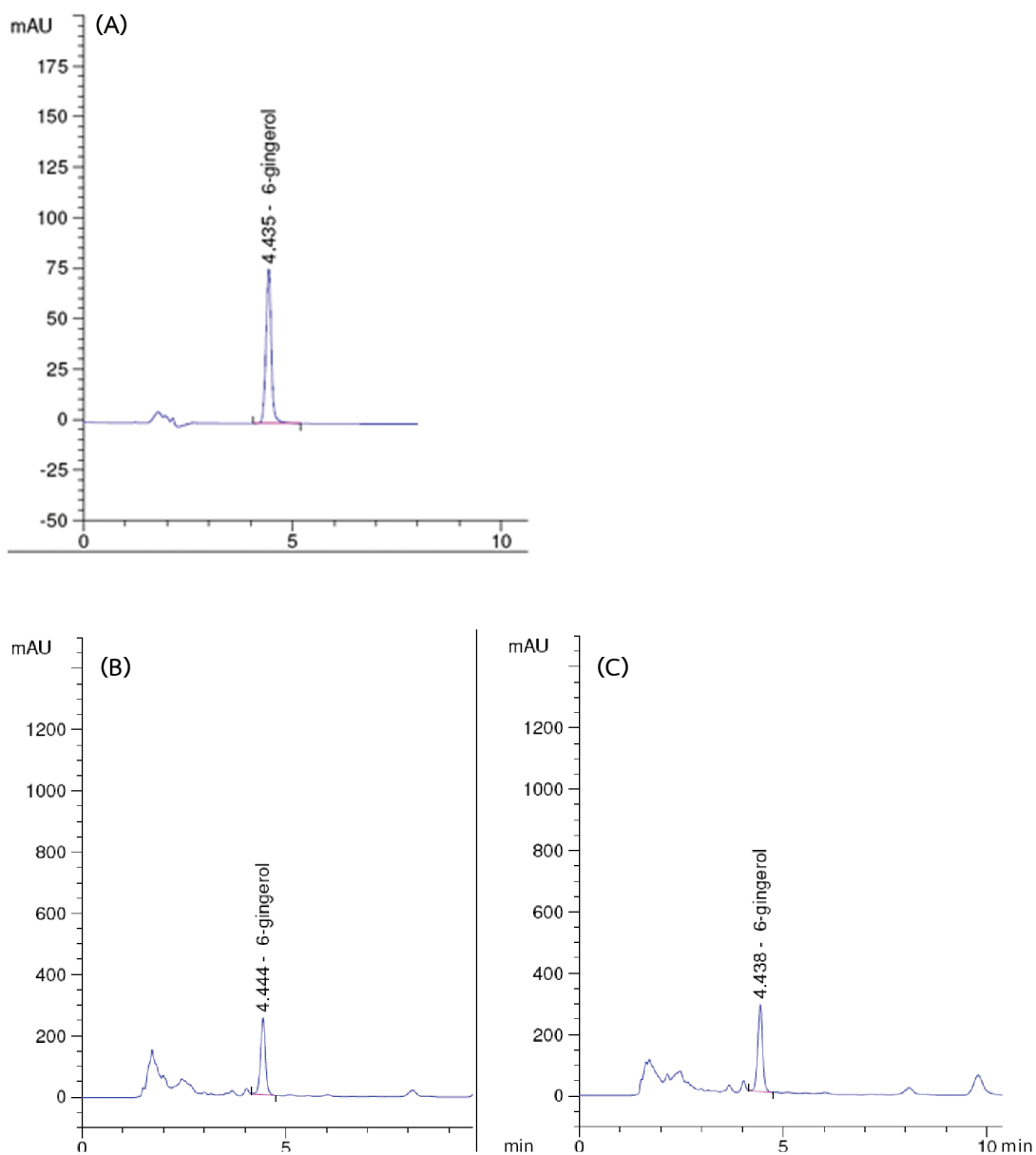
ตารางที่ 3 องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยขิง

Compound	Autoclave 121°C 15 min		Control	
	Rt	%Area	Rt	%Area
6-methyl-5-hepten-2-one	ND	ND	11.99	0.22
1,8-cineole	ND	ND	14.30	0.34
linalool	ND	ND	18.34	0.38
borneol	ND	ND	22.50	0.87
α -terpineol	ND	ND	23.85	0.84
citronellol	25.59	0.21	25.59	0.54
neral	26.25	0.25	26.24	0.57
geraniol	26.90	0.20	26.89	0.50
geranial	27.92	0.64	27.91	0.99
2-undecanone	29.11	0.22	29.09	0.39
β -elemene	33.80	0.51	33.79	0.38
β -farnesene	37.04	0.64	37.04	0.69
allo-aromadendrene	37.30	0.47	37.29	0.46
germacrene-D	38.39	1.19	38.39	1.73
α -curcumene	38.54	13.60	38.53	13.02
zingiberene	39.19	14.28	39.20	16.36
α -farnesene	39.65	10.22	39.65	10.15
β -bisabolene	39.78	8.00	39.77	7.73
β -sesquiphellandrene	40.58	13.61	40.58	12.93
elemol	41.81	0.77	41.81	0.65
nerolidol	42.35	1.16	42.34	1.16
sesquisabinene hydrate	43.75	0.76	43.74	0.90
zingiberenol	44.84	1.22	44.83	1.40
longiborneol	45.64	1.86	45.63	1.66
β -eudesmol	46.73	1.84	46.72	1.45
β -bisabolol	47.35	0.26	47.33	0.20

ND: Not Detected, Rt: Retention time, %Area: % relative peak area

การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยน้ำ พบว่าทั้ง 5 ชุดการทดลองมีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำอยู่ในช่วง 14.51-17.24% w/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องไม่น้อยกว่า 10.0% w/w โดยพบว่ากลุ่มควบคุมมีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำสูงกว่ากลุ่มแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตและกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้ออย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) จากงานวิจัยของ Kubra and Rao [13] พบว่าน้ำสามารถสกัดสารจำพวก phenolic แต่เมื่อเห้ง้าซึ่งผ่านความร้อนด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อจะทำให้สาร phenolic ลดลง ดังนั้นปริมาณสารสกัดด้วยน้ำในกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่จึงมีปริมาณน้อย

การตรวจปริมาณน้ำมันหอมระเหย พบว่าทั้ง 5 ชุดการทดลองมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วง 4.17-5.07% v/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด คือ ต้องไม่น้อยกว่า 2.0% v/w และพบว่าปริมาณน้ำมันหอมระเหยมีความแตกต่างกันระหว่างกลุ่มอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยกลุ่มควบคุมมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยสูงที่สุด รองลงมา คือ กลุ่มแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต และกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อ ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับการเตรียมผงขมิ้นชันด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อ [7] พบว่ากลุ่มควบคุมมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยมากกว่ากลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่อุณหภูมิ 115 และ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที พบว่ามีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่ากลุ่มควบคุมคิดเป็นร้อยละ 15.2 และ 17.8 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าการใช้อุณหภูมิที่สูงขึ้นในการนึ่งฆ่าเชื้อจะทำให้มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลง เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีจุดเดือดต่ำเกิดการระเหยและสูญเสียไป ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Sukrasno *et al.* [14] พบว่าการให้ความร้อนซึ่งที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส ทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยลดลง และการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 180 องศาเซลเซียส จะมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยน้อยกว่าการให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 120 องศาเซลเซียส



ภาพที่ 1 HPLC chromatogram ของ 6-gingerol (A) สารละลายมาตรฐาน 6-gingerol เข้มข้น 50 ppm, (B) กลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และ (C) กลุ่มควบคุม

เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหยจากผงขิงกลุ่มควบคุม และกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ด้วยเทคนิค GC-MS (ตารางที่ 3) พบว่าทั้ง 2 ชุดการทดลองมีองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยเหมือนกัน ได้แก่ zingiberene, ar-curcumen, β -sesquiphellandrene, α -farnesene และ β -bisabolene กล่าวคือ น้ำมันหอมระเหยกลุ่มควบคุมพบสัดส่วนของสารที่เป็นองค์ประกอบเรียงจากมากไปน้อย คือ zingiberene (16.36%), ar-curcumen (13.02%), β -sesquiphellandrene (12.93%), α -farnesene (10.15%) และ β -bisabolene (7.73%) ตามลำดับ ส่วนน้ำมันหอมระเหยกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที พบสัดส่วนของสารที่เป็นองค์ประกอบเรียงจากมากไปน้อย คือ zingiberene (14.28%), β -sesquiphellandrene (13.61%), ar-curcumen (13.60%), α -farnesene (10.22%) และ β -bisabolene (8.00%) ตามลำดับ โดยพบว่าองค์ประกอบที่มีสัดส่วนมากที่สุดจากน้ำมันหอมระเหยทั้ง 2 ชุดการทดลองเป็นสารชนิดเดียวกัน คือ zingiberene ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยก่อนหน้า [2, 14-17] และพบว่ากลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีการสูญเสียองค์ประกอบในน้ำมันหอมระเหย ได้แก่ 6-methyl-5-hepten-2-one, 1,8-cineole, linalool, borneol และ α -terpineol เนื่องจากการใช้อุณหภูมิสูงจะทำให้องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยที่มีจุดเดือดต่ำเกิดการระเหย

การวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol โดยวิเคราะห์ด้วยเทคนิค HPLC (ภาพที่ 1) พบว่ากลุ่มควบคุมและกลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณ 6-gingerol เท่ากับ 204.27 ± 0.82 และ 179.57 ± 0.95 ppm ตามลำดับ โดยกลุ่มควบคุมมีปริมาณ 6-gingerol มากกว่ากลุ่มนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Puengphian and Sirichote [18] พบว่าเมื่อขิงผ่านความร้อนในอุณหภูมิที่สูงขึ้นจะทำให้ปริมาณ 6-gingerol ลดลง เนื่องจากการเปลี่ยนสาร 6-gingerol เป็นสาร 6-shogaol โดยดึงโมเลกุลของน้ำออก

สรุปผล

การศึกษาลักษณะการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อเตรียมผงขิง พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เป็นวิธีเดียวที่ไม่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่างๆ ตามข้อกำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย เมื่อพิจารณาปริมาณสารสำคัญของผงขิงกลุ่มดังกล่าว พบว่าสารสกัดด้วยเอทานอลมีปริมาณมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 2.17% w/w โดยไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม สารสกัดด้วยน้ำและน้ำมันหอมระเหยมีปริมาณมากกว่าเกณฑ์มาตรฐาน 4.51% w/w และ 2.17% v/w ตามลำดับ โดยมีปริมาณน้อยกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) แต่มีองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยเหมือนกับกลุ่มควบคุม ได้แก่ zingiberene, ar-curcumen, β -sesquiphellandrene, α -farnesene และ β -bisabolene โดยสารที่เป็นองค์ประกอบมากที่สุด คือ zingiberene เมื่อวิเคราะห์ปริมาณ 6-gingerol พบว่ามีปริมาณน้อยลงประมาณ 12.1% ดังนั้นการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที จึงเป็นวิธีที่เหมาะสมและให้ประโยชน์คุ้มค่าในการเตรียมผงขิง แม้ว่าทำให้สารสำคัญบางตัวมีปริมาณน้อยลงเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม และในอนาคตควรศึกษาผลของเวลาในการแช่สารละลายโพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนตเพื่อหาวิธีเตรียมผงขิงให้มีคุณภาพเพิ่มขึ้น

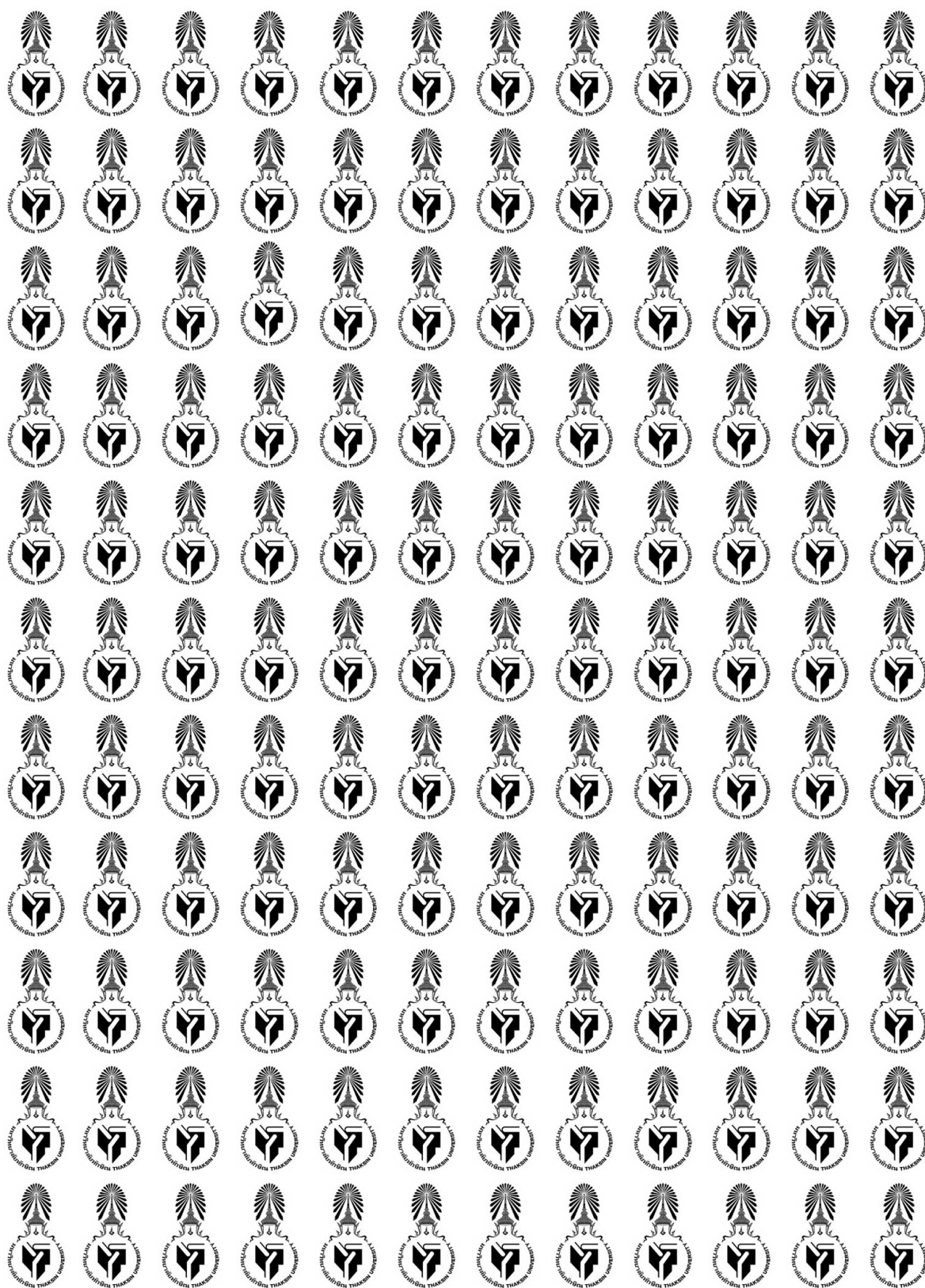
กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัย คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ. (2554). **บัญชียาจากสมุนไพร พ.ศ. 2554 ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติเรื่องบัญชียาหลักแห่งชาติ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2554**. กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์.
- [2] ลักษณะ เจริญใจ วิภาวี เสาทิน และปรีชา บุญจู. (2556). “การศึกษาองค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยง่ายจากเหง้าขิงสดและแคปซูลขิงในประเทศไทย”, **วารสารเภสัชศาสตร์อีสาน**. 9(1), 52-63.
- [3] Bhattarai, S., Tran, V.H. and Duke, C.C. (2001). “The Stability of Gingerol and Shogaol in Aqueous Solutions”, **Journal of Pharmaceuticals Sciences**. 90, 1658-1664.
- [4] จิตรา ชัยวัฒน์ จิราณูช แจ่มทวีกุล สันติพงศ์ วงศ์เพ็ญทักษ์ และปรัชญาพร อินทองแก้ว. (2557). “ความปลอดภัยของยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ”, **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์**. 56(3), 123-134.
- [5] เขาวลิต มณฑล. (2556). “การฉายรังสีแกมมา: กระบวนการทำไรเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพร”, **วารสารไทยโภชนาการ**. 8(1), 41-54.
- [6] Chusri, S., Subhadhirasakul, S., Tahyoh, N., Billateh, C., Chaowuttikul, C., Chorachoo, J. and Voravuthikunchai, S.P. (2012). “Effect of Different Decontamination Methods on Microbiological Aspects Bioactive Constituents and Antibacterial Activity of Turmeric (*Curcuma longa* Linn.) Powder”, **European Journal of Medicinal Plants**. 2(4), 276-289.
- [7] ทวิภรณ์ ศิริคช ธวัชชัย ศรีสุวรรณ รอกิเยาะ ตาเละ โรสนานี เหมตระกูลวงศ์ สุาปีน๊ะ เจ๊ะสะอิ และสนั่น ศุภธีรสกุล. (2557). “ผลของเวลาและอุณหภูมิในการนึ่งฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผงขมิ้นชัน”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 17(1), 57-67.
- [8] Sukul, S. and Sheth, M. (2012). “Can Sanitizers Reduce Microbial Load of Coriander Leaves?”, **Nutrition & Food Science**. 42(1), 12-20.
- [9] Ministry Of Public Health. (1998). **Thai Herbal Pharmacopoeia. Vol. 1**. Department of Medical Sciences. Bangkok: Prachachon.
- [10] Ministry Of Public Health. (2009). **Thai Herbal Pharmacopoeia. Vol. 3**. Department of Medical Sciences. Bangkok: Prachachon.
- [11] World Health Organization. (1999). **WHO Monographs on Selected Medicinal Plants. Vol. 1**. Geneva: WHO.
- [12] United States Pharmacopeia. (n.d.). Dietary Supplements: Ginger Retrieved January 19, 2014, from http://www.pharmacopeia.cn/v29240/usp29nf24s0_m34965.html.
- [13] Kubra I.R. and Rao L.J.M. (2012). “Separation of Polyphenol Rich Fraction from Dried Ginger Rhizomes”, **Journal of Applicable Chemistry**. 1(3), 368-375.
- [14] Sukrasno, Waningsih, E.S. and Fidrianny, I. (2014). “Heating Effect of Ginger (*Zingiber officinale* Rosc) in Content of Volatile Oil and Oleoresin”, **International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences**. 5(2), 132-136.
- [15] วทันยา ลิ้มปยอม ญัฏฐา เลาทกุลจิตต์ ภรณ์ทิพย์ ดุษฎีลาวัณย์ และเกษรา วามะศิริ. (2557). “องค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของน้ำมันหอมระเหยขิง”, **วารสารวิจัยและพัฒนา มจร**. 37(3), 297-311.
- [16] Menon, A. N., Padmakumari, K. P., Kutty, B. S., Sumathikutty, M. A., Sreekumar, M. M. and Arumugham, C. (2007). “Effects of Processing on the Flavor Compounds of Indian Fresh Ginger (*Zingiber Officinale* Rosc.)”, **Journal of Essential Oil Research**. 19(2), 105-109.

- [17] Kizhakkayil, J. and Sasikumar, B. (2012). "Characterization of Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Germplasm Based on Volatile and Non-volatile Components", **African Journal of Biotechnology**. 11(4), 777-786.
- [18] Puengphian, C. and Sirichate, A. (2008). "6-Gingerol Content and Bioactive Properties of Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe) Extracts from Supercritical CO₂ Extraction", **Asian Journal of Food and Agro-Industry**. 1(01), 29-36.



ใบมีดกรีดยางสำหรับเครื่องกรีดยางอัตโนมัติ Rubber Tapping Blades for Automatic Rubber Tapping Machine

นริศรา มหธานินวงศ์¹ เที่ยรศักดิ์ ชูชีพ¹ นงเยาว์ เมืองดี¹ ภูริวัฒน์ เพ็ชรนิคม²

อนุพงษ์ สุวรรณมณี² และเอกพัฒน์ ช่วยเมือง²

Narissara Mahathaninwong^{1*}, Thiensak Chuchee¹, Nongyao Muangdee¹, Phuriwat Petnikom²,
Anupong Suwanmanee² and Akkapat Chuaymeung²

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพการกรีดของมีดกรีดยางที่ได้ออกแบบและสร้างขึ้นสำหรับรองรับเครื่องกรีดยางอัตโนมัติ โดยได้ออกแบบมีดกรีดยางแบบวงกลม 3 รูปแบบ ซึ่งมีดกรีดยางแบบที่ 1 มีลักษณะใบมีดรูปตัวยู แบบที่ 2 ใช้เม็ดมีดเป็นคมมีด และแบบที่ 3 ใช้ลักษณะของใบมีดแบบมีดกรีดยางเจาะบง จากการศึกษาพบว่ามีดกรีดยางแบบที่ 2 ให้ค่าความสิ้นเปลืองเปลือกเฉลี่ยต่ำที่สุดที่ 1.98-2.17 มิลลิเมตร ส่วนมีดกรีดยางแบบที่ 1 ให้ค่าความสิ้นเปลืองเปลือกเฉลี่ย 2.67-2.90 มิลลิเมตร และมีดกรีดยางแบบที่ 3 มีค่าความสิ้นเปลืองเปลือกเฉลี่ยสูงสุดเป็น 2.91-3.11 อย่างไรก็ตามมีดกรีดยางแบบที่ 1 เหมาะสมสำหรับเครื่องกรีดยางพาราอัตโนมัติมากกว่าแบบ 2 และ 3 เนื่องจากให้ค่าความกว้างของรอยกรีดใกล้เคียงความหนาเปลือกยางมากที่สุด 4.58 มิลลิเมตร และหน้ายางที่ได้มีความเรียบที่สุด นอกจากนี้พบว่าประสิทธิภาพในการกรีดยังขึ้นอยู่กับความเร็วรอบในการหมุนของมีดกรีดยางวงกลม โดยความเร็วรอบการหมุนเพิ่มขึ้นค่าความสิ้นเปลืองเปลือกเพิ่มขึ้น และเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นลักษณะหน้ายางจะมีความเรียบมากขึ้น

คำสำคัญ: ใบมีดกรีดยาง ใบมีดกรีดยางแบบวงกลม เครื่องกรีดยางอัตโนมัติ

¹ อ.ดร., สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84000

² นักศึกษาปริญญาตรี สาขาวิชาเทคโนโลยีการจัดการอุตสาหกรรม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ สุราษฎร์ธานี 84000

* Corresponding author: e-mail: narissara.s@psu.ac.th Tel.: 081-7878082

Abstract

The objective of this investigation was to study the performance of rubber tapping blades designed for an automatic para rubber tapping machine. Three types of the circular tapping knife: (1) a U shaped cutting blade, (2) an inset blade and (3) a “Jebong” blade were designed and fabricated. The results showed that the type 2 knife obtained the minimum average of bark wastage (1.98-2.17 mm) during the study. On the other hand, the average bark wastage for the type 1 knife was increased to 2.67-2.90 mm. The type 3 rubber tapping knives had the average bark wastage of maximum of 2.91-3.11 mm, compared to type 1 and type 2. Despite, the type 1 rubber tapping knife was more suitable for the automatic rubber tapping machine than type 2 and 3, because the incised rubber tree bark was smoother and the width was 4.58 mm. Additionally, the cutting efficiency depended on circular knife rotation speed because the bark wastage increased in relation to the increase of circular rotation of knife speeds. Furthermore, the incised rubber tree bark was smoother when the circular knife rotation speeds increased.

Keywords: Rubber Tapping Blade, Circular Rubber Tapping Blade, Automatic Rubber Tapping Machine

บทนำ

ในอดีตการผลิตยางพาราจะใช้แรงงานในครัวเรือน มีการถ่ายทอดเทคนิคต่างๆ ในการกรีดยางให้กับคนในครอบครัว แต่ปัจจุบันบุตรหลานในครอบครัวมีการศึกษาระดับสูงขึ้น ทำให้มีการจ้างแรงงานในการกรีดยางแทนคนในครอบครัว และการผลิตยางพาราเป็นการผลิตเพื่ออุตสาหกรรมมากขึ้น การขาดแคลนแรงงานที่มีทักษะและความชำนาญในการกรีดยางพาราจึงเกิดขึ้น [1] เมื่อแรงงานขาดทักษะและความชำนาญ จะส่งผลให้ผลผลิตที่ออกมาได้ไม่เต็มที่และอาจจะทำให้ต้นยางพาราเสียหายจากการกรีดที่ไม่ถูกวิธี

ทั้งนี้อุปสรรคสำคัญสำหรับเกษตรกรชาวสวนยาง คือ มีดกรีดยาง ซึ่งมีดกรีดยาง “มีดเจ๊ะบง” เป็นมีดกรีดยางที่นิยมใช้ในหมู่เกษตรกรชาวสวนยางทั่วไปนับเป็นเวลาร้อยกว่าปีที่มีสวนยางพาราเกิดขึ้น มีดเจ๊ะบงก็ยังคงยังเป็นที่ยอมรับสำหรับเกษตรกรชาวสวนยางจนถึงปัจจุบัน เนื่องจากใช้งานง่าย สามารถกรีดยางได้ดี มีดกรีดยางนั้น ต้องมีการลับแต่งให้มีสภาพที่เหมาะสมก่อนที่ทำการกรีด อีกทั้งผู้กรีดต้องฝึกใช้มีดจนมีความชำนาญในการใช้ด้วย [2] การใช้มีดกรีดยางของเกษตรกรชาวสวนยางต้องลับคมมีดกรีดยางทุกวันเพื่อให้กรีดเปลือกได้บางโดยไม่ต้องออกแรงมากและหลีกเลี่ยงบาดเจ็บที่ทำให้หน้ายางเสียหาย ซึ่งในการลับคมมีดกรีดยางจะต้องอาศัยความชำนาญ ส่วนการกรีดยางก็จำเป็นต้องใช้ความชำนาญของคนกรีดแต่ละคนด้วย หากกรีดเปลือกยางหนาหรือสั่นเปลือกเปลือยกายมากระยะเวลาที่จะได้ผลผลิตจากต้นยางจะสั้นลงและปริมาณผลผลิตน้ำยางที่ได้จะน้อยกว่าเมื่อเทียบกับการกรีดที่มีการสั่นเปลือกเปลือยกายน้อย ส่วนการกรีดที่ลึกเกินไปจนถึงเนื้อไม้ (ความกว้างของรอยกรีดที่กว้างเกินไป) จะไปทำลายชั้นของเยื่อเจริญ จะส่งผลต่อเปลือกยางที่งอกใหม่ไม่สม่ำเสมอและไม่สามารถกรีดซ้ำได้ แต่หากการกรีดที่รอยกรีดแคบเกินไปจะตัดผ่านท่อน้ำยางได้น้อยผลผลิตน้ำยางที่ได้ก็จะน้อยตามไปด้วย [3] ในกรณีที่คมของใบมีดหักหรือชำรุดก็จะต้องเปลี่ยนใหม่ จากผลการสำรวจพบว่า ปัญหาหลักเกี่ยวกับประสิทธิภาพการใช้งานมีดกรีดยาง คือ คมมีดกรีดยางแตกหักง่าย บิ่น ความคมไม่สม่ำเสมอ คมมีดไม่ทนทาน และคมตัดสึกหรอเร็ว [4]

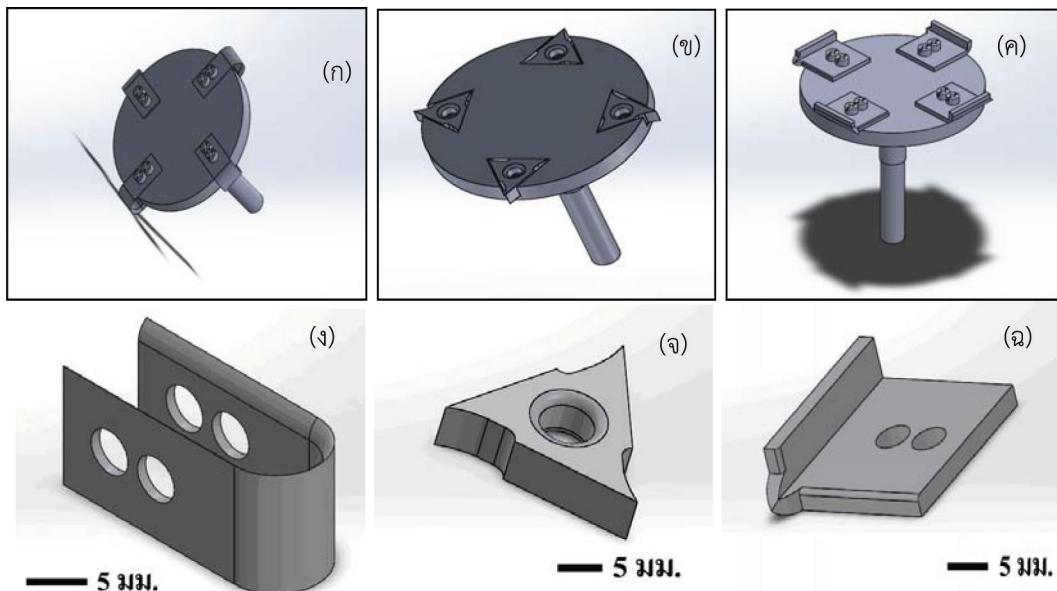
ด้วยเหตุนี้จึงมีการวิจัยออกมาเพื่อรองรับปัญหาที่เกิดขึ้นในหลายๆ ด้าน เช่น มีดกรีดยางพาราในรูปแบบที่ถอดเปลี่ยนใบมีดได้ [5] เครื่องต้นแบบกรีดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า [6] ได้มีการออกแบบ สร้าง ทดสอบ และประเมินผล เครื่องต้นแบบกรีดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า โดยศึกษาหามุมมีด มุมเอียงใบมีด จำนวนฟัน อัตราป้อนต่อฟันที่เหมาะสม และเปรียบเทียบประสิทธิภาพเทียบกับมีดกรีดยางเจี๊ยะบง เพื่อให้ได้ซึ่งคุณภาพการกรีดยางที่ดีกว่า ความหนาของเปลือกที่เป็นมาตรฐานและการสิ้นเปลืองเปลือกที่น้อยลง ไม่ต้องอาศัยความชำนาญของชาวสวนยาง รวมถึงมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์มีการศึกษาวิจัยในการสร้างเครื่องกรีดยางอัตโนมัติด้วยเช่นกัน

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้ทำการออกแบบและสร้างใบมีดกรีดยางสำหรับรองรับเครื่องกรีดยางอัตโนมัติดังกล่าว โดยออกแบบให้สามารถสามารถถอดเปลี่ยนใบมีดได้และเลือกใบมีดที่สามารถหาซื้อเปลี่ยนใบมีดได้ง่ายในท้องตลาด และศึกษาเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการกรีดของมีดกรีดยางดังกล่าว

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การออกแบบและสร้างมีดกรีดยางแบบวงกลม

ในภาพที่ 1 (ก)-(ค) แสดงมีดกรีดยางวงกลมที่ออกแบบ 3 แบบ มีฐานเป็นวงกลมเส้นผ่านศูนย์กลาง 60 มิลลิเมตร หนา 7 มิลลิเมตร แต่ละแบบใช้ใบมีด 4 ใบ ยึดใบมีดกับฐานด้วยน็อต โดยมีการปรับรูเจาะที่ใช้ในการยึดคมมีดให้ทำมุมเอียง 45 องศา ด้ามมีดทรงกระบอกแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนแรกติดกับฐานมีดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 30 มิลลิเมตร ส่วนที่สองเป็นส่วนจับยึดกับชุดทดสอบการกรีด เส้นผ่านศูนย์กลาง 9 มิลลิเมตร ยาว 40 มิลลิเมตร ลักษณะใบของมีดกรีดยางแบบวงกลม 3 แบบ ดังแสดงในภาพที่ 1 (ง) -(ฉ) มีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 1 มีลักษณะใบมีดรูปตัวยู แบบที่ 2 ใช้มีดมีดเป็นคมมีด และแบบที่ 3 ใช้ลักษณะของใบมีดแบบมีดกรีดยางเจี๊ยะบง โดยใบมีดกรีดยางทั้ง 3 แบบ สามารถปรับเปลี่ยนใบมีดได้ และสามารถหาซื้อใบมีดดังกล่าวได้จากท้องตลาดทั่วไป



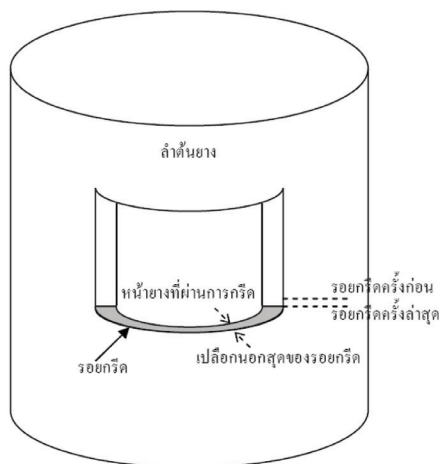
ภาพที่ 1 รูปแบบมีดกรีดยางวงกลม (ก) แบบที่ 1 (ข) แบบที่ 2 (ค) แบบที่ 3
และใบมีดสำหรับมีดกรีดยางวงกลม (ง) แบบที่ 1 (ฉ) แบบที่ 2 (ฉ) แบบที่ 3

2. ทดสอบประสิทธิภาพการกรีดของมีดกรีดยางแบบวงกลม

ประกอบมีดกรีดยางแบบวงกลมเข้ากับชุดทดสอบการกรีดดังภาพที่ 2 (ก) ใช้ส่วนเป็นตัวควบคุมความเร็วของมีดกรีดยางวงกลม เนื่องจากความเร็วรอบที่ใช้ต่ำสุดที่สามารถกรีดได้โดยไม่ทำให้ส่วนไฟฟ้าหยุดหมุนอยู่ที่ประมาณ 1,000 รอบต่อนาที (หมุนโดยไม่มีโหลด) จึงใช้ความเร็วรอบนี้เป็นความเร็วเริ่มต้นและทดสอบในช่วง 3 ความเร็วรอบคือ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที โดยลำต้นยางที่นำมาทดสอบมีเส้นรอบวงประมาณ 50 เซนติเมตร ในการทดสอบประสิทธิภาพการกรีดของมีดกรีดยางแบบวงกลม จะทำการศึกษาใน 2 ส่วน คือ 1) ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบใบมีดกรีดยางต่อการสิ้นเปลืองเปลือยกยางและความกว้างของรอยกรีด 2) ศึกษาอิทธิพลของรูปแบบใบมีดกรีดยางต่อลักษณะของหน้ายาง โดยการทดสอบการกรีดจะใช้อัตราเร็วในการกรีดเท่ากันเท่ากับ 0.017 เมตรต่อวินาที และทำการทดสอบ 3 ครั้ง สำหรับมีดกรีดยางแต่ละแบบและแต่ละความเร็วรอบ หลังการกรีดยางการวัดความสิ้นเปลืองเปลือยกยางจะวัดค่าจากรอยกรีดครั้งก่อนจนมาถึงร่องที่ทำการกรีดล่าสุดและอ่านค่าที่ได้ในหน่วยมิลลิเมตร ส่วนความกว้างของรอยกรีดยางพาราที่กรีดได้จะวัดค่าที่ได้ต่อการกรีด 1 ครั้ง ซึ่งจะทำให้การวัดค่าระหว่างเปลือกนอกสุดของรอยกรีดที่ยังไม่ผ่านการกรีดเข้าไปจนถึงหน้ายางที่กรีดแล้ว อ่านค่าที่ได้ในหน่วยมิลลิเมตร ดังแสดงในภาพที่ 2(ข) ซึ่งสุ่มวัดจากหน้ายางจำนวน 3 จุด แล้วนำมาเฉลี่ยหาค่าการกรีดในครั้งนั้นๆ โดยใช้เวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ หลังจากนั้นทำการถ่ายภาพหน้ายาวที่ผ่านการกรีดเพื่อศึกษาลักษณะของหน้ายาง



(ก)



(ข)

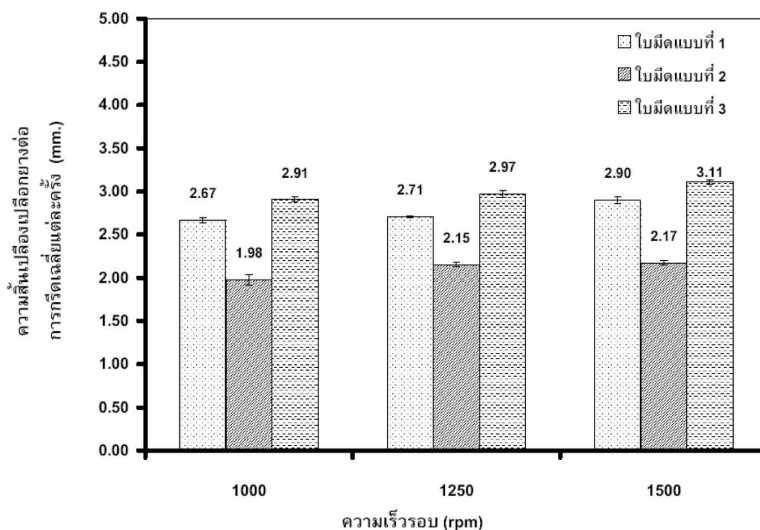
ภาพที่ 2 (ก) ชุดทดสอบการกรีด (ข) ภาพจำลองแสดงการวัดความสิ้นเปลืองเปลือกและความกว้างของรอยกรีด

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ประสิทธิภาพในการกรีดจะวัดจากความสัมพันธ์ของเปลือกองยางต่อการกรีดแต่ละครั้ง ความกว้างของรอยกรีด และลักษณะหน้ายาง (ความเรียบของหน้ายาง) ซึ่งผลการศึกษา โดยทดลองใบมีดทั้ง 3 รูปแบบที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที แต่ละความเร็วรอบทดลองกรีด 3 ครั้ง และคิดค่าเฉลี่ยที่ได้สำหรับความเร็วรอบนั้นๆ

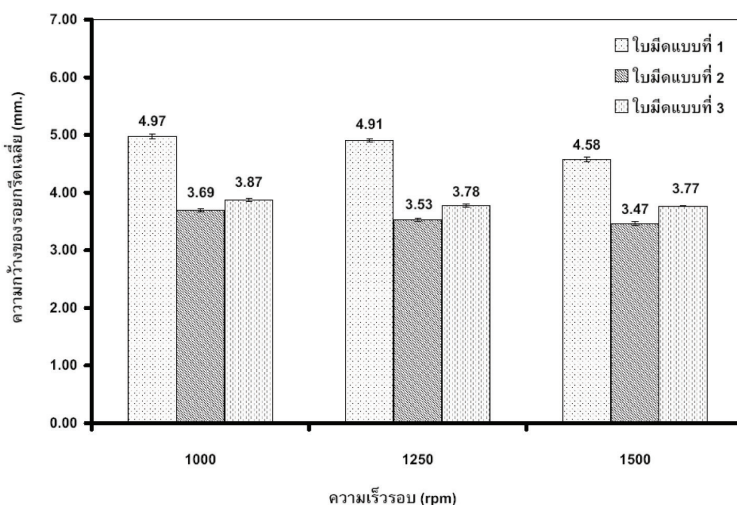
1. อิทธิพลของรูปแบบใบมีดต่อความสัมพันธ์ของเปลือกองยางและความกว้างของรอยกรีด

พบว่าสำหรับใบมีดวงกลมแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที ให้ค่าความสัมพันธ์ของเปลือกองยางที่ 2.67 2.71 และ 2.90 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใบมีดแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที ให้ค่าความสัมพันธ์ของเปลือกองยางที่ 1.98 2.15 และ 2.17 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใบมีดแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที ให้ค่าความสัมพันธ์ของเปลือกองยางที่ 2.91 2.97 และ 3.11 มิลลิเมตร ตามลำดับ ดังแสดงในภาพที่ 3 เมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นความสัมพันธ์ของเปลือกองยางต่อการกรีดแต่ละครั้งจะเพิ่มขึ้นด้วย ทั้งนี้ค่าที่ได้จากการทดลองของมีดกรีดยางวงกลมแต่ละแบบมีค่าที่แตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับรูปแบบของใบมีดแบบนั้นๆ ซึ่งเมื่อเปรียบเทียบกับคำแนะนำของกรมวิชาการ [7] ความสัมพันธ์ของเปลือกองยางในการกรีดแต่ละครั้งควรอยู่ระหว่าง 1.7-2.0 มิลลิเมตร หรือเดือนละประมาณ 2.5-3.0 เซนติเมตรจากความสูงที่เริ่มเปิดกรีด 150 เซนติเมตร จากระดับพื้นดิน จะทำให้กรีดหมด 1 หน้ากรีดภายใน 4-6 ปี หรือกรีดหมดทั้ง 2 หน้ากรีดภายใน 8-12 ปี จากความจริงที่เกษตรกรชาวสวนยางปฏิบัติอยู่มักจะกรีดเส้นเปลือกองยางครั้งละ 2.5-3.0 มิลลิเมตร หรือเดือนละประมาณ 5.0-6.0 เซนติเมตรจากความสูงที่เริ่มเปิดกรีด 150 เซนติเมตรจากระดับพื้นดิน จะทำให้กรีดหมด 1 หน้ากรีดภายใน 2-3 ปี หรือกรีดหมดทั้ง 2 หน้ากรีดภายใน 4-6 ปีเท่านั้น พบว่าใบมีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 2 ให้ผลที่มีความใกล้เคียงกับคำแนะนำของกรมวิชาการ [7] มากที่สุดที่ 1.7-2.0 มิลลิเมตร คือที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที ให้ค่าความสัมพันธ์ของเปลือกองยางเท่ากับ 1.98 มิลลิเมตร แต่หากเปรียบเทียบกับในทางปฏิบัติที่เกษตรกรชาวสวนยางกรีดแล้วพบว่าใบมีดวงกลมแบบที่ 1 จะให้ผลการทดลองที่มีความใกล้เคียงกว่าแบบที่ 2 และให้ความสัมพันธ์ของเปลือกองยางน้อยที่สุดที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที ให้ค่าความสัมพันธ์ของเปลือกองยางเท่ากับ 2.67 มิลลิเมตร อาจกล่าวได้ว่าความเร็วรอบในการกรีดที่ 1,000 รอบต่อนาที ทำให้ผลใกล้เคียงกับคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร [7] และทางปฏิบัติมากที่สุด



ภาพที่ 3 อิทธิพลของรูปแบบใบมีดต่อความสัมพันธ์ของเปลือกองยาง

เมื่อนำผลจากการทดลองเปรียบเทียบกับงานวิจัยของยงยุทธ [6] ซึ่งมีค่าของความสั่นเปลี่ยนเปลือกยางโดยการกรีดแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้าอยู่ในช่วง 1.47-3.45 มิลลิเมตร ด้วยการทดสอบของคนกรีด 15 คน ซึ่งมีความใกล้เคียงกับคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร [7] 60 เปอร์เซ็นต์ พบว่าค่าความสั่นเปลี่ยนเปลือกที่ทดลองที่ใกล้เคียงกับคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร [7] มากที่สุดที่ 1.7-2.0 มิลลิเมตร คือใบมีดแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที อยู่ที่ 1.98 มิลลิเมตร ซึ่งมีค่าอยู่ในช่วงของค่าที่ทดสอบได้ของงานวิจัยของยงยุทธ [6] และหากเปรียบเทียบกับการปฏิบัติจริงของเกษตรกรชาวสวนยางที่ 2.5-3.0 มิลลิเมตร คือใบมีดแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบ 1,000 รอบต่อนาที จะอยู่ที่ 2.67 มิลลิเมตร ซึ่งค่าที่ได้อยู่ในช่วงค่าที่ทดสอบได้ของงานวิจัยของยงยุทธ [6] เช่นกัน



ภาพที่ 4 อิทธิพลของรูปแบบใบมีดต่อความกว้างของรอยกรีด

อย่างไรก็ตามความกว้างของรอยกรีดก็มีผลต่อประสิทธิภาพในการกรีดเช่นกัน ซึ่งโดยปกติแล้วจะต้องกรีดให้ห่างจากเนื้อเยื่อเจริญของต้นราว 0.5 มิลลิเมตร ตามคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตร [7] เนื่องจากจำนวนวงของท่อน้ำยางหนาแน่นในบริเวณเปลือกชั้นในสุด โดยเฉพาะในระยะ 1-3 มม. ของเยื่อเจริญ ดังนั้นในการกรีดยางควรจะต้องกรีดให้ถึงบริเวณนี้ รอยกรีดที่กว้างเกินไปจะไปทำลายชั้นของเยื่อเจริญหรือเกิดบาดแผล ซึ่งเยื่อเจริญเป็นส่วนที่สร้างเนื้อเยื่อใหม่มาทดแทน ถ้าหากถูกทำลายก็จะไม่สามารถสร้างเปลือกใหม่ในบริเวณนั้นได้หรือทำให้เปลือกงอกใหม่ไม่เรียบสม่ำเสมอเป็นรอยตะปุ่มตะป่ำ การเก็บเกี่ยวผลผลิตจากเปลือกงอกใหม่จะไม่สะดวก แต่หากรอยกรีดแคบเกินไปก็จะตัดกรีดผ่านท่อน้ำยางได้น้อยผลผลิตน้ำยางที่ได้ก็จะน้อยไปด้วย สำหรับท่อน้ำยางพาราที่นำมาทดลองครั้งนี้ความหนาของเปลือกอยู่ที่ราว 5 มิลลิเมตร ฉะนั้นหากกรีดให้ได้ประสิทธิภาพจะต้องกรีดให้มีความกว้างรอยกรีดใกล้เคียงกับความหนาของเปลือกท่อน้ำยางพาราที่นำมาทดลองมากที่สุดเพราะเป็นการกรีดที่ตัดผ่านท่อน้ำยางมากที่สุดโดยไม่ทำลายเนื้อเยื่อเจริญ ซึ่งจากผลการทดลองพบว่าใบมีดสามแบบเมื่อความเร็วรอบเพิ่มขึ้นความกว้างของหน้ายางจะลดลง ดังแสดงภาพที่ 4 โดยใบมีดวงกลมแบบที่ 1 ที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที ให้ค่าความกว้างของรอยกรีดเฉลี่ยที่ 4.97 4.91 และ 4.58 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใบมีดวงกลมแบบที่ 2 ที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที ให้ค่าความกว้างของรอยกรีดเฉลี่ยที่ 3.69 3.53 และ 3.47 มิลลิเมตร ตามลำดับ ใบมีดวงกลมแบบที่ 3 ที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที ให้ค่าความกว้างของรอยกรีดเฉลี่ยที่ 3.87 3.78 และ 3.77 มิลลิเมตร ตามลำดับ จะเห็นได้ว่าหากใช้ความเร็วรอบสูงขึ้น ค่าความกว้างของรอยกรีดจะลดลง

2. อิทธิพลของรูปแบบใบมีดต่อลักษณะของหน้ายาง

สำหรับลักษณะของหน้ายางที่ผ่านการกรีดด้วยมีดกรีดยางวงกลมทั้งสามแบบที่ความเร็วรอบ 1,000 1,250 และ 1,500 รอบต่อนาที แสดงดังภาพที่ 5-7 พบว่าใบมีดแบบที่ 1 และ 2 มีลักษณะหน้ายางเรียบใกล้เคียงกันโดยเฉพาะเมื่อความเร็วรอบสูงขึ้น หน้ายางจากการกรีดด้วยใบมีดแบบที่ 1 ค่อนข้างมีผิวหน้ายางที่เรียบไม่กรีดโดนเนื้อเยื่อเจริญไม่ทำให้หน้ายางเกิดบาดแผล แต่ใบมีดแบบที่ 2 หน้ายางที่ได้จะมีบาดแผลบางตำแหน่ง ใบมีดแบบที่ 3 หน้ายางจะไม่เรียบเมื่อเทียบกับมีดกรีดยางแบบที่ 1 และ 2 และมีรอยบาดแผล ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่ารูปร่างของใบมีดที่ต่างกันจะมีผลต่อความเรียบของหน้ายาง โดยใบมีดแบบที่ 1 มีลักษณะใบมีดรูปตัวยู จะมีส่วนที่โค้งมนทำให้การเคลื่อนของใบมีดราบเรียบกว่าใบมีดแบบที่ 2 และ 3 ซึ่งคมของใบมีดจะมีมุมแหลมดังภาพ 1(จ) และ (ฉ) อย่างไรก็ตามเมื่อเปรียบเทียบทั้งค่าความสิ้นเปลืองเปลือยกาย ค่าความกว้างของรอยกรีด และลักษณะหน้ายางที่กรีดได้ พบว่ามีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 1 จะมีความกว้างของรอยกรีดใกล้เคียงกับความหนาของเปลือยกายมากที่สุด ประกอบกับหน้ายางที่ได้มีความเรียบมากที่สุด ทำให้ประสิทธิภาพในการกรีดดีกว่ามีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 2 และ 3 แต่ควรกรีดด้วยความเร็วรอบสูงเพราะทำให้หน้ายางมีความเรียบมากขึ้น



ภาพที่ 5 ลักษณะของหน้ายางจากการกรีดด้วยมีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 1 ด้วยความเร็ว (ก) 1,000 รอบต่อนาที (ข) 1,250 รอบต่อนาที และ (ค) 1,500 รอบต่อนาที



ภาพที่ 6 ลักษณะของหน้ายางจากการกรีดด้วยมีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 2 ด้วยความเร็ว (ก) 1,000 รอบต่อนาที (ข) 1,250 รอบต่อนาที และ (ค) 1,500 รอบต่อนาที



ภาพที่ 7 ลักษณะของหน้ายางจากการกรีดด้วยมีดกรีดยางวงกลมแบบที่ 3 ด้วยความเร็ว (ก) 1,000 รอบต่อนาที (ข) 1,250 รอบต่อนาที และ (ค) 1,500 รอบต่อนาที

สรุปผลการวิจัย

สำหรับรูปแบบของใบมีดทั้งสามเมื่อผ่านการทดลองพบว่า ค่าความสิ้นเปลืองเปลือกยางสำหรับใบมีดแบบที่ 2 จะให้ค่าที่มีความใกล้เคียงกับคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรมากที่สุดซึ่งมีค่าอยู่ที่ 1.7-2.0 มิลลิเมตร แต่สำหรับในทางปฏิบัติแล้วเกษตรกรชาวสวนยางจะกรีดอยู่ที่ 2.5-3.0 มิลลิเมตร ซึ่งใบมีดแบบที่ 1 จะมีความใกล้เคียงกับการกรีดในทางปฏิบัติมากที่สุด ส่วนความกว้างของรอยกรีดนั้นใบมีดแบบที่ 1 จะให้ค่าความกว้างของรอยกรีดที่มีความใกล้เคียงกับความหนาของเปลือกท่อนยางมากที่สุด ซึ่งเปลือกของท่อนยางพาราที่นำมาทดลองจะอยู่ที่ประมาณ 5 มิลลิเมตร จากผลการทดลองที่ได้ดังกล่าวเมื่อเปรียบเทียบกับลักษณะหน้ายางที่ได้ พบว่าใบมีดแบบที่ 1 จะให้ความเรียบมากกว่าแบบที่ 2 เล็กน้อย ดังนั้นใบมีดรูปแบบที่ 1 จึงให้ประสิทธิภาพการกรีดที่ดีที่สุด มีความใกล้เคียงกับการปฏิบัติงานจริงของเกษตรกรชาวสวนยางพาราและหน้ายางมีความเรียบมากกว่าใบมีดแบบที่ 2 และ 3

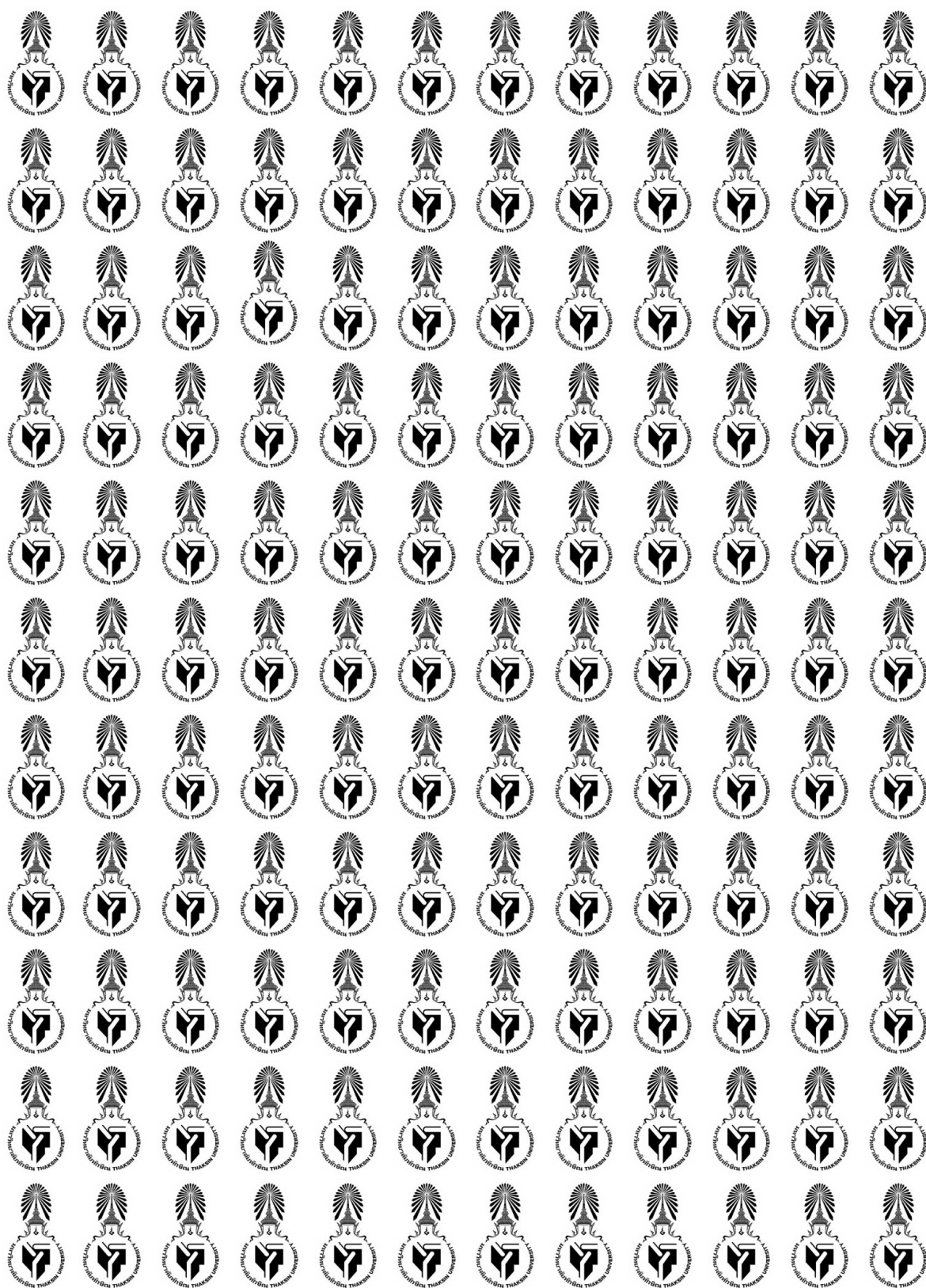
ทั้งนี้พบว่าใบมีดทั้งสามรูปแบบเมื่อความเร็วรอบเพิ่มสูงขึ้น จะมีความสิ้นเปลืองเปลือกเพิ่มขึ้นเล็กน้อย ความกว้างของรอยกรีดลดลงเล็กน้อย และลักษณะของหน้ายางที่ได้มีความเรียบเพิ่มมากขึ้น ซึ่งหากใช้ความเร็วรอบต่ำค่าที่ได้จะมีความใกล้เคียงกับคำแนะนำของกรมวิชาการเกษตรมากกว่าความเร็วรอบสูง แต่หากเปรียบเทียบกับหน้ายางที่ได้กรีดที่ความเร็วรอบต่ำจะทำให้หน้ายางไม่เรียบ จึงสรุปได้ว่าควรใช้การกรีดที่ความเร็วรอบสูงจะมีประสิทธิภาพการกรีดที่ดีที่สุด

คำขอบคุณ

งานวิจัยในครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนจากงบประมาณแผ่นดินมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์(สัญญาเลขที่ SIT570124M) และกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี ประจำปี 2559 ขอขอบคุณมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตสุราษฎร์ธานี สำหรับทุนอุดหนุนโครงงานนักศึกษา และสถานวิจัยความเป็นเลิศด้านวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- [1] อัจราพร ทற்பูน. (2554). พฤติกรรมการปฏิบัติงานของแรงงานครัวเรือนในระบบการผลิตยางพาราจังหวัดสงขลา. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาพัฒนามนุษย์และสังคม มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [2] สมดุลย์ พวกเกาะ. (2557). แท่นลับมีดกรีดยางเจี๊ยะบง. ศูนย์ส่งเสริมและพัฒนาอาชีพการเกษตรจังหวัดหนองคาย (พืชสวน).
- [3] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. (2544). การกรีดยาง คำแนะนำทางวิชาการสำหรับเจ้าของสวนยาง. สืบค้นเมื่อ 30 พฤษภาคม 2558, จาก http://www.rubberthai.com/rubberthai/index.php?option=com_content&view=article&id=16695:2011-11-25-17-44-25&catid=10:2010-05-04-03-57-14.
- [4] สหรัตน์ วงษ์ศรียะ ชานนท์ มุลวรรณ สมเดช อังคะวะระ และสมนึก วัฒนศรีกุล. (2546). “การศึกษาสถานะภาพการใช้งานการผลิตและประสิทธิภาพของมีดกรีดยางพาราที่จำหน่ายภายในประเทศ”, ใน รายงานการประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 4, 257-264. วันที่ 13-14 มีนาคม 2546. นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [5] มะนายนี ราหู. (2552). มีดกรีดยาง. สิทธิบัตรเลขที่ 4047 ชื่อสิ่งประดิษฐ์ มีดกรีดยาง ผู้ประดิษฐ์และออกแบบ นายมะนายนี ราหู เลขที่คำขอ 0303001096.
- [6] ยงยุทธ์ เสี่ยงดัง. (2551). การออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบกรีดยางพาราแบบใช้มอเตอร์ไฟฟ้า. วิทยานิพนธ์ปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- [7] สถาบันวิจัยยาง กรมวิชาการเกษตร. (2538). คำแนะนำเกี่ยวกับการกรีดยาง. สืบค้นเมื่อ 22 มีนาคม 2558, จาก <http://www.rubberthai.com/about/data.php>.



การย่อยสลายของซากพืช และการปลดปล่อยธาตุอาหาร ในป่าชุมชน
บ้านหนองหิน อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง
Litter Decomposition and Nutrient Release in Ban Nong-Tin
Community Forest, Phapayom District, Phatthalung Province

อานุช คีรีรัตนิกม^{1*} สุภฎา คีรีรัตนิกม² และทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร³
Anut Kiriratnikom^{1*}, Suphada Kiriratnikom² and Tiptiwa Sumpunthamit³

บทคัดย่อ

การศึกษานี้มีวัตถุประสงค์เพื่อตรวจสอบการย่อยสลายของซากพืชและปลดปล่อยธาตุอาหาร ในป่าชุมชนบ้านหนองหิน โดยได้ทำการฝังถุงซากพืช ขนาด 20 x 30 เซนติเมตร บรรจุซากพืช 10 กรัม/ถุง ไว้ในดินบน ลึก 10 เซนติเมตร จากผิวดิน และทำการเก็บถุงซากพืชที่ระยะ 1 2 3 4 6 8 10 และ 12 สัปดาห์ จากนั้นนำมาศึกษาการย่อยสลาย และการปลดปล่อยธาตุอาหาร พบว่า ใบไม้ในป่าชุมชนบ้านหนองหินถูกย่อยสลายไปมากกว่าร้อยละ 50 ภายในระยะเวลา 69 วัน โดยค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) เท่ากับ 0.01 และเมื่อนำมาวิเคราะห์ถึงการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม พบว่า ป่าชุมชนบ้านหนองหินมีการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียม มากที่สุดเท่ากัน คือ 4.79 ± 0.33 กิโลกรัม/ไร่/ปี สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสพบว่ามี การปลดปล่อยเพียง 0.12 ± 0.01 กิโลกรัม/ไร่/ปี

คำสำคัญ: การย่อยสลาย การปลดปล่อยธาตุอาหาร ป่าชุมชนบ้านหนองหิน

¹ ผศ., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² ผศ.ดร., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

³ อ., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

* Corresponding author: e-mail: anut59@hotmail.com Tel./ Fax: 074-693992 ต่อ 2250

Abstract

The Objective of this study was to estimate litter decomposition and nutrient release in Ban Nong-Tin Community Forest, Phapayom District, Phatthalung Province. Litter bags with the dimension of 20x30 cm containing 10 grams of litter were buried (10 cm of soil depth). The decomposing litter was collected on week 1, 2, 3, 4, 6, 8, 10 and 12 respectively, to analyze for litter decomposition and nutrient release. The results showed that the decomposition rate of leaf was reduced by more than >50% within 69 days and the decomposition constant (k) was 0.01. Results from nutrient releasing study showed that Ban Nong-Tin community forest had the same maximum releasing rate of nitrogen and potassium which was 4.79 ± 0.33 kg/rai/yr. For the phosphorus release, it was only 0.12 ± 0.01 kg/rai/yr.

Keywords: Litter Decomposition, Nutrient Release, Ban Nong-Tin Community Forest

บทนำ

ป่าชุมชนบ้านหนองหินเป็นป่าดิบชื้นที่มีเนื้อที่ประมาณ 18 ไร่ และเป็นป่าที่มีศักยภาพในการสะสมคาร์บอน 129.55 ตัน คาร์บอน/เฮกแตร์ [1] ทั้งนี้การเพิ่มประสิทธิภาพการสะสมคาร์บอนจะขึ้นอยู่กับอัตราการเจริญเติบโตของต้นไม้ ซึ่งจะสัมพันธ์กับความอุดมสมบูรณ์ของดิน อย่างไรก็ตามความอุดมสมบูรณ์ของดินจะขึ้นอยู่กับปริมาณซากพืชและกระบวนการย่อยสลาย โดยกระบวนการย่อยสลายเป็นกระบวนการที่สิ่งมีชีวิตทั้ง พืช สัตว์ และจุลินทรีย์ เมื่อตายลงจะถูกย่อยสลายเปลี่ยนสภาพเป็นอนินทรีย์สาร ซึ่งพืชสามารถนำกลับไปใช้ได้ หรือทำให้เกิดการหมุนเวียนธาตุอาหาร (Nutrient Cycling) สำหรับกระบวนการหมุนเวียนของธาตุอาหารของป่าที่เกิดขึ้นตามธรรมชาติจะเริ่มจากการที่ใบกิ่ง ดอก ผล และส่วนอื่นๆ ของพืชร่วงหล่นลงสู่ดินจากนั้นจะค่อยๆ สลายตัวเป็นอนุภาคขนาดเล็กโดยกระบวนการทางฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา ซึ่งกระบวนการสลายของซากพืชในระบบนิเวศป่าไม้จะเร็วหรือช้าขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ สารประกอบเคมีในซากพืช และกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆ ตามพื้นป่า [2] ซึ่งการย่อยสลายของซากพืชที่ร่วงหล่นเป็นกระบวนการสำคัญที่ควบคุมการหมุนเวียนธาตุอาหาร และการสร้างอินทรีย์วัตถุในดิน การศึกษาครั้งนี้จึงมุ่งเน้นการศึกษาถึงอัตราการสลายตัวของซากพืชส่วนใบ รวมทั้งปริมาณการปลดปล่อย ไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียมจากใบไม้ในป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง

วิธีการวิจัย

การศึกษามวลชีวภาพของซากพืช

- 1) ทำการวางแผนทดลองขนาด 100x100 ตารางเมตร และแบ่งเป็นแปลงย่อยขนาดพื้นที่ 10 x 10 ตารางเมตร จำนวน 100 แปลง จากนั้นสุ่มเลือกพื้นที่ เพื่อวางกระบะรองรับซากพืช ขนาด 1x1 เมตร สูง 0.3 เมตร และมีตาข่ายไนล่อนที่มีช่องตาข่ายขนาด 2 มิลลิเมตร เป็นตัวรองรับกระบะ ด้านบนของกระบะเปิดโล่งไว้ โดยตั้งกระบะอยู่สูงจากพื้นดินประมาณ 0.50 เมตร จำนวน 10 กระบะ
- 2) ทำการเก็บข้อมูลปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นในกระบะทุกวันสุดท้ายของเดือนเป็นเวลา 1 ปี แล้วนำมาคัดแยกซากพืช ออกเป็น 4 ส่วน คือ ใบ กิ่ง ส่วนสืบนก และส่วนอื่นๆ
- 3) นำซากพืชที่คัดแยกออกในแต่ละส่วน ไปศึกษาน้ำหนักน้ำหนักแห้งเฉลี่ยต่อพื้นที่ [3] ตามสูตรดังต่อไปนี้

$$\text{น้ำหนักอบแห้ง} = \frac{100 \times \text{น้ำหนักสด}}{100 + \text{เปอร์เซ็นต์ความชื้น}} \dots\dots\dots \text{กรัม/ตารางเมตร}$$

การศึกษาการย่อยสลาย

1) นำซากพืชส่วนใบที่ผ่านการอบแห้งจนมีน้ำหนักคงที่แล้ว บรรจุในถุงซากพืช (Litter bag) ที่ทำจากตาข่ายไนลอนที่มีช่องตาข่ายขนาด 2 x 2 มิลลิเมตร ขนาด 20 x 30 เซนติเมตร และเย็บปากถุงด้วยด้ายไนลอน จำนวน 10 กรัม/ถุง (X₀) จำนวน 24 ถุง

2) ทำการเลือกพื้นที่ในแปลงศึกษา จำนวน 3 จุด แล้วนำถุงซากพืชไปฝังไว้ในดินบน (10 เซนติเมตรจากผิวดิน) จุดละ 8 ถุง พร้อมทั้งยึดถุงซากพืชด้วยลวดทั้ง 4 มุม

3) ทำการเก็บถุงซากพืชที่ระยะ 1 2 3 4 6 8 10 และ 12 สัปดาห์ จุดละ 1 ถุง แล้วนำมาคัดแยกซากที่เหลืออยู่ในถุงซากพืช ทำความสะอาดดินและสิ่งเจือปนอื่น ๆ ให้เหลือแต่ซากพืช แล้วนำไปชั่งหาน้ำหนักแห้งของซากที่เหลือจากการย่อยสลายที่เวลา t (X_t)

4) คำนวณหาอัตราการย่อยสลายจากสมการ Exponential decay model [4] ดังสมการ (1)

$$\begin{aligned} \ln(X_t/X_0) &= -kt \dots\dots\dots(1) \\ \text{เมื่อ } X_t &= \text{น้ำหนักของซากพืชที่เหลือจากการย่อยสลายในเวลา } t \\ X_0 &= \text{น้ำหนักแห้งของซากพืชส่วนเริ่มต้น} \\ k &= \text{อัตราการย่อยสลาย} \\ t &= \text{ช่วงเวลาที่ศึกษา} \end{aligned}$$

5) ประเมินเปอร์เซ็นต์การย่อยสลายซากพืชจากสมการ (1) ดังนี้

$$\begin{aligned} \ln(X_t/X_0) &= -kt \\ X_t/X_0 &= e^{-kt} \\ 1 - (X_t/X_0) &= 1 - e^{-kt} \\ \frac{(X_0 - X_t) * 100}{X_0} &= (1 - e^{-kt}) * 100 \dots\dots\dots(2) \\ \% \text{ การย่อยสลาย} &= (1 - e^{-kt}) * 100 \end{aligned}$$

นำค่า k ที่ประเมินได้จากข้อ 4) มาแทนค่าในสมการ (2) และเขียนเป็นกราฟ % การย่อยสลายซากพืชที่เวลาต่างๆ ในช่วง 12 สัปดาห์ที่ทำการศึกษา

6) ประเมินเวลาที่ซากพืชมีการย่อยสลาย 50% หรือค่าครึ่งชีวิตของการย่อยสลาย (t_{0.5}) โดยใช้สมการ (2) ได้ค่า t_{0.5} = 0.693/k วัน

การศึกษาการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัสและโพแทสเซียม

1) ตรวจวัดความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียมในซากใบพืชที่ร่วงหล่น และซากพืชที่ผ่านการย่อยสลายในแต่ละช่วงเวลา โดยนำตัวอย่างจากการศึกษาการย่อยสลายที่ทำการอบแห้งแล้ว ไปทำการวิเคราะห์ปริมาณไนโตรเจนทั้งหมดด้วยเทคนิคเจลดาร์วีวิเคราะห์ปริมาณฟอสฟอรัส ด้วยวิธีวานาโดมolibเดต และวิเคราะห์ปริมาณโพแทสเซียมโดยใช้เครื่องอะตอมมิกริซซสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ [6]

2) ตรวจวัดการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม โดยคำนวณปริมาณของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในตัวอย่างซากใบพืชที่ร่วงหล่นต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัม/ไร่) และคำนวณปริมาณของ ไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในซากพืชที่ผ่านการย่อยสลายในเวลา 12 สัปดาห์ ต่อหน่วยพื้นที่ (กิโลกรัม/ไร่) ผลต่างของปริมาณธาตุอาหารดังกล่าว คือปริมาณการปลดปล่อยธาตุอาหารต่อหน่วยพื้นที่ที่ 12 สัปดาห์ของการย่อยสลายในดิน [6]

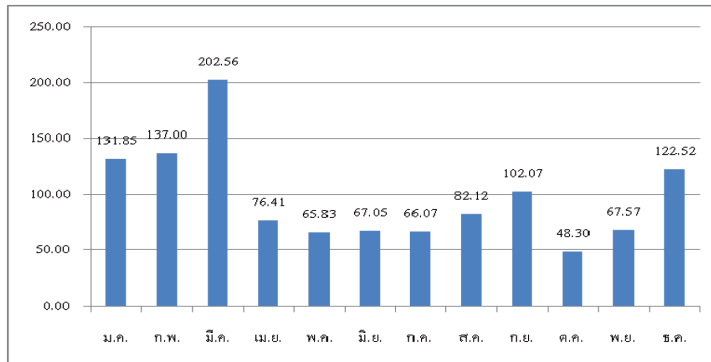
ผลและวิจารณ์ผลการศึกษา

ปริมาณซากพืชที่ร่วงหล่นในรอบปี

จากการศึกษาปริมาณการร่วงหล่นของซากพืชในป่าชุมชนบ้านหนองหิน พบว่า มีปริมาณการร่วงหล่นของซากพืช 1,628.31 กิโลกรัม/ไร่/ปีหรือคิดเป็น 10.18 ตัน/เฮกเตอร์/ปี โดยจะมีการร่วงหล่นมากในช่วงเดือนมกราคม-มีนาคม (150.45-225.71 กิโลกรัม/ไร่) ซึ่งนับว่ามีปริมาณการร่วงหล่นที่สูงกว่าป่าผลัดใบ เช่น ป่าเต็งรัง บริเวณสถานีวนวัฒนินทิล จังหวัดเชียงใหม่ ป่าไม่ผลัดใบ เช่น ป่าดิบแล้ง จังหวัดขอนแก่น และป่าพรุ ได้แก่ ป่าพรุโต๊ะแดงที่เป็นพรุดั้งเดิม และป่าพรุที่กะลิมันตัน ประเทศอินโดนีเซีย ซึ่งมีปริมาณการร่วงหล่น 4.34 ตัน/ เฮกเตอร์/ปี [6] 5.52 ตัน/เฮกเตอร์/ปี [7] 8.06 ตัน/เฮกเตอร์/ปี [8] และ 6.63 ตัน/เฮกเตอร์/ปี [9] ตามลำดับ อย่างไรก็ตามป่าชุมชนบ้านหนองหินมีปริมาณซากพืชน้อยกว่าป่าดิบเขาและป่าดิบชื้นจังหวัดตรัง ซึ่งมีปริมาณซากพืชสูงถึง 23.19 ตัน/เฮกเตอร์/ปี [10] และ 23.22 ตัน/เฮกเตอร์/ปี [11] ทั้งนี้การร่วงหล่นของซากพืชในป่าแต่ละประเภทจะแตกต่างกัน โดยป่าแต่ละประเภทจะมีปัจจัยทางสภาพภูมิอากาศ สภาพภูมิประเทศ ชนิดพืช และความหนาแน่นที่แตกต่างกัน

เมื่อพิจารณาถึงปริมาณของซากพืชส่วนใบและส่วนที่ไม่ใช่ใบ พบว่า ปริมาณซากพืชส่วนใหญ่เป็นส่วนของใบ คิดเป็น 1,169.35 กิโลกรัม/ไร่/ปี หรือคิดเป็น 71.81% ของปริมาณซากพืชทั้งหมด และเมื่อพิจารณาการร่วงหล่นเป็นรายเดือน พบว่า ส่วนของใบในช่วงเดือนมีนาคม มีปริมาณซากส่วนใบร่วงหล่นมากที่สุด คือ มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 202.56 ± 54.22 กิโลกรัม/ไร่ และพบว่าช่วงเดือน ตุลาคม มีปริมาณซากส่วนใบน้อยที่สุดเฉลี่ยเท่ากับ 48.30 ± 19.04 กิโลกรัม/ไร่ สำหรับเดือนอื่น ๆ จะมีปริมาณซากส่วนใบเฉลี่ย อยู่ในช่วง 65.83 ± 29.62 - 137.00 ± 50.87 กิโลกรัม/ไร่

กิโลกรัม/ไร่

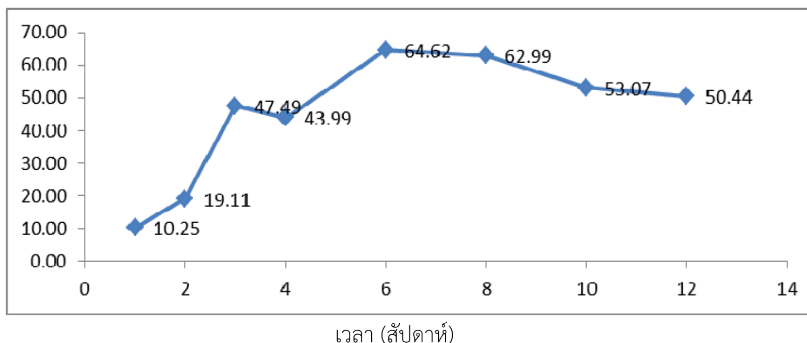


ภาพที่ 1 การร่ว่งหล่นของซากส่วนใบในแต่ละเดือน

การย่อยสลายของซากพืชส่วนใบ

จากการศึกษา พบว่า ซากพืชส่วนใบมีการย่อยสลายสูงที่สุดในช่วงสัปดาห์ที่ 6 ซึ่งมีการย่อยสลายสูงถึง 64.62 ± 0.42 เปอร์เซ็นต์ โดยมีปริมาณซากที่เหลืออยู่เพียง 35.38 ± 0.42 เปอร์เซ็นต์ของน้ำหนักซากเริ่มต้น และพบว่ามี การย่อยสลายลดลงในสัปดาห์ต่อมา (ภาพที่ 2) และเมื่อพิจารณาอัตราการย่อยสลาย พบว่า ซากพืชส่วนใบจะถูกย่อยสลาย ไปมากกว่าร้อยละ 50 ภายในระยะเวลา 69 วัน โดยค่าคงที่ของการย่อยสลาย (k) เท่ากับ 0.01

เปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย



ภาพที่ 2 การร่ว่งหล่นของซากส่วนใบในแต่ละเดือน

และเมื่อพิจารณาเปอร์เซ็นต์การย่อยสลาย สามารถอนุมานได้ว่า การย่อยสลายของซากพืชส่วนใบนี้เกิดจาก การทำงานของจุลินทรีย์เป็นหลัก สอดคล้องกับ Curlin [13] ที่กล่าวว่าหลังจากที่ซากพืชร่วงหล่นลงสู่พื้นป่าแล้วจะมีการ สลายตัวจนอยู่ในรูปของสารอินทรีย์ซึ่งเกิดจากกิจกรรมของจุลินทรีย์มาทำการย่อยสลายโดยในระยะแรกการสลายตัว จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่ต่อมามีแนวโน้มที่จะคงที่และค่อยๆ สลายตัวอย่างช้าๆ เป็นเวลาหลายเดือนหรือหลายปีแม้ว่า Madge [14] กล่าวว่าไผ่เดือน และปลวกมีบทบาทสำคัญในกิจกรรมการสลายตัวของซากพืชอย่างมากในป่าเขตร้อนและ ก่อให้เกิดการสลายตัวของซากพืชในเขตร้อนอย่างรวดเร็ว แต่จุลินทรีย์หลัก 2 กลุ่มที่เกี่ยวข้องในการย่อยสลายสารอินทรีย์ คือ ราและแบคทีเรีย ทั้งคู่มีกลไกพื้นฐานอย่างเดียวกันในการย่อยซากพืชที่อาศัย คือ การปล่อยเอนไซม์ที่เรียกว่า Extra cellular enzyme หรือ Exoenzyme ออกมาย่อยโมเลกุลของซากพืชที่มีขนาดใหญ่ให้เล็กลงแล้วดูดซึมผ่านเข้าทางผนังเซลล์ [9] กิจกรรมของจุลินทรีย์ตามพื้นป่าขึ้นอยู่กับชนิดของจุลินทรีย์ และปริมาณจุลินทรีย์ในแต่ละพื้นที่ว่ามีความแตกต่างกัน ตามปัจจัยทางภูมิอากาศ และเคมี ในสภาพพื้นที่ซึ่งมีกลุ่มจุลินทรีย์ทำงานได้ดีย่อมมีอัตราการย่อยสลายของเศษซากต่างๆ ได้มาก [2]

การเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของไนโตรเจน โปแทสเซียม และฟอสฟอรัส ระหว่างการย่อยสลายซากพืช

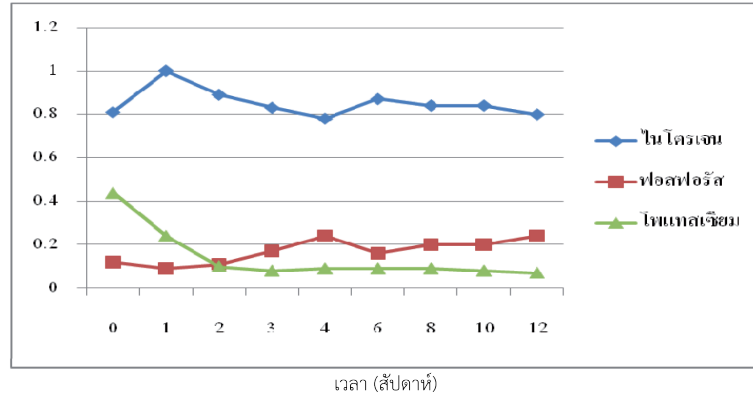
เมื่อพิจารณาปริมาณความเข้มข้นของโปแทสเซียม ในซากพืชส่วนใบ และซากพืชที่ผ่านการย่อยสลายในแต่ละช่วงเวลา พบว่า ในช่วงแรกของการย่อยสลายปริมาณโปแทสเซียมจะมีปริมาณลดลงเป็นอย่างมากในช่วง 2 สัปดาห์แรก หลังจากนั้นจะมีการเปลี่ยนแปลงค่อนข้างคงที่ การลดลงของธาตุอาหารดังกล่าวเกิดขึ้นก่อนเวลาที่มีอัตราการย่อยสลายสูงสุด แต่ลักษณะการเปลี่ยนแปลงนี้มีความสัมพันธ์กับการทำงานของผู้ย่อยสลายในพื้นที่ป่า อย่างไรก็ตาม อัตราเร็วของการสลายของซากพืชในระบบนิเวศป่าไม้ขึ้นอยู่กับสภาพภูมิอากาศ สารประกอบเคมีในซากพืชและกิจกรรมของจุลินทรีย์ต่างๆ ตามพื้นที่ป่า [1] นอกจากนี้ยังพบว่าปริมาณไนโตรเจน และอัตราส่วนของคาร์บอนต่อไนโตรเจนเป็นปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการย่อยสลาย หากใบพืชมีปริมาณคาร์บอนต่ำและไนโตรเจนสูงจะทำให้มีการย่อยสลายเกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว [15] ในกรณีของป่าชุมชนบ้านหนองหิน ตำบลเกาะเต่า อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง พบว่าความเข้มข้นของคาร์บอนลดลงอย่างรวดเร็วในระยะแรกนั้น [16] ไม่มีผลให้เกิดการย่อยสลายของใบไม้ได้มากนัก แต่สภาวะดังกล่าวมีผลให้ความเข้มข้นของไนโตรเจน ของซากพืชส่วนใบในช่วงสัปดาห์แรกมีปริมาณสูงขึ้น ซึ่งอาจเกิดจากการตรึงไนโตรเจนในระหว่างที่ซากพืชกำลังย่อยสลาย จึงทำให้ให้ความเข้มข้นของไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น [17] หรือมวลของซากพืชลดลงเพราะเกิดการย่อยสลายคาร์บอนที่ย่อยสลายได้ง่ายออกไป ขณะที่ปริมาณไนโตรเจนยังไม่ย่อยสลายจึงทำให้เห็นว่าปริมาณไนโตรเจนเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งจะส่งผลให้เกิดการย่อยสลายเพิ่มมากขึ้นในสัปดาห์ที่ 5-6 หลังจากนั้นจะมีปริมาณไนโตรเจนลดลง

สำหรับปริมาณฟอสฟอรัสมีแนวโน้มลดลงในช่วงสัปดาห์แรกและจะเพิ่มสูงขึ้นในสัปดาห์ต่อมา เนื่องจากฟอสฟอรัสถูกตรึงไว้โดยจุลินทรีย์ที่เข้ามาย่อยสลายที่เพิ่มจำนวนขึ้นเรื่อย ๆ ขณะที่ซากและองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ย่อยสลายนั้นมีน้ำหนักลดลง ทำให้การสูญเสียฟอสฟอรัสเกิดขึ้นน้อยกว่าการสูญเสียน้ำหนักแห้งของซากพืช (ตารางที่ 1 และภาพที่ 3)

ตารางที่ 1 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโปแทสเซียมในซากพืชส่วนใบที่เหลือจากการย่อยสลายในระยะต่าง ๆ

สัปดาห์ที่	ไนโตรเจน (เปอร์เซ็นต์)	ฟอสฟอรัส (เปอร์เซ็นต์)	โปแทสเซียม (เปอร์เซ็นต์)
0	0.81±0.15	0.12±0.08	0.44±0.14
1	1.00±0.05	0.09±0.05	0.24±0.12
2	0.89±0.15	0.11±0.02	0.10±0.02
3	0.83±0.14	0.17±0.08	0.08±0.02
4	0.78±0.15	0.24±0.24	0.09±0.01
6	0.87±0.11	0.16±0.01	0.09±0.02
8	0.84±0.04	0.20±0.13	0.09±0.02
10	0.84±0.07	0.20±0.07	0.08±0.02
12	0.80±0.03	0.24±0.03	0.07±0.02

เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้น



ภาพที่ 3 เปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม ในซากพืชส่วนใบที่เหลือจากการย่อยสลายในระยะต่าง ๆ

การปลดปล่อยไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัส

จากการศึกษานี้เมื่อคำนวณการย่อยสลายของซากพืชส่วนใบที่ได้ร่วงหล่นลงในพื้นที่เก็บตัวอย่างทั้งหมดให้สัมพันธ์กับปริมาณซากพืชที่แบ่งมาศึกษาการย่อยสลาย พบว่า มีการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากที่สุด ซึ่งมีปริมาณการปลดปล่อยเท่ากัน คือ 4.79 ± 0.33 กิโลกรัม/ไร่/ปี สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส พบว่ามีการปลดปล่อยเพียง 0.12 ± 0.01 กิโลกรัม/ไร่/ปี อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าป่าชุมชนบ้านหนองดิน ซึ่งเป็นป่าดิบชื้นที่มีพันธุ์ไม้ จำนวน 40 ชนิด 27 วงศ์ และมีไม้เตี้ยเป็นไม้เด่น [1] มีการปลดปล่อยไนโตรเจนกับฟอสฟอรัสต่ำกว่าไม้ในสวนป่ากระถินดอยจันทร์ดงใต้ห้วย เมเปิลหอม และการบูร ซึ่งมีการปลดปล่อยไนโตรเจน 13.55 7.54 10.31 และ 7.03 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับและมีการปลดปล่อยฟอสฟอรัส 0.26 0.46 0.75 และ 0.52 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ แต่ป่าชุมชนบ้านหนองดินมีการปลดปล่อยโพแทสเซียมมากกว่าไม้ในสวนป่ากระถินดอย จันทร์ดงใต้ห้วย เมเปิลหอม และการบูรซึ่งมีการปลดปล่อยโพแทสเซียม 1.69 2.07 2.25 และ 1.64 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ โดยต้นไม้ทั้ง 4 ชนิดนี้มีการร่วงหล่นของซากพืชส่วนใบ 763.71 705.74 1,077.79 และ 659.10 กิโลกรัม/ไร่ ตามลำดับ [18] ทั้งนี้จะขึ้นอยู่กับปริมาณธาตุอาหารในซากพืชและอัตราการสลายตัวของซากพืช และเมื่อเปรียบเทียบกับไม้วงศ์สน จะพบว่าการปลดปล่อยธาตุอาหารต่ำมาก โดยไม้สนจะมีการปลดปล่อยไนโตรเจน ฟอสฟอรัส และโพแทสเซียม 1.05 0.08 และ 0.25 กิโลกรัม/ไร่/ปี ตามลำดับ [19]

สรุปผลการศึกษา

จากการศึกษาปริมาณซากพืชส่วนใบ และความเข้มข้นของ ไนโตรเจน โพแทสเซียม และฟอสฟอรัสในซากพืชส่วนใบหลังจากการย่อยสลาย ในช่วงเวลา 12 สัปดาห์ แล้วนำมาวิเคราะห์ถึงปริมาณการปลดปล่อย พบว่า มีการปลดปล่อยปริมาณไนโตรเจนและโพแทสเซียมมากที่สุดในปริมาณที่เท่ากัน คือ 4.79 ± 0.33 กิโลกรัม/ไร่/ปี สำหรับปริมาณฟอสฟอรัส พบว่ามีการปลดปล่อยเพียง 0.12 ± 0.01 กิโลกรัม/ไร่/ปี

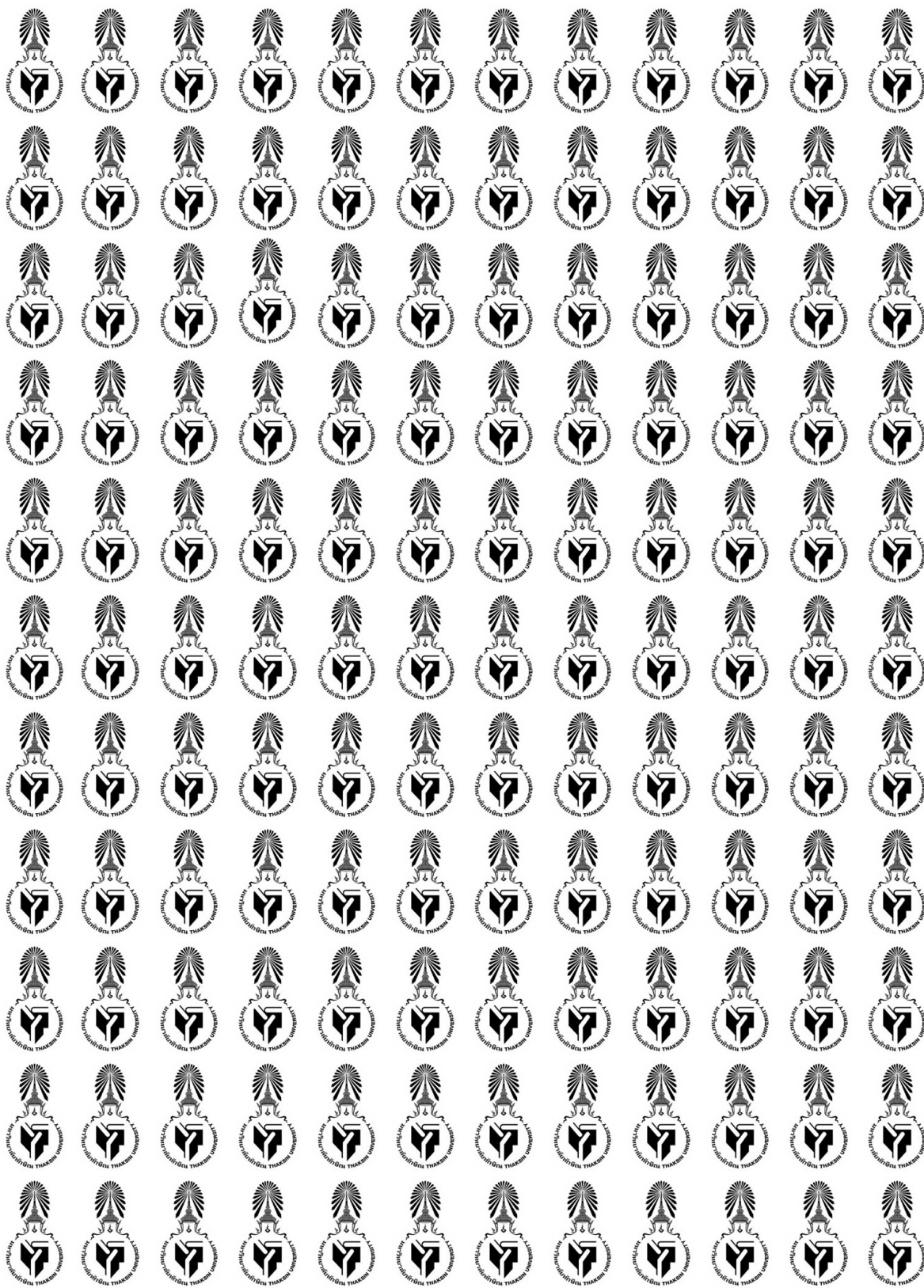
คำขอบคุณ

การศึกษาครั้งนี้สำเร็จลุล่วงได้โดยความช่วยเหลือของ นางสาวกุลธิดา จิตรา และนางสาวปัญชนก วารีนิสิตสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ชีวภาพและสิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ ในเก็บรวบรวมข้อมูลภาคสนาม รวมทั้งเจ้าหน้าที่ประจำคณะวิทยาศาสตร์ ที่ให้ความร่วมมือในการวิเคราะห์ข้อมูล ซึ่งการศึกษาวิจัยครั้งนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนจากงบประมาณ กองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ประจำปี พ.ศ. 2556

เอกสารอ้างอิง

- [1] อานูช ศิริรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร. (2556). “ปริมาณคาร์บอนสะสมของป่าชุมชนบ้านหนองถิ่น ตำบลเกาะเต่า อำเภอบ้านนาถ จังหวัดพัทลุง”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 16(1), 34-40.
- [2] Gonzalez, G. and Seastedt, T.R. (2000). “Soil fauna and plant litter decomposition in tropical and subalpine forests”, **Ecology**. 82(4), 955-964.
- [3] ชิงชัย วิริยะปัญญา. (2546). **คู่มือการประมาณมวลชีวภาพของหมูไม้**. ฝ่ายวนวัฒนวิจัยและพฤกษศาสตร์. กรุงเทพฯ: กรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช.
- [4] Olson, J. S. (1963). “Energy storage and the balance of products and decomposers in ecological systems”, **Ecology**. 44, 322-331.
- [5] Suwanarong, S. (2004). **Analysis of Plant Nutrient**. Printing time 2 publishing. Bangkok: Kasetsart University.
- [6] Wattanasuksakul, S., Khamyong, S., Anongrak, N. and Sri-ngernyuang. K. (2012). **Plant diversity, carbon sinks and nutrient accumulation in ecosystems of dry dipterocarp forest with and without fire at Intakin Silvicultural Research Station, Chiang Mai Province**. Ph.D. Thesis. Chiang Mai : ChiangMai University .
- [7] ประดิษฐ์ ตรีพัฒนสุวรรณ, ศุภชาติ วรรณวงษ์ และเพชร พลอยเจริญ. (2549). **การรื้อท่อนและการสลายตัวของซากพืชในป่าธรรมชาติและพื้นที่สวนป่าบริเวณป่าภูเวียงอำเภอกุฉินารายณ์จังหวัดขอนแก่น**. รายงานการวิจัย. กลุ่มงานการจัดการและพัฒนาป่าอนุรักษ์สำนักวิจัยการอนุรักษ์ป่าไม้และพันธุ์พืช. กรุงเทพฯ : กรมอุทยานแห่งชาติสัตว์ป่าและพันธุ์พืช.
- [8] สรายุทธ บุญยะเวชชีวิน และธนิตย์ หนูยิ้ม. (2541). “ผลผลิตซากพืชและปริมาณธาตุอาหารในซากพืชของป่าพุทไธสงจังหวัดนครราชสีมา”, **วารสารงานวิจัยศูนย์วิจัยและศึกษาธรรมชาติป่าพุทไธสง**. 1, 7-21.
- [9] Richards, B.N. (1976). **Introduction to the Soil Ecosystem**. London. Longman Group Limited.
- [10] Bunyavajchewin, S. and Nuyim, T. (1998). “Littlefall production in a primary mangrove, Rhizophora Apiculata forest in Southern Thailand”, **Thai Journal of Forestry**. 17, 18-25.
- [11] Kira, T., Ogawa, Yoda, H. K. and Ogino, K. (1967). “Comparative ecological studies on three main types of forest vegetation in Thailand. VI. Dry matter production with special reference to the Khao Chong rain forest”, **Nature and Life in Southeast Asia**. 5, 149-174.
- [12] Bray, J.R. and Gorham, E. (1964). “Litter production in forests of the world W”, **Advances in Ecological Research**. 2, 101-157.

- [13] Curlin, J.W. (1970). **Nutrient Cycling as a factor in site Productivity and forest fertilization** In Youngberg, C.T. and Davey C.B., eds. **Tree growth and Forest Soils**. Proc. of the third North Amer. For. Soils Conference. Oregon State Univ. Press.
- [14] Madge, D.S. (1965). "Leaf fall and litter disappearance in a tropical forest", **Pedobiologia**. 5, 273- 288.
- [15] Frankenberger, W. T. and Abdelmagid, H. M. (1985). "Kinetics parameters of nitrogen mineralization rates of leguminous crops incorporated into soil", **Plant and Soil**. 87, 257-271.
- [16] อานูช ศิริรัฐนิคม สุภาว ศิริรัฐนิคม และทิพย์ทิวา สัมพันธ์มิตร. (2557). **การย่อยสลายและการปลดปล่อยคาร์บอนและไนโตรเจนจากซากพืชส่วนใบในป่าชุมชนบ้านหนองถิน อำเภอบางปะอิน จังหวัดพิจิตร**. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ มหาวิทยาลัยทักษิณ.
- [17] Upadhyay, V.P. and Singh, J.S. (1989). "Patterns of nutrient immobilization and release in decomposing forest litter in central Himalaya", **Indian Journal of Ecology**. 77, 127-146.
- [18] ภูษณา แสงอ่อน. (2550). **ปริมาณการร่วงหล่นและการสลายตัวของซากพืชในส่วนป่าไม้ต่างถิ่น ณ ดอยอ่างขาง จังหวัดเชียงใหม่**. วิทยานิพนธ์ บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [19] Ukonmaanaho, L., Merila, P., Nojd, P. and Nieminen, T.M. (2008). "Litterfall production and nutrient return to the forest floor in Scots pine and Norway spruce stands in Finland", **Boreal Environment Research**. 13, 67-91.



การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการประยุกต์ใช้ดูดซับตะกั่ว
ของถ่านกัมมันต์ไผ่ตงลิ้มแล้ง
Preparation, Characterization and Application for Lead
Adsorption of *Dendrocalamus Asper* Backer Bamboo
Activated Carbon

ลักขณา โชติธรรม¹ พนิดา สุมานะตระกูล² และพนิดา กังซุ่น^{2*}
Lakana Chotitham¹, Panita Sumanatrakul² and Panita Kongsune^{2*}

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อเตรียมและศึกษาลักษณะจำเพาะของถ่านกัมมันต์จากไผ่ตงลิ้มแล้งเพื่อนำไปใช้ในการกำจัดสารละลายตะกั่ว โดยศึกษาผลของตัวกระตุ้น ได้แก่ กรดฟอสฟอริก (H_3PO_4) และโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) วิธีการให้ความร้อนด้วยเทคนิครีฟลักซ์และเครื่องไมโครเวฟ ความเข้มข้นเริ่มต้นของสารละลายตะกั่ว และปริมาณถ่านกัมมันต์ที่มีต่อประสิทธิภาพการดูดซับสารละลายตะกั่วและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันของถ่านกัมมันต์ไผ่ตงลิ้มแล้งด้วยเทคนิคอินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (FTIR) จากผลการทดลองพบว่าสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไผ่ตงลิ้มแล้งคือ ให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาที โดยได้ค่าไอโอดีนัมเบอร์สูงสุดเท่ากับ 1265 มิลลิกรัมต่อกรัม จากการศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วในน้ำสังเคราะห์ พบว่า เมื่อใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ 0.25 กรัม ในสารละลายตะกั่วเข้มข้น 10 ppm ระยะเวลาสัมผัส 8 นาที ได้ร้อยละการดูดซับสูงสุด

คำสำคัญ: ถ่านกัมมันต์ ไผ่ตงลิ้มแล้ง วิธีไมโครเวฟ

¹ นิสิตสาขาวิชาเคมีประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² อ.ดร., สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

* Corresponding author: e-mail:panita487@hotmail.com

Abstract

The objectives of this research were to prepare and characterize *Dendrocalamus Asper* Backer bamboo activated carbon and to investigate the lead removal efficiency. The effects of activators as phosphoric acid (H_3PO_4) and potassium hydroxide (KOH) by using heating methods as reflux and microwave radiation, initial concentration of lead(II) ions, and adsorbent dosage were examined. In addition, functional group characterization of the prepared adsorbent was performed by using Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR). The optimized condition for prepared activated carbon was heated with microwave radiation for 10 minutes. Under this condition, the highest iodine was release at the highest level of 1,265 mg/g indicating the highest adsorption capacity. Moreover, the maximum lead ions adsorption was obtained at activated carbon dosage of 0.25 g with a contact time of 8 minutes and concentration of 10 ppm lead illustrated the appropriate conditions for lead removal efficiency by adsorption.

Keywords: Activated Carbon, *Dendrocalamus Asper* Backer Bamboo, Microwave Method

บทนำ

ถ่านกัมมันต์คือผลิตภัณฑ์ของคาร์บอนที่ได้จากการนำถ่านมาผ่านกระบวนการทางเคมีหรือกายภาพ เพื่อเพิ่มรูพรุนภายในโครงสร้างถ่าน โดยถ่านกัมมันต์สามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารดูดซับเนื่องจาก มีพื้นที่ผิวดูดซับสูง ทำให้มีสมบัติการดูดซับที่ดี เช่น ใช้ในการกำจัดกลิ่น สี หรือแก๊ส ซึ่งจะใช้ในรูปของผงหรือเม็ดก็ได้ โดยทั่วไปการเลือกวัสดุที่จะนำมาเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์นั้นต้องมีคุณสมบัติคือเป็นวัสดุที่มีราคาถูก มีปริมาณคาร์บอนสูง มีปริมาณสารอินทรีย์และเถ้าต่ำ โดยในปัจจุบันการนำวัสดุชีวมวลต่างๆ มาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์เริ่มเป็นที่ยอมรับและให้ความสนใจกันมากขึ้น ซึ่งถ่านกัมมันต์จากวัสดุชีวมวลที่นิยมใช้ ได้แก่ ไม้ไผ่ [1] ชี้อ้อย [2] ลำต้นฝ้าย [3] เปลือกสับปะรด [4] และเปลือกส้ม [5] เป็นต้น เนื่องจากวัสดุเหล่านี้มีราคาถูกทำให้ต้นทุนการผลิตถ่านกัมมันต์ต่ำลง ไม้ไผ่ดงลิ้มแล้งเป็นวัสดุชีวมวลอีกชนิดหนึ่งที่นิยมนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์ เนื่องจากมีเนื้อไม้หนาและตันหรือเกือบตัน ไม่กลวงเหมือนไม้ทั่วไปทำให้มีปริมาณคาร์บอนสูง มีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ สามารถหาได้ง่ายและราคาถูกเนื่องจากไม้ดงลิ้มแล้งมีการส่งเสริมให้ปลูกในพื้นที่จังหวัดพัทลุง ดังนั้นหากนำมาผลิตเป็นถ่านกัมมันต์น่าจะได้อรรถประโยชน์ที่มากเมื่อเทียบกับวัสดุชีวมวลอื่นๆ

วิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์โดยทั่วไปนั้นจะใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง [6] เพื่อให้ได้ถ่านกัมมันต์ที่มีคุณสมบัติดังนี้ คือ คุณสมบัติที่ (1) มีคาร์บอนเป็นองค์ประกอบหลักและมีปริมาณสูง (2) มีปริมาณสารระเหยได้ต่ำ (3) มีคุณสมบัติคงที่ (4) สามารถหาได้ง่ายและราคาถูก [7] ซึ่งวิธีการเตรียมถ่านกัมมันต์ให้ได้ตามคุณสมบัติดังกล่าวด้วยกระบวนการทางเคมีนั้นจะต้องให้ความร้อนถ่านที่อุณหภูมิสูง ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่นานและต้องใช้น้ำมันหรือแก๊สในกระบวนการให้ความร้อน ซึ่งจะก่อให้เกิดมลพิษและค่าใช้จ่ายในการผลิตถ่านกัมมันต์ ดังนั้นการเตรียมถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีการรีฟลักซ์ [8] และวิธีไมโครเวฟ [1-5] ก็เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่น่าสนใจ เนื่องจากวิธีการรีฟลักซ์ มีข้อดี คือ ไม่ต้องใช้แก๊ส ไมโครเวฟในระบบและประหยัดพลังงานได้ดีกว่าการใช้เตาเผาอุณหภูมิสูง เนื่องจากใช้เวลาในการให้ความร้อนน้อยกว่า ส่วนข้อดีของวิธีไมโครเวฟ คือ ใช้เวลาในการให้ความร้อนที่น้อยกว่าวิธีการรีฟลักซ์และเตาเผาอุณหภูมิสูง ทำให้สามารถประหยัดทั้งพลังงานและเวลา ดังนั้นผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะเตรียมถ่านกัมมันต์ไม้ดงลิ้มแล้ง โดยใช้วิธีการรีฟลักซ์เปรียบเทียบ

กับวิธีไมโครเวฟ เพื่อดูดซับสารละลายตะกั่ว โดยตะกั่วถือเป็นโลหะหนักที่มีอันตรายมากอันดับต้นๆชนิดหนึ่ง [9] สำหรับพิษเฉียบพลันของตะกั่ว จะเกิดอาการทางสมอง และมีโอกาสมีความผิดปกติทางระบบประสาท ในเด็กทำให้กลายเป็นปัญญาอ่อน ส่วนพิษเรื้อรังจะแสดงอาการทางประสาท มีอาการปวดศีรษะ นอนไม่หลับตาพร่าเกิดภาพหลอน โลหิตจางเนื่องจากเม็ดเลือดแดงถูกทำลาย เบื่ออาหาร กล้ามเนื้ออ่อนล้า ตับอักเสบ ไต พิกการ ปวดข้อกระดูก อัมพาต [10] ซึ่งจากงานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการนำถ่านไม้ไฟ [11] มาทำการดูดซับตะกั่วบ้างแล้ว

ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยสนใจจะลดปริมาณตะกั่วด้วยวิธีการดูดซับโดยใช้ถ่านกัมมันต์จากไม้เต็งลิ้มแล้ง โดยใช้วิธีการรีฟลักซ์เปรียบเทียบกับวิธีไมโครเวฟ ในการเตรียมถ่านกัมมันต์และใช้กรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นเพื่อเพิ่มความเป็นรูพรุนของถ่านกัมมันต์ โดยขั้นแรกจะศึกษาสภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์ได้แก่วิธีในการเตรียมถ่านกัมมันต์ เวลาและชนิดของสารกระตุ้นที่เหมาะสม จากนั้นศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ได้แก่ ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยได้ ปริมาณคาร์บอนคงตัวและวิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวด้วยวิธี FTIR เมื่อได้สภาวะที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์แล้วนำถ่านกัมมันต์นั้นมาศึกษาประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วโดยดูผลของปริมาณของถ่านกัมมันต์ เวลาในการสัมผัสและความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วที่เหมาะสมที่ทำให้ได้ประสิทธิภาพการดูดซับตะกั่วสูงสุด

วิธีการวิจัย

1. การเตรียมถ่านกัมมันต์

1.1 การเตรียมถ่านไม้เต็งลิ้มแล้ง

นำไม้เต็งลิ้มแล้งให้สะอาดเพื่อกำจัดสิ่งสกปรกที่ติดอยู่ที่ผิวไม้ไฟและตากให้แห้ง นำไปเผาในเตาเผา โดยใช้อุณหภูมิประมาณ 500 องศาเซลเซียส จากนั้นนำถ่านไม้ไฟมาลดขนาดและบดให้ละเอียดจนสามารถผ่านตะแกรงร่อนขนาด 150 ไมโครเมตร แล้วอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง และนำไปเก็บไว้ในโถดูดความชื้น

1.2 การเตรียมถ่านกัมมันต์ไม้ไฟเต็งลิ้มแล้ง โดยหาสารกระตุ้น และเวลาที่เหมาะสม

นำถ่านที่ผ่านการคัดขนาดแล้วมากระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกและโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในอัตราส่วนโดยน้ำหนักของวัตถุติดต่อสารกระตุ้นเท่ากับ 1:4 ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 2 ชั่วโมง ถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้โดยวิธีการกรองแบบลดความดันด้วยน้ำสะอาดจนมีค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 6-7 อบถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง วิเคราะห์ค่าดูดซับไอโอดีนสำหรับถ่านกัมมันต์ที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารเคมีทั้งสองชนิด โดยพิจารณาจากค่าการดูดซับไอโอดีนที่สูงที่สุดด้วยวิธีการตามมาตรฐาน ASTM D 4607-94 [6] โดยจะทำการทดลอง 2 ชั่วโมง เมื่อได้ตัวกระตุ้นที่เหมาะสมเปลี่ยนเป็นหาเวลาที่เหมาะสมวิธีการรีฟลักซ์เป็นเวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ส่วนวิธีไมโครเวฟจะทำการทดลองเช่นเดียวกันกับวิธีการรีฟลักซ์ แต่จะใช้เวลาในการให้ความร้อนที่ 5, 10 และ 15 นาที

2. การวิเคราะห์สมบัติทางกายภาพและเคมีของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมได้จากไม้ไฟเต็งลิ้มแล้ง

2.1 วิเคราะห์ปริมาณความชื้นของถ่านกัมมันต์ ตามมาตรฐาน ASTM D3173-95

อุ่นเตาให้มีอุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส อบถ่านกัมมันต์พร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตักทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง เติมถ่านกัมมันต์น้ำหนัก 1 กรัม ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปอบที่อุณหภูมิ 150 องศาเซลเซียส จนถ่านมีน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณความชื้นจากสมการที่ (1)

$$\text{ร้อยละความชื้น} = \frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนอบ} + \text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังอบ}}{\text{ปริมาตรไอโอดีนที่ปีเปต}} \times 100 \quad (1)$$

2.2 วิเคราะห์ปริมาณเถ้า ตามมาตรฐาน ASTM D3174-95

เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเติมน้ำมันก๊าดน้ำหนัก 1 กรัม ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 650 องศาเซลเซียส โดยเปิดฝาขณะเผา จนถ่านมีน้ำหนักคงที่คำนวณปริมาณเถ้าจากสมการที่ (2)

$$\text{ร้อยละของเถ้า} = \left(\frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างเริ่มต้น}} \right) \times 100 \quad (2)$$

2.3 วิเคราะห์ปริมาณสารระเหยได้ ตามมาตรฐาน ASTM D3175-95

เผาถ้วยกระเบื้องพร้อมฝาปิดที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้องเติมน้ำมันก๊าดน้ำหนัก 1 กรัม ในถ้วยกระเบื้องที่เตรียมไว้ นำไปเผาที่อุณหภูมิ 950 องศาเซลเซียส โดยปิดฝาขณะเผาเป็นเวลา 7 นาที นำถ้วยกระเบื้องพร้อมสารในฝาปิดออกจากเตาเผาทันที ตั้งทิ้งไว้ในสภาพบรรยากาศประมาณ 20 นาที ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้นจนมีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิห้อง บันทึกน้ำหนักสารหลังเผา เปรียบเทียบน้ำหนักคงที่ คำนวณปริมาณสารระเหยได้จากสมการที่ (3)

$$\text{ร้อยละของสารระเหยได้} = \left(\frac{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนเผา}-\text{น้ำหนักสารตัวอย่างหลังเผา}}{\text{น้ำหนักสารตัวอย่างก่อนเผา}} \right) \times 100 \quad (3)$$

2.4 คำนวณปริมาณคาร์บอนคงตัว จากผลต่างระหว่างปริมาณเถ้ากับปริมาณสารระเหยได้ ดังสมการที่ (4)

$$\text{ร้อยละปริมาณคาร์บอนคงตัว} = 100 - (\text{ร้อยละของเถ้า}-\text{ร้อยละของสารระเหยได้}) \quad (4)$$

3. การศึกษาประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่ว โดยวิเคราะห์หาปริมาณของถ่านกัมมันต์ เวลาในการสัมผัสและความเข้มข้นของสารละลายตะกั่วที่เหมาะสมในการดูดซับตะกั่วในน้ำสังเคราะห์

นำถ่านกัมมันต์ไปอบที่อุณหภูมิ 110 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง ตั้งทิ้งไว้ในโถดูดความชื้น ชั่งถ่านกัมมันต์ที่ 0.10, 0.25, 0.50 และ 0.75 กรัม ใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำกลั่นละลายตะกั่วที่มีความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 ppm ปริมาตร 200 มิลลิลิตร นำไปเขย่าที่ความเร็ว 240 รอบต่อนาที เป็นเวลา 180 นาที โดยจะเก็บที่ช่วงเวลา 2, 4, 6, 8, 10, 15, 30, 60, 90, 120, 150 และ 180 นาที กรองแยกถ่านด้วยวิธีกรองแบบลดความดัน โดยทิ้งสารละลายในช่วงแรกออกให้จนกระทั่งกระดาษกรองอิ่มตัวด้วยสารละลาย จึงรองรับสิ่งที่กรองได้ด้วยหลอดทดลองขนาดเล็ก นำสารละลายก่อนและหลังผ่านการดูดซับไปวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือวิเคราะห์ Atomic Absorption Spectroscopy (AAS) (Perkin-Elmer Analyst 700 Atomic Absorption Spectrometer) จากนั้นคำนวณหาประสิทธิภาพการดูดซับ

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. ผลของการเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้ง

1.1 ผลของสารกระตุ้นที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง พบว่า การใช้สารกระตุ้นที่เป็นกรดฟอสฟอริกจะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 2,082 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าสารกระตุ้นที่เป็นโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์มีค่าเท่ากับ 882 มิลลิกรัมต่อกรัม ค่าไอโอดีนนัมเบอร์คือการนำเอาสารไอโอดีนมาวัดค่าความพรุนของถ่านกัมมันต์ ซึ่งเป็นตัวบ่งชี้ประสิทธิภาพเบื้องต้นของถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากวัสดุชนิดเดียวกัน ดังนั้นจึงเลือกกรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้งเนื่องจากให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์มากกว่ามีแนวโน้มที่จะมีประสิทธิภาพในการดูดซับมากกว่า

1.2 ผลของเวลาในการให้ความร้อนที่เหมาะสม

จากผลการทดลอง พบว่า เมื่อใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นในการเตรียมถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้งเวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์ที่เวลา 1 2 และ 3 ชั่วโมง ให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 1,971, 2,082 และ 2,285 มิลลิกรัมต่อกรัม และวิธีการให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟที่เวลา 5 10 และ 15 นาที มีค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 1,138, 1265, และ 1,397 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อทำการเพิ่มเวลาในการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์จะเห็นได้ว่าค่าไอโอดีนนัมเบอร์จะเพิ่มขึ้นตามเวลาที่เพิ่มขึ้นเช่นเดียวกับการให้ความร้อนด้วยวิธีการไมโครเวฟเมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่าไอโอดีนก็เพิ่มขึ้นเนื่องจากการกระตุ้นด้วยกรดฟอสฟอริกพร้อมกับการให้ความร้อนเป็นการกระตุ้นให้สารกระตุ้นเข้าไปแทรกตัวในโครงสร้างและปลดปล่อยสารอินทรีย์ออกจากภายในโครงสร้างของถ่านกัมมันต์ จึงเกิดความเป็นรูพรุนมากขึ้น ทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับไอโอดีนสูงขึ้นเมื่อเวลาเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามค่าไอโอดีนนัมเบอร์ที่ได้ที่เวลาต่างๆ นั้นแตกต่างกันไม่มากนัก จึงเลือกที่เวลา 1 ชั่วโมงด้วยวิธีการรีฟลักซ์และเลือกที่เวลา 10 นาที ด้วยวิธีไมโครเวฟเป็นเวลาที่เหมาะสมในการเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ดงลิ้มแล้ง และเมื่อทำการเปรียบเทียบค่าไฟฟ้าระหว่างการให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์และวิธีไมโครเวฟ ต่อการเผาถ่านกัมมันต์ปริมาณ 3 กรัม พบว่า วิธีไมโครเวฟมีจำนวนหน่วยไฟฟ้าเท่ากับ 0.06 คิดเป็นเงิน 0.4914 บาท ในขณะที่วิธีรีฟลักซ์มีค่าเท่ากับ 2.4 หน่วย คิดเป็นเงิน 19.65 บาท ดังนั้นจึงให้ความร้อนแก่ถ่านกัมมันต์ด้วยวิธีไมโครเวฟในการนำไปศึกษาต่อเนื่องจากประหยัดเวลาและค่าไฟฟ้า

2. ผลของคุณสมบัติทางกายภาพและทางเคมีของถ่านกัมมันต์ไม่ดงลิ้มแล้ง

2.1 องค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก

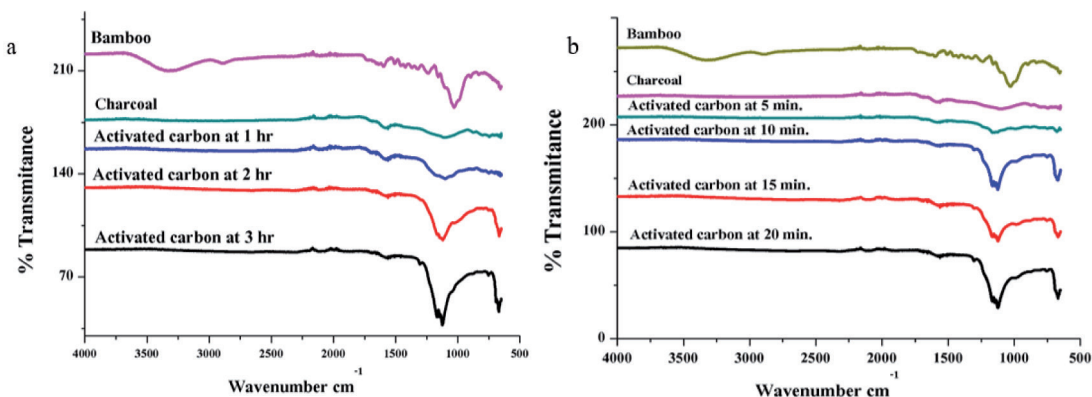
ผลของการทดลอง พบว่า ปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้า ปริมาณสารระเหยได้มีค่าน้อย และปริมาณคาร์บอนคงตัวมีค่ามากนั้น จะมีผลต่อร้อยละของผลผลิตที่ได้กล่าวคือถ่านกัมมันต์ที่ใช้ปริมาณคาร์บอนมากก็เตรียมเป็นถ่านกัมมันต์ได้มากหรือร้อยละของผลผลิตมาก แต่ถ่านกัมมันต์ที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวน้อยแต่มีสารระเหยได้มากแสดงตอนเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์เมื่อให้ความร้อนก็จะมีสารอินทรีย์ถูกปล่อยออกจากโครงสร้างมากเหลือเป็นร้อยละของผลผลิตน้อย ซึ่งจากผลขององค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก พบว่า ไม้ดงลิ้มแล้งที่เตรียมด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2 ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.4 ปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 3.6 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 94 และไม้ดงลิ้มแล้งที่เตรียมด้วยเทคนิครีฟลักซ์มีปริมาณความชื้นร้อยละ 2 ปริมาณเถ้าร้อยละ 3 ปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 5.55 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 91.45 ดังตารางที่ 1 ซึ่งจะเห็นได้ว่าถ่านกัมมันต์ที่เตรียมจากไม้ดงลิ้มแล้งมีปริมาณความชื้น ปริมาณเถ้าและปริมาณสารระเหยได้ต่ำ ในขณะที่มีปริมาณคาร์บอนคงตัวสูงมาก ดังนั้นไม้ดงลิ้มแล้งจึงเหมาะที่จะเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์เพราะได้ร้อยละของผลผลิตมากสูงมาก ทั้งนี้กรดฟอสฟอริกก็เป็นอีกหนึ่งความสำคัญที่มีส่วนช่วยในการกำจัดสารระเหยได้ที่เหลืออยู่ในถ่านกัมมันต์ได้ดี ทำให้ได้ปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูง ซึ่งคาร์บอนคงตัวเป็นค่าที่แสดงถึงส่วนที่เหลือของถ่านกัมมันต์หลังจากที่กำจัดความชื้น เถ้า และสารระเหยได้ออก โดยการสลายตัวของโครงสร้างซึ่งหลุดออกไปในรูปสารระเหย

ตารางที่ 1 แสดงผลการวิเคราะห์องค์ประกอบแบบประมาณ

วิธีการให้ความร้อน	องค์ประกอบแบบประมาณร้อยละโดยน้ำหนัก			
	ปริมาณความชื้น	ปริมาณเถ้า	ปริมาณสารระเหยได้	ปริมาณคาร์บอนคงตัว
รีฟลักซ์	2	3	5.55	91.45
ไมโครเวฟ	2	2.4	3.6	94

2.2 วิเคราะห์หมู่ฟังก์ชันบนพื้นผิวของถ่านกัมมันต์ด้วยวิธี FTIR

สเปกตรัมจากเทคนิคอินฟราเรดสเปกโทรสโกปี แสดงดังภาพที่ 1 โดยถ่านกัมมันต์ได้ดัดแปลงที่ให้ความร้อนด้วยวิธีการรีฟลักซ์แสดงในภาพ (a) และวิธีไมโครเวฟแสดงในภาพ (b) พบว่าลักษณะสเปกตรัมที่ได้ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยพบว่าถ้าเป็นพืชของไผ่ดัดแปลง (Bamboo) จะปรากฏแถบของการสั่นในช่วง $3000-4000\text{ cm}^{-1}$ ช่วง 2800 cm^{-1} ช่วง $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ และช่วง 1000 cm^{-1} เป็นการสั่นของหมู่ O-H หมู่ C-H หมู่ C=O และหมู่ C-O ตามลำดับ [12] ซึ่งเป็น สารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหย เช่น น้ำ เซลลูโลส เอสเทอร์ แอลดีไฮด์และคีโตน ที่ประกอบของไผ่ดัดแปลง เมื่อนำไผ่ดัดแปลงมาเผาเป็นถ่าน (Charcoal) ปรากฏว่าแถบของการสั่นในช่วง $3000-4000\text{ cm}^{-1}$ ช่วง 2800 cm^{-1} หายไปและแถบของการสั่นในช่วง $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ และช่วง 1000 cm^{-1} ลดลง แสดงว่าสารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหยจะถูกกำจัดออกไปมาก และเมื่อให้ความร้อนนานขึ้นรวมกับการทำปฏิกิริยากับสารกระตุ้นกรดฟอสฟอริก พบว่า แถบของการสั่นในช่วง 1000 cm^{-1} ลดลงเรื่อยๆ และขึ้นไปเกิดพีคที่แถบการสั่นช่วง $1100-1200\text{ cm}^{-1}$ แทนและแถบการสั่นสูงขึ้นไปเมื่อให้ความร้อนนานขึ้น รวมถึงเกิดพีคที่ตำแหน่ง $600-500\text{ cm}^{-1}$ ควบคู่มาด้วย ซึ่งแถบของการสั่นที่ $1200-1100\text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของหมู่ C-O และแถบของการสั่นในช่วง $600-500\text{ cm}^{-1}$ เป็นการสั่นของหมู่ C-X โดย X เป็นไปได้ว่าจะเป็น P เนื่องจากการกระตุ้นทำให้เกิดปฏิกิริยาระหว่างสารกระตุ้นกับโครงสร้างของถ่านกัมมันต์เป็นการแทรกตัวของสารกระตุ้นในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ทำให้โครงสร้างถ่านกัมมันต์มีรูพรุนเพิ่มขึ้น



ภาพที่ 1 แสดงสเปกตรัม FTIR ของถ่านกัมมันต์จากไผ่ดัดแปลง โดยการให้ความร้อนด้วย

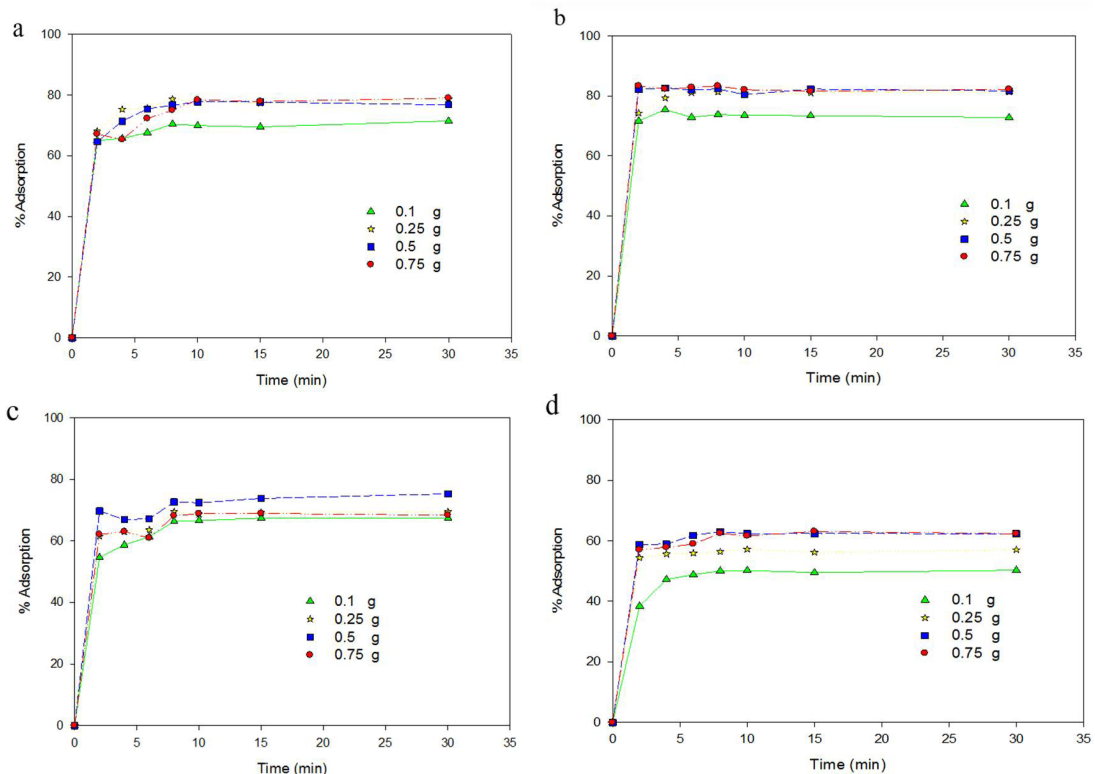
(a) วิธีการรีฟลักซ์ และ (b) วิธีไมโครเวฟ

3. ปริมาณถ่านกัมมันต์ เวลา และความเข้มข้นสารละลายตะกั่วที่มีผลต่อประสิทธิภาพการดูดซับ

จากผลการทดลองเมื่อใช้ปริมาณถ่านกัมมันต์ไผ่ดัดแปลงของถ่านกัมมันต์ไผ่ดัดแปลงที่เตรียมโดยใช้กรดฟอสฟอริกเป็นตัวกระตุ้นและให้ความร้อนด้วยเครื่องไมโครเวฟเป็นเวลา 10 นาทีปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัม ในการดูดซับ

สารละลายตะกั่วความเข้มข้น 5, 10, 15 และ 20 ppm แสดงดังภาพที่ 2 พบว่าปริมาณถ่านกัมมันต์ไผ่ดงลี้มแล้งเพิ่มขึ้นทำให้ประสิทธิภาพในการในการดูดซับเพิ่มขึ้นเล็กน้อยโดยถ่านกัมมันต์ไผ่ดงลี้มแล้ง 0.1 กรัมมีประสิทธิภาพในการในการดูดซับน้อยที่สุดแต่เมื่อปริมาณตัวดูดซับเพิ่มขึ้นเป็น 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัม ประสิทธิภาพของการดูดซับเพิ่มขึ้นเรื่อยๆ โดยถ่านกัมมันต์ไผ่ดงลี้มแล้ง 0.75 กรัม ความเข้มข้นสารละลายตะกั่ว 10 ppm มีประสิทธิภาพในการในการดูดซับสูงสุดร้อยละ 82 อย่างไรก็ตามที่น้ำหนัก 0.5 และ 0.75 กรัม มีประสิทธิภาพเพิ่มขึ้นเล็กน้อยหรือไม่แตกต่างจากน้ำหนัก 0.25 กรัม อาจเนื่องจากปริมาณตัวดูดซับที่มากเกินไป ซึ่งการเพิ่มปริมาณเป็นการเพิ่มตำแหน่งที่ว่างไว (Active Site) ในการดูดซับให้มีความสามารถในการดูดซับที่ผิวของตัวดูดซับมากขึ้น แต่เมื่อถึงจุดๆ หนึ่ง พบว่าประสิทธิภาพในการดูดซับไม่เปลี่ยนแปลงมากนัก ทั้งนี้อาจเกิดสาเหตุมาจากความเข้มข้นของไอออนในน้ำตัวอย่างสังเคราะห์ลดลง จึงทำให้การแพร่ของไอออนจากสารละลายเข้าสู่ตำแหน่งที่ว่างไวลดลง ในขณะที่ปริมาณตัวดูดซับที่เหลือมีประสิทธิภาพในการในการดูดซับไม่แตกต่างกันมากนัก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกถ่านกัมมันต์ไผ่ดงลี้มแล้งน้ำหนัก 0.25 กรัม เป็นปริมาณตัวดูดซับที่เหมาะสม และ 8 นาที เป็นเวลาที่เหมาะสมในการดูดซับ เนื่องจากการดูดซับเริ่มเข้าสู่สมดุลแล้ว นั่นคือประสิทธิภาพการดูดซับไม่มีการเปลี่ยนแปลงหรือเกือบคงที่ กล่าวคือ อัตราการดูดซับมีค่าเท่ากับอัตราการคายออก

ส่วนความเข้มข้นที่เหมาะสมงานวิจัยนี้เลือกความเข้มข้นสารละลายตะกั่วที่ 10 ppm เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการดูดซับสูงสุดที่ร้อยละ 83 เมื่อเพิ่มความเข้มข้นเป็น 15 และ 20 ppm การดูดซับตะกั่วมีแนวโน้มลดลง เนื่องจากความสามารถในการดูดซับบนพื้นผิวของตัวดูดซับมีการอิ่มตัวหรืออยู่ในสภาวะที่ปริมาณตัวดูดซับน้อยกว่าปริมาณของตะกั่วที่ความเข้มข้นสูงจึงทำให้ประสิทธิภาพในการดูดซับลดลง



ภาพที่ 2 แสดงประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วด้วยถ่านกัมมันต์ไผ่ดงลี้มแล้งที่ความเข้มข้น 5 (a), 10 (b), 15 (c) และ 20 (d) ppm โดยใช้ น้ำหนักถ่านปริมาณ 0.1, 0.25, 0.5 และ 0.75 กรัม

สรุปผลการวิจัย

การเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ตังลิ้มแล้งพบว่าเมื่อใช้กรดฟอสฟอริกเป็นสารกระตุ้นจะให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์เท่ากับ 2,082 มิลลิกรัมต่อกรัม ซึ่งมีค่าที่สูงกว่าเมื่อใช้โพแทสเซียมไฮดรอกไซด์เป็นสารกระตุ้นซึ่งมีค่าไอโอดีนนัมเบอร์ 882 มิลลิกรัมต่อกรัม เมื่อเปรียบเทียบวิธีการให้ความร้อนด้วยวิธีฟลักซ์และวิธีไมโครเวฟพบว่าวิธีฟลักซ์ให้ค่าไอโอดีนนัมเบอร์สูงกว่าวิธีไมโครเวฟประหยัดทั้งเวลาและค่าไฟฟ้ากว่าวิธีฟลักซ์มากคิดเป็นเงินประมาณ 19 บาทต่อการเผาถ่านกัมมันต์ 3 กรัม เวลาในการให้ความร้อนเพียง 10 นาที งานวิจัยนี้จึงเลือกวิธีเตรียมถ่านกัมมันต์จากไม้ตังลิ้มแล้งด้วยวิธีให้ความร้อนด้วยไมโครเวฟ ซึ่งไม้ตังลิ้มแล้งที่เตรียมด้วยเทคนิคไมโครเวฟมีปริมาณความชื้นร้อยละ 2 ปริมาณเถ้าร้อยละ 2.4 ปริมาณสารระเหยได้ร้อยละ 3.6 และปริมาณคาร์บอนคงตัวร้อยละ 94 ดังนั้นไม้ตังลิ้มแล้งจึงเหมาะที่จะเตรียมเป็นถ่านกัมมันต์เพราะได้ร้อยละของผลผลิตมากสูงมาก เนื่องจากมีปริมาณคาร์บอนคงตัวที่สูง เมื่อนำถ่านกัมมันต์ที่ได้ไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิคอินฟราเรดพบว่า แถบของการสั่นในช่วง $3000-4000\text{ cm}^{-1}$ ช่วง 2800 cm^{-1} หายไปและแถบของการสั่นในช่วง $1600-1500\text{ cm}^{-1}$ และช่วง 1000 cm^{-1} ลดลง แสดงว่าสารอินทรีย์หรือปริมาณสารระเหยจะถูกกำจัดออกไป เกิดพีคที่แถบการสั่นช่วง $1100-1200\text{ cm}^{-1}$ และ $600-500\text{ cm}^{-1}$ แทน ซึ่งเป็นการสั่นของหมู่ C-O และหมู่ C-X โดย X เป็นไปได้ว่าจะเป็น P แสดงว่ามีการแทรกตัวของสารกระตุ้นในโครงสร้างถ่านกัมมันต์ทำให้โครงสร้างถ่านกัมมันต์มีรูพรุนเพิ่มขึ้น ประสิทธิภาพในการดูดซับตะกั่วที่เหมาะสม คือ น้ำหนักถ่านกัมมันต์ 0.25 กรัม ความเข้มข้นของตะกั่ว 10 มิลลิกรัมต่อลิตรใช้เวลา 8 นาที

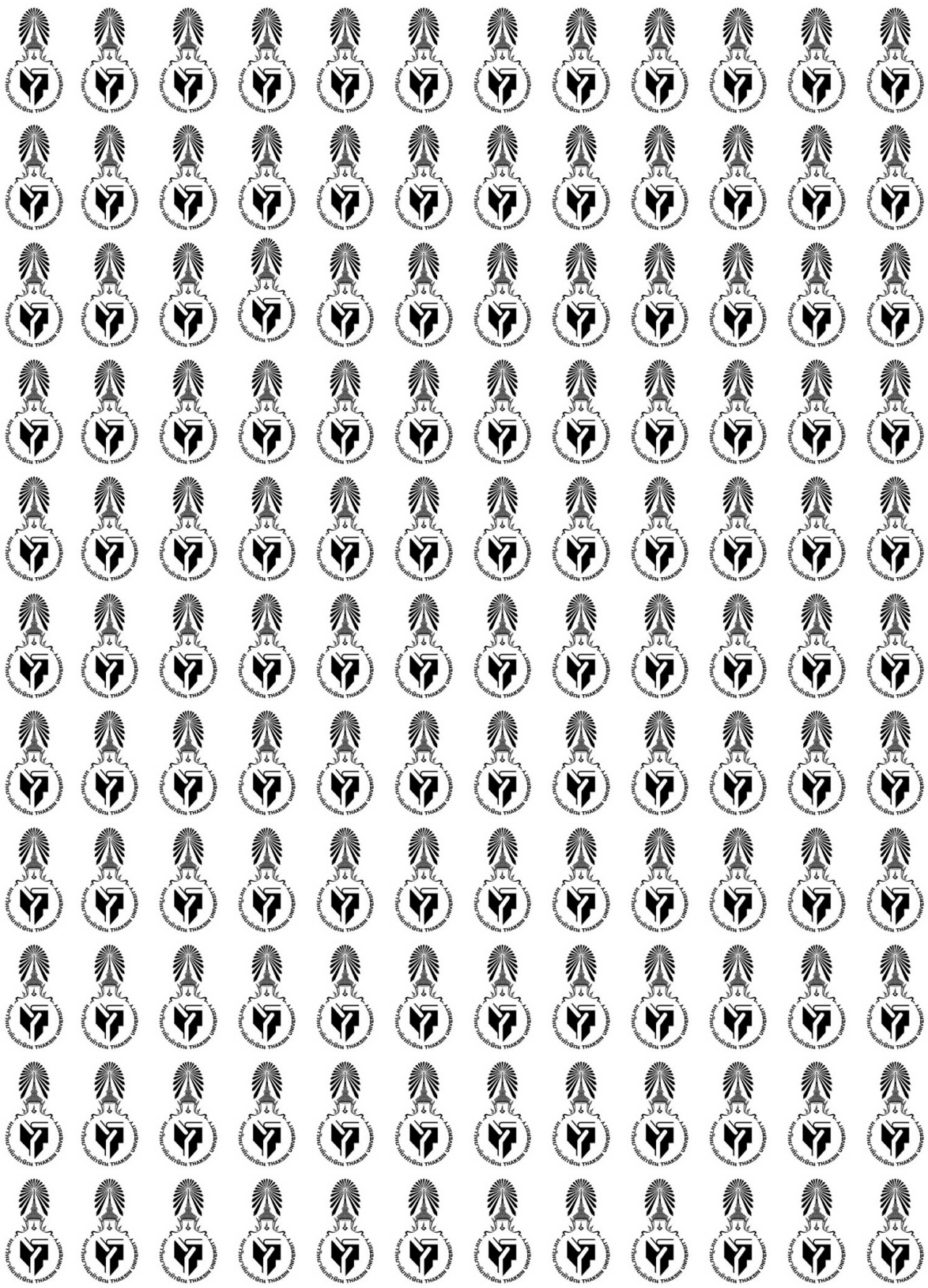
คำขอบคุณ

งานวิจัยนี้ได้รับเงินสนับสนุนจากกองทุนวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ (1) ทุนงบประมาณรายได้ 2558 ทุนวิจัยร่วมบัณฑิต ในหัวข้อวิจัยไอโซโทมและจลนพลศาสตร์การดูดซับเมทิลีนบลูด้วยถ่านกัมมันต์ไม้ตังลิ้มแล้ง (2) ทุนบัณฑิตวิทยาลัย ในหัวข้อวิทยานิพนธ์ การเตรียม ลักษณะจำเพาะ และการดูดซับตะกั่วของถ่านกัมมันต์ไม้ตังลิ้มแล้ง ขอขอบคุณ

เอกสารอ้างอิง

- [1] Liu, Q.S., Zheng, T., Wang, P. and Guo, L. (2010). "Preparation and characterization of activated carbon from bamboo by microwave-induced phosphoric acid activation", **Industrial Crops and Products**. 31, 233–238.
- [2] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Mesoporous activated carbon from wood sawdust by K_2CO_3 activation using microwave heating", **Bioresource Technology**. 111, 425–432.
- [3] Deng, H., Li, G., Yang, H., Tang, J.P. and Tang, J. (2010). "Preparation of activated carbon from cotton stalk by microwave assisted KOH and K_2CO_3 activation", **Chemical Engineering Journal**. 163, 373–381.
- [4] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Porous structure and adsorptive properties of pineapple peel based activated carbons prepared via microwave assisted KOH and K_2CO_3 activation", **Micro porous and Mesoporous Materials**. 148, 191–195.
- [5] Foo, K.Y. and Hameed, B.H. (2012). "Preparation characterization and evaluation of adsorptive properties of orange peel based activated carbon via microwave induced K_2CO_3 activation", **Bioresource Technology**. 104, 679–686.

- [6] รุจิรา ปิ่นแก้ว. (2556). การผลิตและการเตรียมถ่านกัมมันต์จากซังข้าวโพดเพื่อใช้ในการดูดซับมีเทน. สาขาวิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏเพชรบูรณ์.
- [7] รัชฎาพร วัชรวิชานันท์และกมลชนก วงศ์สุขสิน. (2012). การวิเคราะห์และปรับปรุงคุณภาพน้ำบาดาล เพื่อใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมและการอุปโภคบริโภคในเขตตำบลหนองบัวศาลาและตำบลหนองระเวียง จังหวัดนครราชสีมา. วิทยานิพนธ์ หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.
- [8] ปรินทร์ เต็มญารศิลป์. (2551). การเตรียมและการวิเคราะห์ลักษณะเฉพาะของถ่านกัมมันต์จากไม้ตองและไม้หางู. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาเคมี ภาควิชาเคมี มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [9] ยุพดี เส้นขาว. (2557). “การกำจัดไอออนแคดเมียมและตะกั่วจากน้ำเสียด้วยมะขามและเปลือกทับทิม”, วารสาร วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 22(2), 184-201.
- [10] Chena, W.F., Pana, L., Chenb, L.F., Yua, Z., Wang, Q. and Yan, C.C. (2014). Comparison of EDTA and SDS as potential surface impregnation agents for lead adsorption by activated carbon. **Applied Surface Science**. 309, 38–45.
- [11] Wang, Y.S., Tsai, H. M., Lo, F. S. and Tsai, J. M. (2008). “Effect of manufacturing condition on the adsorption capacity of heavy metal ions by Makino bamboo charcoal”, **Journal of Bioresource Technology**. 99, 7027-7033.
- [12] Stuart, B. (2004). Infrared spectroscopy: fundamentals and applications. **John Wiley & Sons, Ltd.**



การพัฒนาวิธีเตรียมผงไพลที่มีคุณภาพตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย

Development of the Preparation Methods for Qualified Cassumunar Ginger Powder Based on Thai Herbal Pharmacopoeia Standards

ธวัชชัย ศรีสุวรรณ¹ ทวีภรณ์ ศิริคช¹ อิชยาน จีเกษม² อัสมะ ดาโอะ²
มูรณี สาแลแม² อัสลามนา สาและ² และสนั่น ศุภธีรสกุล^{3*}

Thawatchai Srisuwan¹, Thaweepon Keereekoch¹, Izyan Chikasem², Asma Da-o²,
Murnee Salaemae², Aslamna Saleh² and Sanan Subhadhirasakul^{3*}

บทคัดย่อ

การพัฒนาวิธีเตรียมผงไพลที่มีคุณภาพตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย โดยแบ่งตัวอย่างเหง้าไพลเป็น 3 กลุ่ม 5 ตัวอย่าง ได้แก่ กลุ่มที่ 1 นึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 หรือ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที กลุ่มที่ 2 แห่สารละลายต่างทับทิม (KMnO₄) ที่ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm เป็นเวลา 15 นาที และกลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุม (ไม่ผ่านกระบวนการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์) พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทยส่วนอีก 4 ตัวอย่าง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐานด้านการปนเปื้อนจุลินทรีย์ เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยไพลด้วยเทคนิค GC-MS พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีองค์ประกอบหลักทางเคมี คือ Triquinacene, 1,4-bis(methoxy) (48.86%), Terpinene-4-ol (8.49%), Sabinene (6.94%), 2-Allyl-1, 4-dimethoxy-3-methyl-benzene (6.12%) และ β -Sesquiphellandrene (6.09%) และเมื่อเปรียบเทียบ % relative peak area กับกลุ่มควบคุม พบว่าองค์ประกอบหลักในกลุ่มการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีเปอร์เซ็นต์น้อยกว่ากลุ่มควบคุม อย่างไรก็ตามการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมผงไพลที่ได้คุณภาพ

คำสำคัญ: คุณภาพของผงไพล การนึ่งฆ่าเชื้อ ต่างทับทิม

¹ นักศึกษาปริญญาโท คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90110

² นักศึกษาปริญญาตรี คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90110

³ รศ.ดร., คณะการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ หาดใหญ่ สงขลา 90110

* Corresponding Author: e-mail: sanan.s@psu.ac.th Tel.074-282700

Abstract

For the development preparation methods for qualified cassumunar ginger powder (*Zingiber cassumunar* Roxb.) based on Thai Herbal Pharmacopoeia, fresh cassumunar ginger rhizome was divided into 3 groups with a total of 5 treatments. The first group was sterilized by steam at 121°C or 115°C for 15 minutes. The second group was soaked into potassium permanganate solution (KMnO_4) at a concentration of 100 ppm or 200 ppm for 15 minutes. The third group was the untreated control group which was untreated. The results showed that the steam sterilization of the rhizomes at 121°C for 15 minutes passed all the standards of Thai Herbal Pharmacopoeia, while the other 4 treatments had microbial contamination. The components in volatile oil were determined by GC-MS. The ratio of components contents in volatile oil which was sterilized at 121 °C for 15 minutes in the treatment sample were different from that of the control group. It was consisted of Triquinacene, 1,4-bis (methoxy) (48.86%), Terpinene-4-ol (8.49%), Sabinene (6.94%), 2-Allyl-1,4-dimethoxy-3-methyl-benzene (6.12%) and β -Sesquiphellandrene (6.09%). The percentage of the relative peak area of major components in the steam sterilization of the rhizomes at 121°C for 15 minutes treatment sample was lower than that of the control group. However, steam sterilization of the rhizomes at 121°C for 15 minutes was a suitable preparation method for qualified cassumunar ginger powder.

Keywords: Cassumunar Ginger Powder Qualified, Steam Sterilization, Potassium Permanganate (KMnO_4)

บทนำ

โพลเป็นอีกพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่ได้รับการบรรจุอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติ โดยจัดอยู่ในยาแผนไทยหรือยาแผนโบราณ ยารักษาอาการทางสูติศาสตร์-นรีเวชวิทยา คือ ยาประสะโพล มีสรรพคุณบรรเทาอาการปวดประจำเดือน อาการระดูมาไม่ปกติ และขับน้ำคาวปลาในหญิงหลังคลอด และยังจัดอยู่ในยาพัฒนาจากสมุนไพร ในยากลุ่มอาการทางกล้ามเนื้อและกระดูก โดยเป็นยาสำหรับใช้ภายนอก คือ ยาครีมโพล และยาน้ำมันโพล มีสรรพคุณบรรเทาอาการบวม ฟกช้ำ เคล็ดขัดยอก ทำให้มีการใช้โพลในการรักษาโรคอย่างแพร่หลาย ซึ่งมีการนำโพลมาแปรรูปให้อยู่ในผลิตภัณฑ์รูปแบบต่างๆ เช่น ยาผง ยาแคปซูล [1] แต่ในการผลิตยาสมุนไพรที่มาจากส่วนรากหรือเหง้าของพืชมักเกิดปัญหาการปนเปื้อนของจุลินทรีย์จากดินในปริมาณมาก โดยจากการสำรวจคุณภาพยาสมุนไพรของศูนย์วิทยาศาสตร์การแพทย์ และการศึกษาความปลอดภัยของยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ พบตัวอย่างที่ไม่อยู่ในเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ [2-3]

ปัจจุบันมีการใช้เทคโนโลยีการฉายรังสีแกมมาเพื่อใช้ในการลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ทั้งในวัตถุดิบและผลิตภัณฑ์สมุนไพร แต่หน่วยงานที่ให้บริการฉายรังสียังมีจำนวนน้อยและการเข้าถึงบริการที่ค่อนข้างยาก เนื่องจากหน่วยงานที่ให้บริการฉายรังสีแกมมาตั้งอยู่ในกรุงเทพฯ และเขตปริมณฑล [4] ทำให้สถานพยาบาลที่อยู่ห่างไกล หรือผู้ผลิตที่มีกำลังผลิตในปริมาณน้อย ไม่คุ้มทุนในการผลิต เนื่องจากต้องมียอดต้นทุนค่าขนส่งที่เพิ่มขึ้น และจากการศึกษาวิธีลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ ด้วยวิธีต่างๆ ในเหง้าขมิ้นชันของ Chusri et al. [5] เช่น การแช่ด้วยเอทานอล 70% (v/v) การต้มในน้ำเดือด การต้มด้วยกรดอะซิติก 5% (v/v) การนึ่ง และการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที พบว่าการเตรียมผงขมิ้นชันจากเหง้าที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เป็นวิธีที่ทำให้ผงขมิ้นชันปราศจากการปนเปื้อนจุลินทรีย์และคงปริมาณสารสำคัญ คือ ปริมาณ Curcuminoids ในปริมาณสูง

และการศึกษาผลของเวลาในการนึ่งฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผงขมิ้นชันของทวีภรณ์ และคณะ [6] พบว่าการเตรียมผงขมิ้นชันจากเหง้าที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 และ 121 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที เป็นวิธีที่ทำให้ได้ผงขมิ้นชันที่มีคุณภาพเป็นไปตามเกณฑ์ตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย แต่การเตรียมสมุนไพรด้วยวิธีดังกล่าว มีต้นทุนในการผลิตสูงเมื่อคิดต้นทุนของเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อในการเตรียมผงขมิ้นชันให้ปราศจากจุลินทรีย์ คณะผู้วิจัยจึงสนใจการใช้สารละลายต่างหัตถิมาแช่เหง้าไพลเพื่อลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์การใช้ต่างหัตถิเป็นภูมิปัญญาชาวบ้านที่ใช้กันมา และเป็นวิธีที่สะดวกทำได้ง่าย ซึ่งจากการศึกษาของ Sukul *et al.* [7] พบว่าการใช้ต่างหัตถิที่ความเข้มข้น 50 ppm และ 100 ppm สามารถลดการปนเปื้อนจุลินทรีย์ชนิดต่างๆ ในใบผักชีได้ ดังนั้นคณะผู้วิจัยจึงทำการศึกษาวิธีเตรียมตัวอย่างทั้ง 2 วิธีคือ วิธีการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 หรือ 115 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที และการแช่ในสารละลายต่างหัตถิที่ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm โดยการใช้สารละลายต่างหัตถิจะมีความเข้มข้นสูงขึ้นเป็น 2 เท่า จากการศึกษาของ Sukul *et al.* [7] เนื่องจากใช้กับตัวอย่างสมุนไพรที่มาจากส่วนของเหง้าใต้ดิน เพื่อหาวิธีที่เหมาะสมที่สุดในการเตรียมผงยาไพลให้มีคุณภาพเป็นไปตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย

วัตถุประสงค์

เพื่อศึกษาคุณภาพของผงไพล ที่เตรียมด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อและการแช่ด้วยสารละลายต่างหัตถิ

ระเบียบวิธีวิจัย

1. การเตรียมผงไพล

ตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา คือ เหง้าไพลสดอายุประมาณ 1 ปี 7 เดือน เก็บตัวอย่างในเดือนกันยายน 2557 จากแหล่งปลูกเดียวกันในอำเภอเกาะคา จังหวัดลำปาง นำตัวอย่างมาล้างทำความสะอาด ตัดราก และสะเด็ดน้ำให้แห้ง จากนั้นแบ่งตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม 5 ตัวอย่าง ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ศึกษาผลของอุณหภูมิในการนึ่งฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผงไพล โดยนำตัวอย่างเหง้าไพลสดเข้าเครื่องนึ่งฆ่าเชื้อที่ความดัน 15 ปอนด์ต่อตารางนิ้ว เป็นเวลา 15 นาที โดยใช้อุณหภูมิในการนึ่งฆ่าเชื้อที่แตกต่างกัน 2 ตัวอย่าง คือ อุณหภูมิ 121 หรือ 115 องศาเซลเซียส

กลุ่มที่ 2 ศึกษาผลของความเข้มข้นของต่างหัตถิต่อคุณภาพของผงไพล นำตัวอย่างเหง้าไพลสดแช่ในสารละลายต่างหัตถิเป็นเวลา 15 นาที โดยใช้ความเข้มข้นที่แตกต่างกัน 2 ตัวอย่าง คือ ความเข้มข้น 100 ppm หรือ 200 ppm

กลุ่มที่ 3 กลุ่มควบคุม คือ ตัวอย่างเหง้าไพลสดไม่ผ่านกระบวนการลดการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ จากนั้นนำไพลที่ได้ในแต่ละกลุ่มมาหั่นเป็นชิ้นบางๆ ประมาณ 1-2 มิลลิเมตร ด้วยเครื่องตัดหั่นสมุนไพรอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง บดเป็นผงให้ละเอียดด้วยเครื่องบดยาสมุนไพร นำไปร่อนผ่านร่อนเบอร์ 100 เก็บผงไพลที่ได้ในภาชนะที่สะอาด เพื่อนำไปตรวจสอบคุณภาพของผงไพลในการทดลองต่อไป ขั้นตอนการเตรียมผงไพลทำในห้องที่สะอาด ภายในห้องมีหลอดยูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรค และใช้เอทานอล 70% (v/v) เช็ดฆ่าเชื้ออุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ก่อนใช้งานทุกครั้ง

2. การตรวจสอบคุณภาพของผงไพล

ตรวจสอบคุณภาพของผงไพลด้วยวิธีต่างๆ ตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย [8-9] ทุกตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ คำนวณหาค่าเฉลี่ยดังนี้

2.1 การตรวจปริมาณสิ่งแปลกปลอม (Determination of Foreign Matter)

สุ่มตรวจผงโพลแต่ละตัวอย่าง จำนวน 100 กรัม นำมาเกลี่ยในภาชนะแบนราบตรวจหาและคัดแยกสิ่งแปลกปลอมด้วยตาเปล่าหรือด้วยแว่นขยาย 6 เท่า ซึ่งน้ำหนักสิ่งแปลกปลอม และคำนวณร้อยละของสิ่งแปลกปลอมในผงโพลตามเกณฑ์มาตรฐานปริมาณสิ่งแปลกปลอมต้องไม่เกิน 2.0% w/w

2.2 การตรวจปริมาณความชื้น (Determination of Water Content)

ใช้วิธี Azeotropic distillation เติมโทลูอีน (Toluene) 200 มิลลิลิตร และน้ำ 2 มิลลิลิตร ลงในขวดก้นกลมกลั่นด้วย dean-stark apparatus ประมาณ 2 ชั่วโมง อ่านปริมาตรของน้ำที่ได้ (n) จากนั้นซึ่งผงโพล 50 กรัม บรรจุในขวดก้นกลม พร้อม boiling chips 2-3 ชิ้น แล้วนำไปกลั่น เมื่อโทลูอีนเริ่มเดือดให้ปรับอัตราเร็วของการกลั่นให้ได้ 2 หยดต่อวินาที กลั่นด้วยอัตราที่จนน้ำที่ถูกกลั่นเกือบหมด จากนั้นปรับเร่งอัตราเร็วเป็น 4 หยดต่อวินาที เมื่อเกิดการกลั่นสมบูรณ์แล้ว ล้าง condenser ด้วย โทลูอีน กลั่นต่ออีก 5 นาที ปิดเครื่องทำความร้อน ทิ้งไว้ให้เย็น รอให้น้ำและโทลูอีนแยกชั้นออกจากกัน อ่านปริมาณของน้ำที่ได้ (n') แล้วคำนวณร้อยละของปริมาณความชื้นในผงโพลตามเกณฑ์มาตรฐานปริมาณความชื้นต้องไม่เกิน 13.0% v/w

2.3 การตรวจปริมาณน้ำมันหอมระเหย (Determination of Volatile Oil)

ซึ่งผงโพล 10 กรัมบรรจุในขวดก้นกลมขนาด 500 มิลลิลิตร เติมน้ำ 100 มิลลิลิตร เขย่าเบาๆ ให้เข้ากัน นำไปกลั่นด้วย cleverger apparatus เติมน้ำลงใน graduate tube จนถึง standard line แล้วเติมไซลีน (Xylene) 2 มิลลิลิตร กลั่นที่อุณหภูมิ 130-150 องศาเซลเซียส เมื่อน้ำเริ่มเดือดปรับอัตราเร็วในการกลั่น 2-3 มิลลิลิตรต่อนาที เป็นเวลา 5 ชั่วโมง ปิดเครื่องทำความร้อน ทิ้งไว้ให้เย็น ไขน้ำใน graduate tube ออกช้าๆ จนกระทั่งระดับของสารละลายผสมไซลีนและน้ำมันหอมระเหยอยู่ที่ preparation line ทิ้งไว้ 1 ชั่วโมง ปรับระดับของสารละลายผสมไซลีนและน้ำมันหอมระเหยมาอยู่ที่ระดับศูนย์ (0) อ่านปริมาตร นำค่าปริมาตรที่อ่านได้ลบด้วยปริมาตรของไซลีน แล้วคำนวณร้อยละของปริมาณน้ำมันหอมระเหยในผงโพล ตามเกณฑ์มาตรฐานปริมาณน้ำมันหอมระเหยต้องไม่น้อยกว่า 2.0% v/w

2.4 การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยน้ำ (Determination of Water-Soluble Extractive)

ซึ่งผงโพล 5 กรัม บรรจุใน Flask ขนาด 250 มิลลิลิตร เติมน้ำที่อิ่มตัวด้วยคลอโรฟอร์ม (Chloroform Water) 100 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางให้แน่น วางบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 6 ชั่วโมง และตั้งทิ้งไว้อีก 18 ชั่วโมง จากนั้นกรองอย่างรวดเร็ว นำสารสกัดที่กรองได้จำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ในชามระเหย (Evaporating Dish) ที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไประเหยแห้งบนอ่างควบคุมอุณหภูมิ (Water Bath) แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส จนได้น้ำหนักคงที่ คำนวณหาค่าร้อยละของปริมาณสารสกัดด้วยน้ำในผงโพล โดยโพลไม่มีเกณฑ์มาตรฐานกำหนดไว้ในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย

2.5 การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซน (Determination of Hexane-Soluble Extractive)

ซึ่งผงโพล 2 กรัมบรรจุใน flask ขนาด 100 มิลลิลิตร เติมหะกเซน (Hexane) 40 มิลลิลิตร ปิดด้วยจุกยางให้แน่น แช่ทิ้งไว้เป็นเวลา 7 วัน โดยให้เขย่าเป็นครั้งคราว จากนั้นนำมากรอง นำสารสกัดที่กรองได้จำนวน 20 มิลลิลิตร ใส่ในชามระเหยที่ทราบน้ำหนักแน่นอน นำไประเหยแห้งบนอ่างควบคุมอุณหภูมิเป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง จากนั้นนำสารสกัดที่ได้ใส่ใน desiccator เป็นเวลา 18 ชั่วโมง นำมาชั่งและคำนวณหาค่าร้อยละของปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซนในผงโพลตามเกณฑ์มาตรฐานปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซนต้องไม่น้อยกว่า 3.0% w/w

2.6 การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม (Determination of Chloroform-Soluble Extractive)

วิธีทำเช่นเดียวกับข้อ 2.5 แต่ใช้คลอโรฟอร์ม (Chloroform) เป็นตัวทำละลายคำนวณร้อยละของปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มในผงโพลตามเกณฑ์มาตรฐานปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มต้องไม่น้อยกว่า 5.0% w/w

2.7 การตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ [9]

เตรียมตัวอย่างโดยชั่งผงโพลี 10 กรัมใส่ใน flask ที่มี Soybean-Casein Digest Broth จำนวน 90 มิลลิลิตร ผสมให้เข้ากัน ใช้เป็น stock solution 1:10 จากนั้นทำ serial dilution โดยเจือจางต่อเป็น 1:10² และ 1:10³ ตามลำดับ

2.7.1 การตรวจนับจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด (Total Aerobic Microbial Count) ด้วยวิธี Pour plate ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่จานเพาะเชื้อ (Petri Dish) เททับด้วย Plate Count Agar (PCA) ปริมาตร 10-15 มิลลิลิตร หมุนจานเพาะเชื้อเบาๆ เพื่อผสมให้เข้ากัน ตั้งทิ้งไว้ประมาณ 15 นาที บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มี 30-300 โคโลนี และรายงานผลเป็น CFU/g

2.7.2 การตรวจนับจำนวนยีสต์และรา (Total Combined Yeasts and Moulds Count) ด้วยวิธี Pour Plate ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่จานเพาะเชื้อ เททับด้วย Sabouraud Dextrose Agar (SDA) บ่มที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 5-7 วัน ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มี 30-300 โคโลนี และรายงานผลเป็น CFU/g

2.7.3 การตรวจหาจุลินทรีย์กลุ่ม Bile-Tolerant Gram-Negative Bacteria ด้วยวิธี Pour Plate ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่จานเพาะเชื้อ เททับด้วย Mac Conkey Agar (MCA) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24-48 ชั่วโมง ตรวจนับจำนวนโคโลนีจากจานเพาะเชื้อที่มี 30-300 โคโลนี และรายงานผลเป็น CFU/g

2.7.4 การตรวจหา *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*, *Salmonella* spp. และ *Staphylococcus aureus* ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร ใส่ใน flask เติม Tryptic Soy Broth (TSB) ให้ครบ 100 มิลลิลิตร บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง จากนั้นถ่ายเชื้อจาก TSB ไปเพาะใน MCA บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตดูโคโลนีที่เจริญ ถ้ามีโคโลนีสีชมพูใช้ loop เชี่ยเชื้อ 3-5 โคโลนี นำไป streak (Streak) บนอาหาร Eosine Methylene Blue (EMB) หากมีโคโลนีสีดำ Green Metallic Sheen แสดงว่ามีเชื้อ *Escherichia coli* ถ่ายเชื้อจาก TSB ไปเพาะใน Cetrimide Agar บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตดูโคโลนีที่ขึ้นเจริญ หากมีลักษณะสีเหลืองเขียวถึงน้ำเงินแสดงว่ามีเชื้อ *Pseudomonas aeruginosa* ถ่ายเชื้อจาก TSB ไปเพาะใน Bismuth Sulphite Agar และ *Salmonella*-Shigella Agar (SS Agar) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตดูโคโลนีที่เจริญ หากมีลักษณะสีดำ Metallic Sheen แสดงว่ามีเชื้อ *Salmonella* spp. ถ่ายเชื้อจาก TSB ไปเพาะใน Mannitol-Salt Agar (MSA) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง สังเกตดูโคโลนีที่เจริญ หากมีลักษณะสีเหลืองใช้ loop เชี่ยเชื้อ 3-5 โคโลนีมาทดสอบ Coagulase Test หากมีลักษณะเป็นลิ่มแสดงว่ามีเชื้อ *Staphylococcus aureus*

2.7.5 การตรวจหา *Clostridium* spp. ใช้ปิเปตดูดตัวอย่างปริมาตร 1 มิลลิลิตร เติมลงใน Cooked Meat Medium บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ถ่ายเชื้อไปเพาะใน Tryptose Sulphite Cycloserine Agar (TSC) บ่มที่ 35 องศาเซลเซียส ในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนเป็นเวลา 2-3 วัน สังเกตดูโคโลนีที่เจริญ หากมีลักษณะสีน้ำตาลอยู่ตรงกลางโคโลนีแสดงว่ามีเชื้อ *Clostridium* spp.

2.8 การตรวจวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโพลีด้วยเทคนิค GC-MS (Trace GC Ultra/ISQMS, Thermo Scientific Inc., USA) สภาวะ GC ที่ใช้ทดสอบประกอบด้วย คอลัมน์ชนิด TR-5MS (30 เมตร x 0.25 มิลลิเมตร x 0.25 ไมโครเมตร) โหมดการฉีดแบบ Split มี split ratio 10:1 ปริมาตรตัวอย่างที่ฉีด 1 ไมโครลิตร ก๊าซตัวพา คือฮีเลียม อัตราการไหล 1 มิลลิลิตรต่อนาที อุณหภูมิของส่วนที่ฉีดสาร 250 องศาเซลเซียส โปรแกรมอุณหภูมิเริ่มต้น 60 องศาเซลเซียส คงไว้ 3 นาที เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 1 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 80 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 3 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 120 องศาเซลเซียส เพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 4 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 220 องศาเซลเซียส คงไว้ 10 นาที และเพิ่มอุณหภูมิในอัตรา 10 องศาเซลเซียสต่อนาที จนถึง 250 องศาเซลเซียส คงไว้ 5 นาที สภาวะ MS เป็น Electron Ionization อุณหภูมิ Ion Source 250 องศาเซลเซียส อุณหภูมิ Transfer Line 250 องศาเซลเซียส ช่วงมวลในการวิเคราะห์ 35-500 amu

3. การวิเคราะห์ผลการทดลอง

โดยวิเคราะห์ความแปรปรวน (Analysis of Variance, ANOVA) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยระหว่างตัวอย่างโดยวิธี DMRT (Duncan's New Multiple Range Test)

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ผลการตรวจสอบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ของผงโพลทั้ง 5 ตัวอย่าง (ตารางที่ 1) พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ผ่านเกณฑ์มาตรฐานเนื่องจากไม่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่างๆ ตามข้อกำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย ซึ่งสอดคล้องกับผลการทดลองของ Chusri *et al.* [5] และทวีภรณ์ และคณะ [6] ส่วนอีก 4 ตัวอย่าง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากตรวจพบจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด จำนวนยีสต์และราทั้งหมดเกินเกณฑ์มาตรฐาน ตรวจพบ เชื้อ *Staphylococcus aureus* และเชื้อ *Salmonella* spp. ดังนั้นการเปรียบเทียบวิธีเตรียมผงโพลที่มีคุณภาพเป็นไปตามตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย จึงเปรียบเทียบในด้านคุณภาพและปริมาณสารสำคัญของผงโพลที่เตรียมด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาทีกับกลุ่มควบคุม (กลุ่มที่ 3)

ตารางที่ 1 การปนเปื้อนจุลินทรีย์ในผงโพลีที่เตรียมด้วยวิธีต่างๆ

การวิเคราะห์	ข้อกำหนดตาม THP Vol.3, 2009	กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3
		Autoclave 121°C 15 นาที	Autoclave 115°C 15 นาที	KMnO ₄ 200 ppm 15 นาที	KMnO ₄ 100 ppm 15 นาที	Control
Total aerobic microbial count	≤ 2×10 ⁵ CFU/g or ml	ND	6.7×10 ³	>2×10 ⁵	>2×10 ⁵	>2×10 ⁵
Total combined yeasts and moulds	≤ 2×10 ⁴ CFU/g or ml	ND	6.9×10 ³	>2×10 ⁴	>2×10 ⁴	>2×10 ⁴
Bile-tolerant gram-negative bacteria	≤ 1×10 ³ CFU/g or ml	ND	ND	1×10 ²	ND	8.0×10 ³
<i>Clostridium</i> spp.	ND in 1 g or ml	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Escherichia coli</i>	ND in 1 g or ml	ND	ND	ND	ND	D
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	ND in 1 g or ml	ND	ND	ND	ND	ND
<i>Salmonella</i> spp.	ND in 10 g or ml	ND	ND	D	D	D
<i>Staphylococcus aureus</i>	ND in 1 g or ml	ND	D	D	D	D

ND: NotDetected, D: Detected

ตารางที่ 2 การตรวจสอบคุณภาพของผงโพลีที่เตรียมโดยวิธีต่างๆ

การวิเคราะห์	ข้อกำหนดตาม THP Vol.1, 2009	กลุ่มที่ 1		กลุ่มที่ 2		กลุ่มที่ 3	
		Autoclave 121°C 15 นาที	Autoclave 115°C 15 นาที	KMnO ₄ 200 ppm 15 นาที	KMnO ₄ 100 ppm 15 นาที	Control	
ปริมาณสิ่งแปลกปลอม	≤ 2.0% w/w	0	0	0	0	0	
ปริมาณความชื้น	≤ 13.0% v/w	6.60±0.20 ^a	6.53±0.31 ^a	6.90±0.10 ^a	6.90±0.30 ^a	6.63±0.32 ^a	
ปริมาณน้ำมันหอมระเหย	≥ 2.0% v/w	3.13±0.06 ^a	3.40±0.23 ^b	3.87±0.23 ^c	3.93±0.06 ^c	3.87±0.06 ^c	
ปริมาณสารสกัดน้ำ	-	15.98±0.21 ^a	16.08±0.14 ^a	18.76±0.18 ^c	18.21±0.28 ^b	18.70±0.09 ^c	
ปริมาณสารสกัดเฮกเซน	≥ 3.0% w/w	18.68±0.11 ^a	19.97±0.75 ^{ab}	20.90±1.45 ^b	20.17±1.30 ^{ab}	23.16±1.77 ^c	
ปริมาณสารสกัดคลอโรฟอร์ม	≥ 5.0% w/w	15.09±0.19 ^a	15.07±0.38 ^a	15.88±0.22 ^a	15.55±0.35 ^a	15.56±0.77 ^a	

ค่าเฉลี่ยในแต่ละแถวที่มีตัวอักษรเหมือนกัน (a-c) ไม่มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ (p<0.05)

การตรวจปริมาณสิ่งแปลกปลอมในผงโพลีที่เตรียมด้วยวิธีต่างๆ (ตารางที่ 2) ทั้ง 5 ตัวอย่าง ไม่พบปริมาณสิ่งแปลกปลอม ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณสิ่งแปลกปลอมไม่เกิน 2.0% w/w เนื่องจากการคัดแยกสิ่งแปลกปลอมออกตั้งแต่กระบวนการล้างทำความสะอาด และเตรียมผงโพลีในห้องที่สะอาดติดหลอดยูวีเพื่อฆ่าเชื้อโรคใช้เอทานอล 70% เช็ดทำความสะอาดเครื่องมือและอุปกรณ์ต่างๆ ก่อนการใช้งานทุกครั้ง

การตรวจปริมาณความชื้นในผงโพลีที่เตรียมด้วยวิธีต่างๆ (ตารางที่ 2) พบว่าทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 6.53-6.90% v/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณความชื้นไม่เกิน 13.0% v/w แสดงให้เห็นว่าการอบโพลีที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 72 ชั่วโมง ไม่ทำให้ปริมาณความชื้นของผงโพลีเกินเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนด ในการวิเคราะห์เปรียบเทียบปริมาณความชื้นในแต่ละกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ โดยเป็นผลมาจากการนำตัวอย่างโพลีที่ผ่านการหั่นทุกตัวอย่างใช้เวลาในการอบเท่ากัน และมีการสลับภาชนะตัวอย่างให้ได้รับความร้อนอย่างทั่วถึงกัน

การตรวจปริมาณน้ำมันหอมระเหย (ตารางที่ 2) พบว่าทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ในช่วง 3.13-3.93% v/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่น้อยกว่า 2.0% v/w เมื่อทำการวิเคราะห์ พบว่า โดยภาพรวมปริมาณน้ำมันหอมระเหยในกลุ่มที่ 1 มีปริมาณน้ำมันหอมระเข้น้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยที่กลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเทียบภายในกลุ่มที่ 1 พบว่าที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส มีปริมาณน้ำมันหอมระเข้น้อยกว่าที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส โดยมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยอยู่ที่ 3.13% v/w และ 3.40% v/w ตามลำดับ ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) โดยผลการทดลองสอดคล้องกับผลการศึกษาของทวีภรณ์ และคณะ [6] พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณน้ำมันหอมระเหยของขมิ้นชันน้อยกว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 115 องศาเซลเซียส 15 นาทีและจากการรายงานของ Sukrasno *et al.* [10] พบว่า ความร้อนและการเผาไหม้ที่อุณหภูมิสูงกว่า 60 องศาเซลเซียส มีผลต่อการลดลงของน้ำมันหอมระเข้นั้นแสดงว่าการใช้อุณหภูมิสูงในการนึ่งฆ่าเชื้อ ทำให้เกิดการสูญเสียปริมาณน้ำมันหอมระเหยเพิ่มขึ้น

การตรวจปริมาณสารสกัดด้วยน้ำ (ตารางที่ 2) พบว่าทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำอยู่ในช่วง 15.98-18.76% w/w ซึ่งไม่มีการกำหนดเกณฑ์ไว้ แต่หากนำเกณฑ์มาตรฐานของปริมาณสารสกัดด้วยน้ำที่มีการกำหนดไว้ในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย [8] ของพืชที่จัดอยู่ในกลุ่มเดียวกัน เช่น ขมิ้นชัน ซึ่งกำหนดปริมาณสารสกัดด้วยน้ำไม่น้อยกว่า 9.0% w/w มาเป็นเกณฑ์อ้างอิงเพื่อเทียบเคียงผลการทดลอง พบว่าทุกตัวอย่างมีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำสูงกว่าเกณฑ์ และเมื่อทำการวิเคราะห์ปริมาณสารสกัดด้วยน้ำ พบว่ากลุ่มที่ 1 มีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำน้อยที่สุดซึ่งผลการทดลองสอดคล้องกับ Chusri *et al.* [5] โดยพบว่าขมิ้นชันที่ผ่านการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณสารสกัดด้วยน้ำน้อยที่สุด ทั้งนี้อาจเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิสูงในการนึ่งฆ่าเชื้อ ส่งผลทำให้สารประกอบบางชนิดที่สามารถละลายในน้ำได้เกิดการเสียดังกล่าวไป

การตรวจหาปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซน (ตารางที่ 2) พบว่าทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซนอยู่ในช่วง 18.68-23.16% w/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซนไม่น้อยกว่า 3.0% w/w เมื่อทำการวิเคราะห์ พบว่ากลุ่มที่ 1 และ กลุ่มที่ 2 มีปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซนน้อยกว่ากลุ่มที่ 3 อย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) และพบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณสารสกัดด้วยเฮกเซนน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับตัวอย่างอื่นๆ โดยการใช้อุณหภูมิสูงมีผลต่อการสลายตัวของสารกลุ่มที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น สารกลุ่ม monoterpenes ซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยในโพลี [11- 12] และสารกลุ่มอื่นๆ ที่สามารถละลายได้ในเฮกเซน

การตรวจหาปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์ม (ตารางที่ 2) พบว่าทั้ง 5 ตัวอย่าง มีปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มอยู่ในช่วง 15.07-15.88% w/w ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน ซึ่งกำหนดให้มีปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มไม่น้อยกว่า 5.0% w/w เมื่อทำการวิเคราะห์เปรียบเทียบในแต่ละกลุ่ม พบว่าไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติแต่จะพบว่ากลุ่มที่ 1 มีปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มน้อยกว่ากลุ่มที่ 2 และกลุ่มที่ 3 ซึ่งอาจเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิสูง ทำให้สารบางชนิดที่ละลายได้ในตัวทำละลายคลอโรฟอร์มเกิดการสลายตัว แต่อย่างไรก็ตาม การใช้อุณหภูมิสูงไม่ทำให้ปริมาณสารสกัดด้วยคลอโรฟอร์มเกิดความแตกต่างกันทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มที่ไม่ใช้ความร้อน

ตารางที่ 3 องค์ประกอบหลักของน้ำมันหอมระเหยโพล

RT	องค์ประกอบ	% relative peak area	
		121°C 15 นาที	Control
8.21	Sabinene (C ₁₀ H ₁₆)	6.94	13.56
8.44	β-Pinene (C ₁₀ H ₁₆)	0.43	1.59
8.98	β-Myrcene (C ₁₀ H ₁₆)	0.20	0.89
11.18	p-Cymene (C ₁₀ H ₁₄)	0.18	1.15
13.42	γ-Terpinene (C ₁₀ H ₁₆)	1.06	4.06
15.42	Terpinolene (C ₁₀ H ₁₆)	0.24	0.80
24.54	Terpinene-4-ol (C ₁₀ H ₁₈)	8.49	23.23
42.92	β-Sesquiphellandrene (C ₁₅ H ₂₄)	6.09	3.93
45.54	2-Allyl-1,4-dimethoxy-3-methyl-benzene (C ₁₂ H ₁₆ O ₂)	6.12	2.95
46.92	Triquinacene 1,4-bis(methoxy) (C ₁₂ H ₁₄ O ₂)	48.86	26.19
50.51	2-Propenoic acid,3-(3,4-dimethoxyphenyl)-methylester (C ₁₂ H ₁₄ O ₄)	4.96	2.15

RT: Retention Time

จากผลการตรวจสอบคุณภาพของผงโพลที่เตรียมโดยวิธีต่างๆ พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมที่สุด ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำมันหอมระเหยโพลด้วยเทคนิค GC-MS จากตัวอย่างที่เตรียมด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม ผลการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโพล (ตารางที่ 3) พบว่าทั้ง 2 ตัวอย่างมีองค์ประกอบหลักเป็นสารกลุ่ม monoterpene ได้แก่ Sabinene, β -Pinene, β -Myrcene, p-cymene, γ -Terpinene, Terpinolene, Terpinene-4-ol และรองลงมาเป็นสารกลุ่ม Sesquiterpenes ได้แก่ β -Sesquiphellandrene โดยสารสำคัญที่พบในปริมาณมากที่สุดในกลุ่มการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และในกลุ่มควบคุม ได้แก่ Triquinacene, 1,4-bis (Methoxy), Terpinene-4-ol และ Sabinene ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ Bhuiyan *et al.* [13] และ Singh *et al.* [14] โดยพบว่าปริมาณสารสำคัญที่พบมากที่สุดในเหง้าโพล คือ Triquinacene, 1,4-bis (Methoxy) และ terpinene-4-ol ตามลำดับ และพบว่าในกลุ่มการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณสารสำคัญกลุ่ม monoterpene ลดลงจากปริมาณเริ่มต้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยเป็นผลมาจากการใช้อุณหภูมิสูงทำให้สารกลุ่ม monoterpene ซึ่งมีโมเลกุลขนาดเล็กเกิดการระเหยได้ง่ายทำให้มีปริมาณลดลง ส่วนสารกลุ่มที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่กว่า ได้แก่ Triquinacene, 1,4-bis (Methoxy), 2-Allyl-1, 4-dimethoxy-3-methyl-benzene, β -Sesquiphellandrene และ 2-Propenoic acid, 3-(3,4-Dimethoxyphenyl)-methylester มีปริมาณที่เพิ่มขึ้นโดยการเพิ่มขึ้นของปริมาณดังกล่าวในตัวอย่างที่เตรียมด้วยการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม่ใช่การเพิ่มขึ้นจริงของปริมาณสารสำคัญจากปริมาณเริ่มต้น แต่เป็นการเพิ่มขึ้นของสัดส่วนจากการวิเคราะห์ % relative peak area ของปริมาณสารสำคัญที่มีอยู่ในตัวอย่าง

สรุปผล

จากการศึกษาคุณภาพของผงโพลทั้ง 5 ตัวอย่าง พบว่าการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ไม่มีการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่างๆ (ตารางที่ 1) และผ่านเกณฑ์มาตรฐานตามข้อกำหนดในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย (ตารางที่ 2) ส่วนอีก 4 ตัวอย่าง ไม่ผ่านเกณฑ์มาตรฐาน เนื่องจากตรวจพบการปนเปื้อนจุลินทรีย์เกินเกณฑ์มาตรฐาน เมื่อวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมันหอมระเหยโพลด้วยเทคนิค GC-MS ของกลุ่มการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที และกลุ่มควบคุม พบว่ามีองค์ประกอบหลักเป็นสารกลุ่ม monoterpene ได้แก่ Sabinene, β -Pinene, β -Myrcene, p-Cymene, γ -Terpinene, Terpinolene, Terpinene-4-ol และรองลงมาเป็นสารกลุ่ม Sesquiterpenes ได้แก่ β -Sesquiphellandrene โดยสารสำคัญที่พบในปริมาณมากที่สุดในกลุ่มการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที ได้แก่ Triquinacene, 1,4-bis (Methoxy) (48.86%), Terpinene-4-ol (8.49%) และ Sabinene (6.94%) ตามลำดับ และสารสำคัญที่พบในปริมาณมากที่สุดในกลุ่มควบคุม ได้แก่ Triquinacene, 1,4-bis (Methoxy) (26.19%), Terpinene-4-ol (23.23%) และ Sabinene (13.56%) ตามลำดับ และพบว่าในกลุ่มการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีปริมาณสารสำคัญกลุ่ม monoterpene ลดลงจากปริมาณเริ่มต้นเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม โดยสรุปแม้การนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที จะทำให้คุณภาพของผงโพลลดลงเมื่อเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่ก็มีคุณภาพผ่านตามเกณฑ์มาตรฐานที่กำหนดไว้ในตำรามาตรฐานยาสมุนไพรไทย ซึ่งการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที มีข้อดี คือ ไม่พบการปนเปื้อนจุลินทรีย์ต่างๆ แต่มีข้อด้อยคือทำให้ปริมาณน้ำมันหอมระเหยโพล และองค์ประกอบหลักทางเคมีในน้ำมันหอมระเหยโพลมีปริมาณที่ลดลง แต่อย่างไรก็ตามการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที เป็นวิธีที่เหมาะสมในการเตรียมผงโพลที่ได้คุณภาพผ่านเกณฑ์มาตรฐานซึ่งในอนาคตควรจะมีการศึกษาเกี่ยวกับปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาของน้ำมันหอมระเหยโพลที่ได้จากการเตรียมด้วยวิธีการนึ่งฆ่าเชื้อที่อุณหภูมิ 121 องศาเซลเซียส 15 นาที

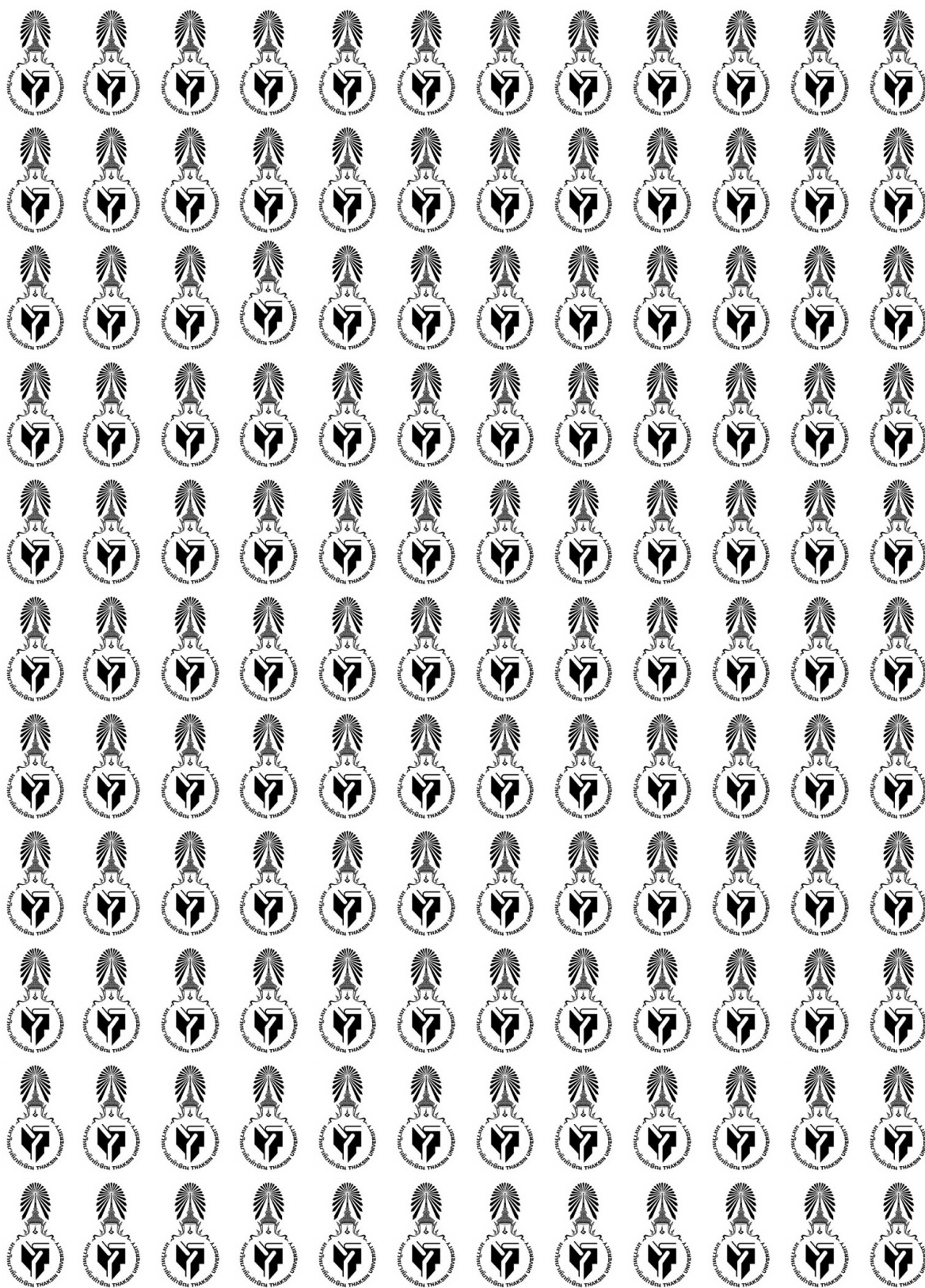
กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณกองทุนวิจัยคณะกรรมการแพทย์แผนไทย มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่สนับสนุนงบประมาณในการดำเนินการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] คณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ. (2554). **บัญชียาจากสมุนไพร พ.ศ. 2554 ตามประกาศคณะกรรมการพัฒนาระบบยาแห่งชาติ (ฉบับที่ 4) พ.ศ. 2554**. กรุงเทพฯ: สามเจริญพาณิชย์.
- [2] นันทนา กลิ่นสุนทร ชมพูนุท นุตสถาปนา และปรีชญา มาประดิษฐ์. (2557). “การสำรวจคุณภาพยาสมุนไพรในเขตสาธารณสุขที่ 4 และ 5”, **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์**. 56(1), 40-51.
- [3] จิตรา ชัยวัฒน์ จิราณุช แจ่มทวีกุล สันติพงศ์ วงศ์เพ็ญทักษ์ และปรีชญาพร อินทองแก้ว. (2557). “ความปลอดภัยของยาจากสมุนไพรในบัญชียาหลักแห่งชาติ”, **วารสารกรมวิทยาศาสตร์การแพทย์**. 56(3), 123-134.
- [4] เขาวลิต มณฑล. (2556). “การฉายรังสีแกมมา: กระบวนการทำไรเชื้อสำหรับผลิตภัณฑ์สมุนไพร”, **วารสารไทยเภสัชวิทยานิตยสาร**. 8(1), 41-54.
- [5] Chusri, S., Subhadhirasakul, S., Tahyoh, N., Billateh, C., Chaowuttikul, C., Chorachoo, J. and Voravuthikunchai, S.P. (2012). “Effect of Different Decontamination Methods on Microbiological Aspects Bioactive Constituents and Antibacterial Activity of Turmeric (*Curcuma longa* Linn.) Powder”, **European Journal of Medicinal Plants**. 2(4), 276-289.
- [6] ทวีภรณ์ ศิริสุข ธวัชชัย ศรีสุวรรณ รอกิเยาะ ตาละ โรสนานี เหมตระกูลวงศ์ สาปินะ เจ๊ะสะอ๊ะ และสนั่น ศุภธีรสกุล. (2557). “ผลของเวลาและอุณหภูมิในการนึ่งฆ่าเชื้อต่อคุณภาพของผงขมิ้นชัน”, **วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ**. 17(1), 57-67.
- [7] Sukul, S. and Sheth, M. (2012). “Can Sanitizers Reduce Microbial Load of Coriander Leaves”, **Nutrition & Food Science**. 42(1), 12-20.
- [8] Ministry Of Public Health. (2009). **Thai Herbal Pharmacopoeia. Vol.1**. Department of Medical Sciences, Bangkok: Prachachon.
- [9] Ministry Of Public Health. (2009). **Thai Herbal Pharmacopoeia. Vol.3**. Department of Medical Sciences, Bangkok: Prachachon.
- [10] Sukrasno, Waningsih E.S. and Fidrianny, I. (2014). “Heating Effect of Ginger (*Zingiber officinale* Rosc) in Content of Volatile Oil and Oleoresin”, **International Journal of Research in Pharmaceutical Sciences**. 5(2), 132-136.
- [11] Sukattal, U., Rugthaworn1, P., Punjee1, P., Chidchenchey, S. and Keeratinijakal, V. (2009). “Chemical Composition and Physical Properties of Oil from Plai (*Zingiber cassumunar* Roxb.) Obtained by Hydro Distillation and Hexane Extraction”, **Kasetsart Journal - Natural Science**. 43(5), 212-217.
- [12] Bua-in, S. and Paisooksantivatana, Y. (2009). “Essential Oil and Antioxidant Activity of Cassumunar Ginger (Zingiberaceae: *Zingiber montanum* (Koenig) Link ex Dietr.) Collected from Various Parts of Thailand”, **Kasetsart Journal - Natural Science**. 43(3), 467-475.

- [13] Bhuiyan, N.I., Chowdhury, J.U. and Begum, J. (2008). “Volatile Constituents of Essential Oils Isolated from Leaf and Rhizome of *Zingiber cassumunar* Roxb”, **Bangladesh Journal of Pharmacology**. 3, 69-73.
- [14] Singh, C.B., Manglembi, N., Swapana, N. and Chan, S.B., (2015). “Ethnobotany, Phytochemistry and Pharmacology of *Zingiber cassumunar* Roxb. (Zingiberaceae)”, **Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry**. 4(1), 01-06.



การพัฒนาระบบสารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยว
โดยชุมชนจังหวัดสตูล
System Development of Community-Based Tourism Network
of Satun Province

ทวีสินธุ์ ตั้งเซ่ง¹ วารชต์ มัธยมบุรุษ² และพัจนพิทยา ศรีสมพงษ์²
Taweessin Tungseng¹, Warach Matthayomburut² and Phatpitta Sreesoompong²

บทคัดย่อ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล เป็นการวิจัยเชิงพัฒนา มีวัตถุประสงค์ในการวิจัยเพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลโดยใช้แนวคิดวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศแบบ SDLC (System Development Life Cycle) เป็นแนวทางในการศึกษา การพัฒนาระบบพบว่า วัตถุประสงค์ในการพัฒนาเพื่อเป็นคลังความรู้ของชุมชนและนักท่องเที่ยว รวมถึงเป็นเครื่องมือการดำเนินงานเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล ซึ่งประกอบด้วยระบบย่อย ดังนี้ ระบบข่าวสารประชาสัมพันธ์ ระบบคลังความรู้ ระบบโปรแกรมทัวร์ ระบบจองทัวร์ ระบบสมุดเยี่ยม ระบบเว็บไซต์ ระบบปฏิทิน ระบบรูปภาพ ระบบวิดีโอ ระบบสมาชิก ระบบงานวิจัย ระบบสืบค้นระบบสถิตินักท่องเที่ยวจากการประเมินระบบพบว่าสามารถจัดเก็บและเผยแพร่สารสนเทศ รวมถึงสร้างความรู้ให้กับผู้ใช้งานได้เป็นอย่างดีซึ่งผู้ใช้งานมีความพึงพอใจที่มีต่อระบบสารสนเทศ ด้านเนื้อหาอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.60$) ด้านการออกแบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$) ด้านระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$) และด้านการใช้งานระบบอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$)

คำสำคัญ: การท่องเที่ยวโดยชุมชน ระบบสารสนเทศ การพัฒนาระบบสารสนเทศ

¹ นิสิตหลักสูตรปรัชญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการจัดการการท่องเที่ยว มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

² อ.ดร., สาขาวิชาการท่องเที่ยว คณะวิทยาการจัดการและสารสนเทศศาสตร์ มหาวิทยาลัยพะเยา 56000

* Corresponding author: e-mail: beee441021244@gmail.com

Abstract

The purposes of the research was to develop the information and technology system of community based tourism network of Satun province community by using the System Development Life Cycle (SDLC) as a guideline of the study. The results showed that the objective of the system development was the knowledge asset for community and tourists including the network operation tools for community-based tourism. It was consisted of the sub-systems as follows: new releases, knowledge asset, tour booking, guest book, forum, calendar, image, video, membership, research and journal, online searching, and visitor's statistics. The assessment indicated that the knowledge asset could store and publicize the information and create knowledge for users perfectly. The users were satisfied with the system at the highest level ($\bar{X} = 4.60$). The users expressed the highest levels of satisfaction towards the design ($\bar{X} = 4.50$), the system was at the highest level ($\bar{X} = 4.56$) and the system operation was at the highest level ($\bar{X} = 4.52$).

Keywords: Community-Based Tourism, Information System, Information System Development

บทนำ

ปัจจุบันการดำเนินเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลประสบปัญหาเกี่ยวกับความแตกต่างด้านความรู้เรื่องการท่องเที่ยวโดยชุมชนของแกนนำชุมชนการท่องเที่ยว นักการเมืองท้องถิ่น เจ้าหน้าที่รับผิดชอบของหน่วยงานของรัฐและเอกชน ชาวบ้านในชุมชน และนักท่องเที่ยว [1] ข้อมูลปัญหาดังกล่าวมาจากรายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ของโครงการศึกษารูปแบบและพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยวของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล ปี 2555 ประกอบกับการลงพื้นที่เพื่อสัมภาษณ์ประเด็นปัญหาการดำเนินงานระหว่างผู้วิจัยกับ ประธานเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลตัวแทนแกนนำชุมชนการท่องเที่ยวโดยชุมชน และผู้ประสานงานศูนย์ประสานงานวิจัยเพื่อท้องถิ่นจังหวัดสตูลจึงจำเป็นต้องพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลเพื่อจัดเก็บและเผยแพร่องค์ความรู้ของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล ซึ่งเป็นคลังความรู้และเครื่องมือที่ใช้สร้างความเข้าใจให้แก่ผู้ที่เกี่ยวข้องในการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยชุมชนให้มีฐานคิดในการพัฒนาชุมชนโดยใช้การท่องเที่ยวเป็นเครื่องมือเป็นไปในทิศทางเดียวกันและเกิดความยั่งยืน อีกทั้งยังเป็นแหล่งข้อมูลสารสนเทศให้กับนักท่องเที่ยวเพื่อใช้ในการตัดสินใจก่อนการเดินทาง รวมถึงเป็นเครื่องมือในการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายให้มีขั้นตอนน้อยลงและมีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล

แนวคิดและทฤษฎีงานที่เกี่ยวข้อง

1. แนวคิดและทฤษฎีการท่องเที่ยวโดยชุมชน รูปแบบการท่องเที่ยวที่เน้นการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมให้เกิดความยั่งยืนบนฐานความคิดการอนุรักษ์ที่ได้รับการยอมรับเป็นที่รู้จักกันในช่วงแรก คือรูปแบบการท่องเที่ยวโคทัวร์ริซึม (Ecotourism) หรือ การท่องเที่ยวเชิงนิเวศ ในส่วนขององค์กรประชาชนและองค์กรพัฒนาเอกชนเห็นว่าหากจะให้การท่องเที่ยวเชิงนิเวศยั่งยืนต้องมองที่ชุมชนเป็นศูนย์กลาง จึงเกิดแนวคิดเรื่องการท่องเที่ยวโดยชุมชนขึ้น [2]

ในขณะที่เฉลิมชัย ปัญญาดี [3] สินธุ์ สโรบล [4] Hatton, M. [5] และชัยพงษ์ สำเนียง [6] ได้ให้ทรรศนะเกี่ยวกับการท่องเที่ยวโดยชุมชนว่าเป็นเรื่องของการเรียนรู้ร่วมกันของคนในชุมชนท้องถิ่นและผู้มาเยือน เพื่อการพัฒนาชุมชนให้เกิดความยั่งยืนของสิ่งแวดล้อม สังคม และวัฒนธรรม ซึ่งกำหนดทิศทางโดยชุมชน จัดการโดยชุมชนเพื่อประโยชน์ของชุมชน และชุมชนมีบทบาทเป็นเจ้าของมีสิทธิในการจัดการดูแลเพื่อให้เกิดการเรียนรู้แก่ผู้มาเยือน จากคำกล่าวข้างต้นของผู้เชี่ยวชาญหลายท่าน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชนเพื่อประโยชน์ของชุมชน โดยมีกระบวนการเรียนรู้ระหว่างชาวบ้านในชุมชนกับผู้มาเยือนภายใต้แนวคิดการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมประเพณีของชุมชน

สำนักงานพัฒนาแหล่งท่องเที่ยวกระทรวงการท่องเที่ยวและกีฬาได้กำหนดองค์ประกอบและประเด็นสำคัญของการท่องเที่ยวโดยชุมชน 4 ด้านซึ่งมีความสอดคล้องกับองค์ประกอบการท่องเที่ยวเชิงนิเวศซึ่งตรงกับพจนานุกรม [7] ดังนี้

- 1.1 ด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรม ชุมชนมีฐานทรัพยากรธรรมชาติที่อุดมสมบูรณ์ และมีวิถีการผลิตที่พึ่งพาและใช้ทรัพยากรธรรมชาติอย่างยั่งยืนชุมชนมีวัฒนธรรมประเพณีที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะถิ่น
- 1.2 ด้านองค์กรชุมชน ชุมชนมีระบบสังคมที่เข้าใจกัน มีปราชญ์หรือผู้มีความรู้ และทักษะในเรื่องต่าง ๆ หลากหลาย ชุมชนรู้สึกเป็นเจ้าของและเข้ามามีส่วนร่วมในกระบวนการพัฒนา
- 1.3 ด้านการจัดการ มีกฎ กติกาในการจัดการสิ่งแวดล้อม วัฒนธรรม และการท่องเที่ยวมีองค์กรหรือกลไกในการทำงานเพื่อจัดการการท่องเที่ยว และสามารถเชื่อมโยงการท่องเที่ยวกับการพัฒนาชุมชนโดยรวมได้มีการกระจายผลประโยชน์ที่เป็นธรรม มีกองทุนที่เอื้อประโยชน์ต่อการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมของชุมชน
- 1.4 ด้านการเรียนรู้ ลักษณะของกิจกรรมการท่องเที่ยวสามารถสร้างการเรียนรู้ และความเข้าใจในวิถีชีวิตและวัฒนธรรมที่แตกต่างมีระบบจัดการให้เกิดกระบวนการเรียนรู้ระหว่างชาวบ้านกับผู้มาเยือนสร้างจิตสำนึกเรื่องการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรม ทั้งในส่วนของชาวบ้านและผู้มาเยือน

2. แนวคิดและทฤษฎีการพัฒนาระบบสารสนเทศ สุชาติา กิระนันท์ [8] Laudon and Laudon [9] ครุฑิต มาลัยวงศ์ [10] และ ช่วงโชติ พันธุ์เวช [11] กล่าวว่าไว้ว่าระบบสารสนเทศ (Information System) คือระบบที่ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ระบบคอมพิวเตอร์ทั้งฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ระบบเครือข่ายฐานข้อมูล ผู้พัฒนาระบบ ผู้ใช้ระบบ พนักงานที่เกี่ยวข้อง และผู้เชี่ยวชาญในการพัฒนาทุกองค์ประกอบทำงานร่วมกันเพื่อกำหนด รวบรวม จัดเก็บ และประมวลผลข้อมูลเพื่อสร้างสารสนเทศ จากนั้นส่งผลลัพธ์หรือสารสนเทศที่ได้ให้ผู้ใช้เพื่อช่วยสนับสนุนการทำงานการตัดสินใจ การวางแผน การบริหาร การควบคุม การทำงานของระบบสารสนเทศประกอบไปด้วยกิจกรรมหลัก 3 อย่าง คือการนำข้อมูลเข้าสู่ระบบ (Input) การประมวลผล (Processing) และการนำเสนอผลลัพธ์ (Output) ระบบสารสนเทศอาจมีการสะท้อนกลับ (Feedback) เพื่อการประเมินและปรับปรุงข้อมูลนำเข้า ระบบสารสนเทศอาจจะเป็นระบบที่ประมวลผลด้วยมือ (Manual) หรือระบบที่ใช้คอมพิวเตอร์ก็ได้ ผู้วิจัยจึงสรุปว่า ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศคือการดำเนินงานร่วมกันภายใต้ระบบคอมพิวเตอร์ซึ่งประกอบด้วย ฮาร์ดแวร์ ซอฟต์แวร์ ระบบเครือข่าย ผู้พัฒนาระบบ ผู้ใช้งานระบบเพื่อการรวบรวม การจัดเก็บ การประมวลผล และการสื่อสารหรือเผยแพร่ ข้อมูลในทุกที่ทุกเวลาด้วยความสะดวก รวดเร็ว และถูกต้อง ส่งผลให้เพิ่มประสิทธิภาพและลดกระบวนการดำเนินงาน อีกทั้งยังสามารถเป็นสื่อเพื่อการศึกษาและแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ข้อมูลสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล

กิตติ รักดีวัฒนะกุล และ พนิดา พานิชกุล [12] ได้กล่าวว่าการพัฒนาระบบสารสนเทศต้องดำเนินงานตามวงจรการพัฒนาระบบ (System Development Life Cycle : SDLC) มีขั้นตอนดังต่อไปนี้คือ การค้นหาและเลือกสรรโครงการ (Project Identification and Selection) การเริ่มต้นและวางแผนโครงการ (Project Initiating and Planning) การวิเคราะห์ระบบ (System Analysis) การออกแบบเชิงตรรกะ (Logical Design) การออกแบบเชิงกายภาพ (Physical Design)

การพัฒนาและติดตั้งระบบ (System Implementation) การซ่อมบำรุง (System Maintenance) วิจัยฉบับนี้จึงใช้วงจรการพัฒนาาระบบ (System Development Life Cycle: SDLC) เพื่อพัฒนาาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยว โดยชุมชนเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล เนื่องจากมีการทำงานร่วมกับชาวบ้านจึงควรใช้กระบวนการพัฒนาาระบบสารสนเทศที่มีวงจรพัฒนาที่ไม่ซับซ้อนและเข้าใจง่าย โดยปรับขั้นตอนการพัฒนาาระบบออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้ คือ การวางแผนโครงการการวิเคราะห์ระบบ การออกแบบระบบ การพัฒนาระบบ และการบำรุงรักษาระบบ โดยสามารถวิเคราะห์ระบบย่อยเพื่อการดำเนินงานที่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานออกเป็นประเภทต่าง ๆ ดังต่อไปนี้คือ ระบบงานสร้างความรู้ (Knowledge Work Systems: KWS) ระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information Systems: MIS) ระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems: DSS) และระบบสารสนเทศสำหรับผู้บริหารระดับสูง (Executive Information System: EIS)

ระเบียบวิธีการวิจัย

การพัฒนาาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่เหมาะสม ผู้วิจัยใช้แนวคิดวงจรการพัฒนาาระบบสารสนเทศแบบ SDLC (System Development Life Cycle) [12] เป็นแนวคิดในการวิจัย ซึ่งเป็นการวิจัยผสมผสาน (Mix Method) เพื่อพัฒนาาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชน มีขั้นตอนการดำเนินการศึกษาดังนี้

1. **การวางแผน** เป็นการเตรียมความพร้อมด้านข้อมูล อุปกรณ์ โปรแกรม และผู้พัฒนาระบบ รวมถึงติดต่อประสานงานผู้เกี่ยวข้องในการพัฒนาระบบทั้งในลำดับการวิเคราะห์ระบบ การออกแบบระบบ การนำระบบไปใช้งาน และการบำรุงรักษา ซึ่งผู้วิจัยเตรียมความพร้อมด้านเอกสาร สถานที่ และประสานงานนัดหมายตัวแทนนักการเมืองท้องถิ่นจำนวน 3 คน กลุ่มแกนนำชุมชนการท่องเที่ยว จำนวน 10 คน กลุ่มเจ้าหน้าที่รับผิดชอบของหน่วยงานของรัฐและเอกชนที่มีบทบาทในการส่งเสริมและการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชน จำนวน 2 คน โดยการเลือกแบบเจาะจง เพื่อสนทนากลุ่มย่อย (Focus Group Discussion) เพื่อศึกษาปัญหาและความต้องการระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล

2. **การวิเคราะห์ระบบ** เป็นการกำหนดความสามารถในการทำงานของระบบให้สามารถตอบสนองตามความต้องการ และแก้ปัญหาในขั้นตอนการวางแผนการพัฒนาระบบ โดยใช้ภาษา Unified Modeling Language (UML) สำหรับการสร้างเป็นรูปแบบโมเดลเชิงวัตถุ และ Use Case Diagram ซึ่งเป็นแผนภาพที่ใช้แสดงปฏิสัมพันธ์ระหว่างระบบงานและสิ่งที่อยู่นอกระบบงาน เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการวิเคราะห์ระบบ จากนั้นทำการประเมินเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ระบบให้เป็นตามความต้องการและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการพัฒนาระบบ โดยการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) ซึ่งมีผู้เข้าร่วมจำนวน 7 คน ประกอบด้วย ตัวแทนแกนนำการท่องเที่ยวโดยชุมชน 4 คน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ 2 คน และนักพัฒนาระบบ 2 คน ใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง และมีแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง โดยมีประเด็นคำถามเกี่ยวกับความถูกต้องตามความต้องการและวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบเป็นเครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลในการประเมิน

3. **การออกแบบระบบ** เป็นขั้นตอนในการออกแบบลักษณะการนำข้อมูลเข้าและผลลัพธ์ที่ได้จากระบบ รวมถึงระบุคุณลักษณะของอุปกรณ์ที่นำมาใช้ เพื่อส่งมอบให้กับนักพัฒนาระบบ (Developer) โดยใช้แผนภาพการไหลของข้อมูล (Data Flow Diagram) เป็นเครื่องมือ [12] ประกอบไปด้วย แผนภาพที่ใช้แสดงขั้นตอนการทำงานของระบบออกแบบระบบฐานข้อมูลเป็นตาราง และออกแบบร่างหน้าเว็บ จากนั้นการประเมินเพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการออกแบบระบบให้เป็นตามความต้องการและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการพัฒนาระบบ โดยการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) ซึ่งมีผู้เข้าร่วมจำนวน 7 คน ประกอบด้วย ตัวแทนแกนนำการท่องเที่ยวโดยชุมชน 4 คน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ 2 คน และนักพัฒนาระบบ 2 คน โดยใช้การเลือกแบบเจาะจง และมีแบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือในการประเมิน

4. การพัฒนาระบบ เป็นขั้นตอนในการนำข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์และออกแบบมาทำการเขียนโปรแกรมให้ได้ตามความต้องการที่กำหนดไว้และทำการประเมินความถูกต้องให้ได้ตามความต้องการ และทำการประเมินการพัฒนาระบบ โดยการประชุมกลุ่มย่อย เพื่อตรวจสอบความถูกต้องในการพัฒนาระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยว โดยชุมชนจังหวัดสตูลให้เป็นตามความต้องการและวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ในขั้นตอนการวางแผนการพัฒนาระบบ โดยมีผู้เข้าร่วมจำนวน 7 คน ประกอบด้วย ตัวแทนแกนนำการท่องเที่ยวโดยชุมชน 4 คน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ 2 คน และนักพัฒนาระบบ 2 คน ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือ โดยมีประเด็นคำถามเกี่ยวกับความถูกต้องตามความต้องการและเป็นไปตามวัตถุประสงค์ในการวิเคราะห์ ออกแบบและพัฒนาระบบ

5. การบำรุงรักษาและประเมินระบบ เป็นการดูแลให้ระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลสามารถใช้งานได้เป็นปกติอยู่ตลอดเวลา รวมถึงการแก้ไขข้อผิดพลาดในการทำงานของระบบสารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล ซึ่งมีงานหลักในการบำรุงรักษา 2 ด้านคือ บำรุงรักษาด้านฮาร์ดแวร์ และบำรุงรักษาด้านซอฟต์แวร์การประเมินระบบสารสนเทศมี 3 ด้าน คือ 1) ด้านการใช้งานระบบประเมินโดยการประชุมกลุ่มย่อยซึ่งมีผู้เข้าร่วมจำนวน 7 คน ประกอบด้วย ตัวแทนแกนนำการท่องเที่ยวโดยชุมชน 4 คน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ 2 คน และนักพัฒนาระบบ 2 คน ใช้แบบสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือ 2) ด้านการสร้างความรู้ ประเมินโดยการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนและหลังการใช้งานระบบด้วยการวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test dependent ซึ่งมีผู้เข้าร่วมประเมินจำนวน 360 คน โดยมีแบบทดสอบเป็นเครื่องมือ และ 3) ด้านความพึงพอใจของผู้ใช้ระบบสารสนเทศ ซึ่งมีผู้ตอบแบบสอบถามจำนวน 400 คน โดยมีแบบทดสอบเป็นเครื่องมือ และวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อหาค่าสถิติเชิงพรรณนา

ผลการวิจัย

การพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล เป็นกระบวนการเชิงเทคนิคทางด้านคอมพิวเตอร์สำหรับการศึกษาปัญหา การวิเคราะห์ การออกแบบ การพัฒนาระบบ และการบำรุงรักษา เพื่อตอบสนองความต้องการของผู้ใช้งานภายใต้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าและกระบวนการดำเนินงานของระบบสารสนเทศ จนสามารถนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบสารสนเทศแก่ผู้ใช้งานในด้านข้อมูลพื้นฐานชุมชน ด้านทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมประเพณี ด้านองค์กรชุมชน ด้านการจัดการ และด้านการเรียนรู้ ทั้งนี้ผลการพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล สามารถนำเสนอ 5 ประเด็นตามขั้นตอนวงจรการพัฒนาระบบสารสนเทศแบบ SDLC ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ผลการวางแผน สามารถนำเสนอผลการศึกษาวางแผนการพัฒนาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนออกเป็น 2 ประเด็นคือการศึกษาปัญหาและความต้องการการทำงานระบบ และผลการเตรียมความพร้อมการพัฒนาระบบ

1.1 การศึกษาปัญหาและความต้องการการทำงานระบบพบว่า การดำเนินงานของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลมีปัญหาเกี่ยวกับเรื่องฐานแนวคิดในการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่แตกต่างกันของผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินงานส่งผลให้การดำเนินงานล่าช้า และไม่มียั่งยืน ผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินงานเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล จึงต้องการพัฒนาระบบสารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลโดยมีวัตถุประสงค์ดังนี้

1.1.1 เพื่อเป็นคลังหรือสื่อความรู้ของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนซึ่งเป็นฐานของการส่งเสริมให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Learning Community) และปรับฐานแนวคิดในการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนเป็นไปในทิศทางเดียวกัน ผู้ดำเนินงานที่เกี่ยวข้องยังสามารถต่อยอดความรู้จากการนำความรู้ไปใช้งานจนเกิดความเชี่ยวชาญส่งผลให้การดำเนินงานเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลมีประสิทธิภาพและยั่งยืน

1.1.2 เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับนักท่องเที่ยวหรือผู้มาเยือนใช้ประกอบการตัดสินใจและเตรียมความพร้อมก่อนการเดินทางท่องเที่ยวเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน

1.1.3 เพื่อเป็นเครื่องมือบริหารจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนซึ่งสามารถลดขั้นตอนและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล เนื่องจากเป็นอีกหนึ่งช่องทางในการติดต่อสื่อสารระหว่างเจ้าบ้าน (Host) และผู้มาเยือนหรือนักท่องเที่ยว (Guest)

1.2 ผลการเตรียมความพร้อมการพัฒนาพบว่า เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนมีความพร้อมและสามารถพัฒนาสารสนเทศเพื่อเป็นคลังความรู้และแหล่งข้อมูลสำหรับผู้ใช้งาน รวมถึงเป็นเครื่องมือบริหารจัดการเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนตามความต้องการได้

2. ผลการวิเคราะห์ระบบ สามารถแบ่งประเด็นนำเสนอผลการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล ออกเป็น 2 ประเด็น ดังนี้

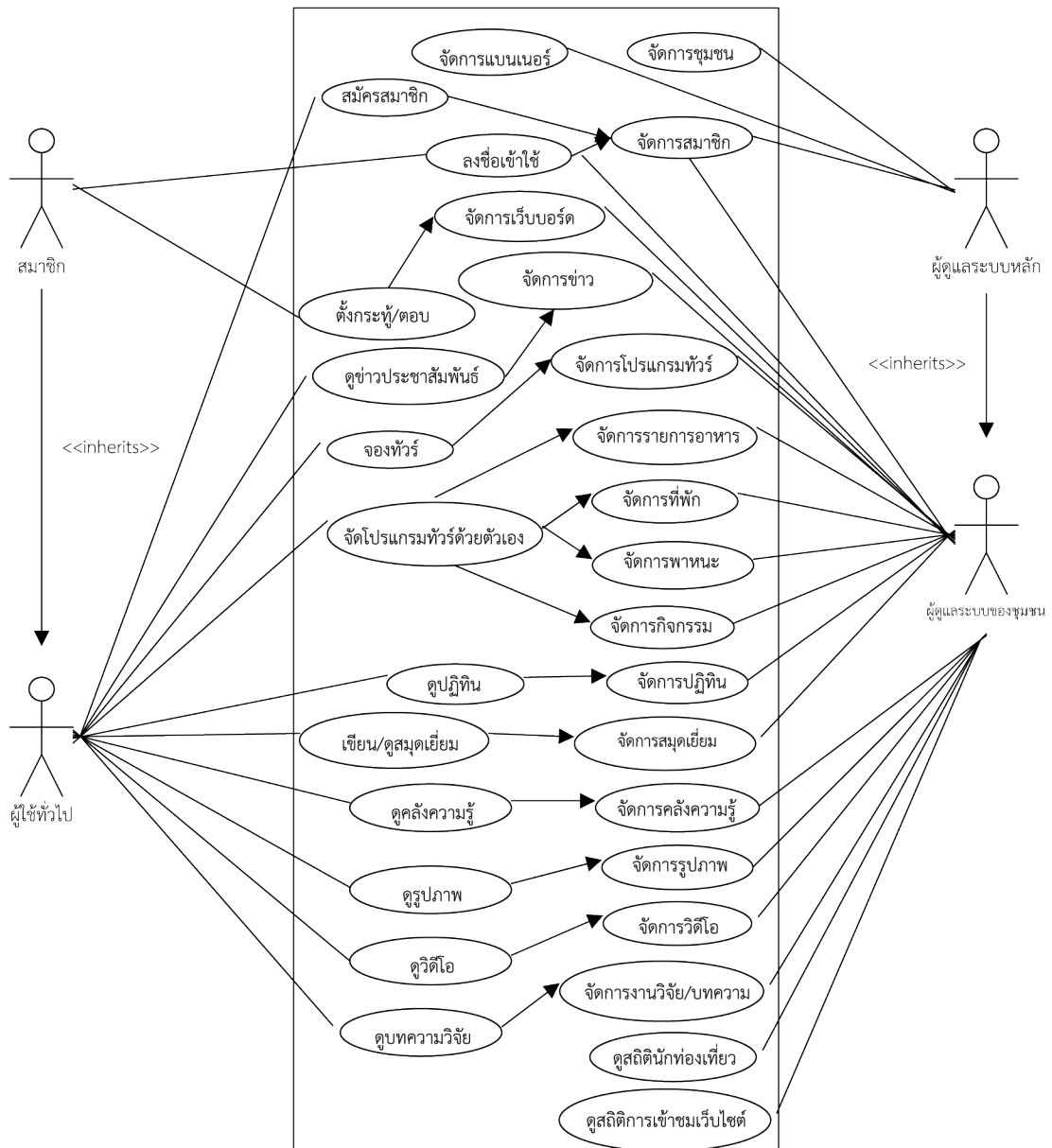
2.1 ผลจากวิเคราะห์ผู้ใช้งานระบบแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

2.1.1 กลุ่มผู้ใช้งาน (User) คือผู้รับบริการสารสนเทศทั่วไปและผู้ที่เป็นสมาชิก

2.1.2 กลุ่มผู้ดูแลระบบ (Admin) คือผู้จัดการสารสนเทศซึ่งสามารถเพิ่ม ลบ และแก้ไขข้อมูลให้มีความถูกต้องและทันสมัยตลอดเวลา ซึ่งประกอบด้วยผู้ดูแลระบบชุมชนและผู้ดูแลระบบหลัก

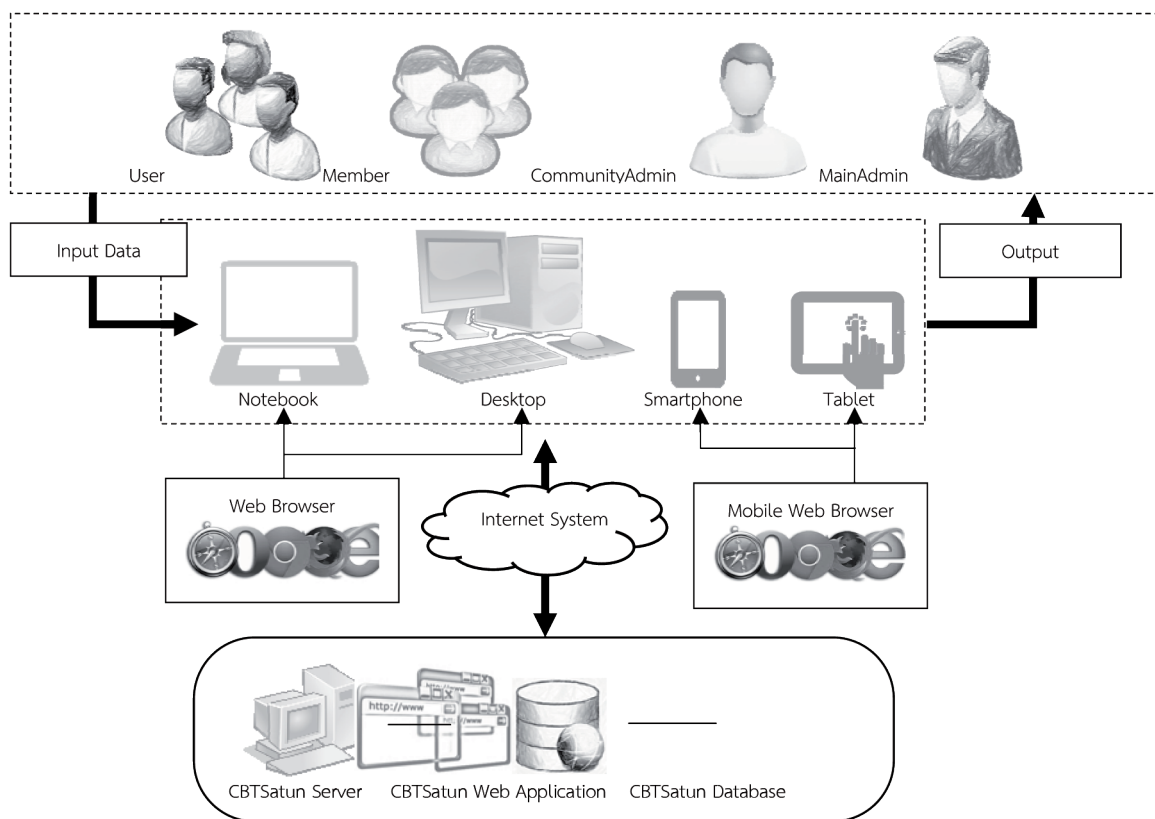
2.2 ผลการวิเคราะห์การทำงานของระบบ พบว่าระบบย่อยเพื่อตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้งาน สามารถแบ่งออกเป็น 13 ระบบ ประกอบด้วย ระบบคลังความรู้ระบบเว็บไซต์ ระบบงานวิจัยหรือบทความ ระบบสืบค้น ระบบโปรแกรมทัวร์ ระบบรูปภาพ ระบบวิดีโอ ระบบสมุดเยี่ยม ระบบสถิตินักท่องเที่ยว ระบบข่าวสารประชาสัมพันธ์ ระบบจองทัวร์ ระบบปฏิทินการท่องเที่ยว และระบบสมาชิก โดยการทำงานของระบบอยู่ภายใต้ความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลนำเข้าที่ได้จากผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบ ผ่านกระบวนการดำเนินงานของระบบสารสนเทศ จนสามารถนำเสนอผลลัพธ์ในรูปแบบสารสนเทศ ที่สามารถดำเนินงานตามวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบสารสนเทศตามผลการศึกษาปัญหาและความต้องการการทำงานของระบบสารสนเทศในขั้นตอนการวางแผน

ผลการวิเคราะห์การทำงานของระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลสามารถนำเสนอในรูปแบบยูสเคสไดอะแกรม (Use case Diagram) ซึ่งเป็นเครื่องมือแสดงขั้นตอนการทำงานที่สำคัญของระบบซึ่งส่งผลให้ชาวบ้านในชุมชนมีความเข้าใจการทำงานของแต่ละโปรแกรมย่อยที่ได้จากการวิเคราะห์ระบบดังภาพที่ 1



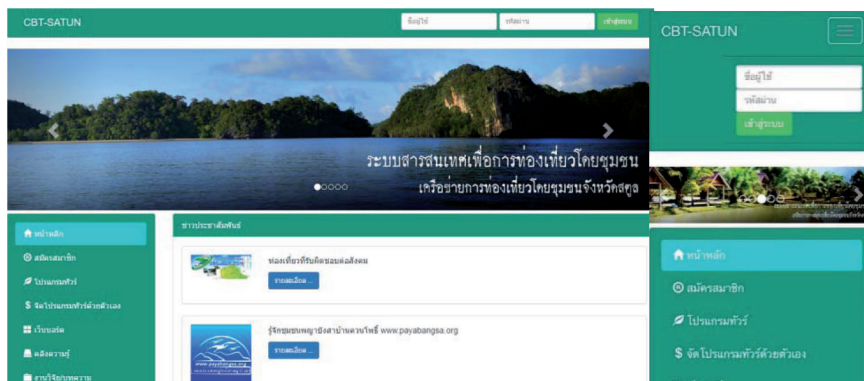
ภาพที่ 1 ยูสเคสไดอะแกรม (Use Case Diagram) ระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชน
ของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล

3. ผลการออกแบบระบบ ลักษณะการไหลของข้อมูลเป็นไปตามกลุ่มผู้ใช้งาน และกลุ่มผู้ดูแลระบบ โดยแบ่งข้อมูลระบบสารสนเทศออกเป็น 2 ส่วน คือข้อมูลนำเข้า (Input) และการนำเสนอข้อมูล (Output) ซึ่งผู้นำเข้าข้อมูลและผู้รับบริการข้อมูลเป็นกลุ่มผู้ใช้งานเดียวกันคือ กลุ่มผู้ใช้งานทั่วไป (User) กลุ่มสมาชิก (Member) กลุ่มผู้ดูแลระบบประจำชุมชน (Community Admin) และกลุ่มผู้ดูแลระบบหลัก (Main Admin) โดยนำเข้าข้อมูลเข้าและรับบริการสารสนเทศผ่านเครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer) คอมพิวเตอร์พกพา (Notebook) แท็บเล็ต (Tablet) หรือสมาร์ทโฟน (Smartphone) โดยเชื่อมต่อกับคอมพิวเตอร์เวิร์ฟเวอร์ของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล (CBTSatun Sever) ผ่านระบบอินเทอร์เน็ต (Internet System) ซึ่งคอมพิวเตอร์เซิร์ฟเวอร์ทำการจัดเก็บระบบสารสนเทศที่อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน (Web Application) ที่เรียกดูผ่านโปรแกรมเว็บเบราว์เซอร์ (Web Browser) และโปรแกรมโมบายเว็บเบราว์เซอร์ (Mobile Web Browser) ที่เชื่อมกับฐานข้อมูลเพื่อจัดเก็บสารสนเทศที่ผ่านกระบวนการประมวลผลจากระบบสารสนเทศและนำเสนอสารสนเทศตามความต้องการแก่ผู้ใช้งาน ซึ่งสามารถแสดงผลการออกแบบระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนในรูปแบบสถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศได้ดังภาพที่ 2

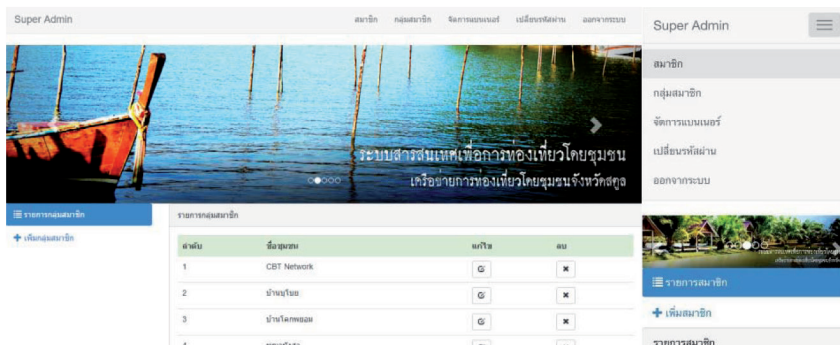


ภาพที่ 2 สถาปัตยกรรมระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล

4. ผลการพัฒนาระบบสารสนเทศ พบว่าระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลอยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชันผ่านระบบเครือข่ายอินเทอร์เน็ตโดยมี Uniform Resource Locator (URL): <http://www.cbtsatun.com> ที่สามารถปรับเปลี่ยนหน้าจอได้ตามขนาดหน้าจอของอุปกรณ์ที่ใช้แสดงผล โดยใช้ภาษา PHP ในการเขียนโปรแกรม และใช้ฐานข้อมูล MySQL ในการจัดเก็บข้อมูล โดยแบ่งการดำเนินงานของระบบออกเป็น 2 ส่วน คือ ส่วนของผู้ดูแลระบบ ซึ่งประกอบด้วยผู้ดูแลระบบหลัก และผู้ดูแลระบบประจำชุมชน และส่วนของผู้ใช้งานระบบซึ่งประกอบด้วยกลุ่มบุคคลทั่วไป และกลุ่มผู้ใช้งานกลุ่มสมาชิก ความแตกต่างของการใช้งานระบบในแต่ละกลุ่มผู้ใช้ขึ้นอยู่กับสิทธิในการนำเข้าและรับบริการข้อมูล ซึ่งสามารถแสดงหน้าจอหลักในการทำงานได้ดังภาพที่ 3 และภาพที่ 4



ภาพที่ 3 หน้าจอหลักระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล
สำหรับผู้ใช้งานทั่วไปและสมาชิกเรียกผ่าน Web Browser และ Mobile Web Browser



ภาพที่ 4 หน้าจอหลักระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล สำหรับผู้ดูแลระบบประจำชุมชน
และผู้ดูแลระบบหลัก เรียกผ่าน Web Browser และ Mobile Web Browser

5. ผลการบำรุงรักษาและประเมินระบบ หลังจากทำการติดตั้งระบบมีการประเมินการใช้งานระบบสารสนเทศและแบ่งหน้าที่บำรุงรักษาระบบ เพื่อให้สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพอย่างต่อเนื่อง ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

5.1 ผลการบำรุงรักษาระบบ สามารถแบ่งผู้เกี่ยวข้องกับการดูแลระบบออกเป็น 3 กลุ่มคือ เจ้าบ้านหรือเจ้าของพื้นที่ (Host) เจ้าหน้าที่ภาครัฐและเอกชน (Supporter) และผู้พัฒนาระบบ (Developer) โดยเจ้าบ้านหรือเจ้าของพื้นที่ทำหน้าที่เพิ่มข้อมูลและตรวจสอบความถูกต้องพร้อมทั้งแก้ไขข้อมูลให้มีความน่าเชื่อถือและทันสมัยอยู่ตลอดเวลา ซึ่งจะมีเจ้าหน้าที่ภาครัฐและเอกชนร่วมดูแลระบบและจัดการสารสนเทศในภาพรวม เน้นการการติดต่อประสานงานและแจ้งข่าวสารที่เป็นประโยชน์ต่อชุมชน รวมถึงนำข้อมูลสารสนเทศจากชุมชนเป็นฐานในการกำหนดนโยบายส่งเสริมเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนให้มีการจัดการที่ยั่งยืน และหากระบบมีข้อขัดข้องหรือพบปัญหา ผู้พัฒนาระบบ จะคอยแก้ไขข้อผิดพลาดในการดำเนินงานของระบบในส่วนเทคนิคการเขียนโปรแกรมทางด้านคอมพิวเตอร์ให้ระบบสามารถดำเนินงานตอบสนองตามความต้องการของผู้ใช้งานและผู้ดูแลระบบหรือเจ้าบ้าน

การบำรุงรักษาระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลเน้นให้ชาวบ้านหรือเยาวชนในชุมชนสามารถดูแลระบบได้ด้วยตนเอง ในฐานะผู้ดูแลระบบหลักและผู้ระบบประจำชุมชนผ่านการสรรหาผู้มีความสามารถที่มีอยู่ในชุมชนโดยคำนึงถึงความสมัครใจ (Volunteer) ในการช่วยงานด้านการจัดการสารสนเทศและดูแลระบบ ส่งผลให้ชุมชนสามารถพึ่งพาตนเองได้และมีความยั่งยืนในการดำเนินงานการท่องเที่ยวโดยชุมชน

5.2 การประเมินระบบทำการประเมิน 3 ด้านประกอบด้วย ด้านการทำงานระบบสารสนเทศด้านความสามารถในการสร้างความรู้ และด้านความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศ

5.2.1 ผลการประเมินด้านการทำงานระบบ ได้จากการรวบรวมข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะจากการประชุมกลุ่มย่อย (Focus Group) โดยมีแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างเป็นเครื่องมือ ซึ่งมีผู้เข้าร่วมจำนวน 14 คน ประกอบด้วยแกนนำการท่องเที่ยวโดยชุมชน 10 คน เจ้าหน้าที่หน่วยงานภาครัฐ 2 คน และนักการเมืองท้องถิ่น 2 คนได้จากการเลือกแบบเจาะจง พบว่าระบบสารสนเทศสามารถนำมาเป็นเครื่องมือในการจัดเก็บและเผยแพร่สารสนเทศของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลได้เป็นอย่างดีและมีประสิทธิภาพ รวมถึงสามารถแก้ปัญหาเกี่ยวกับเรื่องฐานแนวคิดในการพัฒนาการท่องเที่ยวโดยชุมชนที่แตกต่างกันของผู้เกี่ยวข้องในการดำเนินงาน เนื่องจากเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับการดำเนินงานและเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับนักท่องเที่ยวเพื่อตัดสินใจก่อนการเดินทาง แต่ควรใช้ภาพหรือตัวอักษรให้มีความสอดคล้องกับอัตลักษณ์เครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน ซึ่งจะมีความน่าสนใจมากขึ้น

5.2.2 ผลการประเมินความสามารถในการสร้างความรู้ โดยใช้แบบทดสอบความรู้เป็นเครื่องมือเพื่อเปรียบเทียบความรู้ก่อนและหลังการใช้งานระบบสารสนเทศของชาวบ้านเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลชุมชนละ 30 คน เพื่อนำผลสัมฤทธิ์มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test dependent ได้ผลดังนี้

ตารางที่ 1 ผลวิเคราะห์การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ก่อนใช้งานและหลังใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยว
โดยชุมชนเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล

ผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนรู้	Paired Differences				t	Sig
	แบบทดสอบก่อนใช้		แบบทดสอบหลังใช้			
	($\bar{X}$)	S.D.	($\bar{X}$)	S.D.		
1. ชุมชนบ้านบุโบย	14.57	3.92	24.80	2.16	15.18	0.000
2. ชุมชนบ้านเกดรี	15.53	4.41	25.07	2.27	11.54	0.000
3. ชุมชนบ่อเจ็ดลูก	17.03	3.38	24.60	2.13	11.87	0.000
4. ชุมชนทุ่งสะโงะ	20.40	3.20	24.73	2.83	9.62	0.000
5. ชุมชนบ้านโคกพยอม	15.80	3.77	24.80	2.16	12.92	0.000
6. ชุมชนบ้านภูผาเพชร	19.43	3.75	24.63	4.46	8.36	0.000
7. ชุมชนบ้านนาทอน	16.93	3.52	24.80	2.12	10.14	0.000
8. ชุมชนบ้านบากันใหญ่	14.57	3.92	24.87	2.10	13.19	0.000
9. ชุมชนบ้านบากันเคย	18.07	3.30	25.17	1.95	13.28	0.000
10. ชุมชนบ้านหัวทาง	15.43	3.50	24.53	2.18	12.07	0.000
11. ชุมชนบ้านควนโพธิ์	15.07	3.74	24.37	2.13	12.05	0.000
12. ชุมชนบ้านหัวหิน	18.40	2.97	25.07	2.27	10.56	0.000

จากการทดสอบความรู้ก่อนและหลังใช้งานระบบสารสนเทศของชาวบ้านเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลเพื่อนำผลสัมฤทธิ์มาวิเคราะห์ข้อมูลด้วย t-test dependent สรุปได้ว่าชาวบ้านเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลมีความรู้หลังการใช้งานระบบสารสนเทศมากกว่าก่อนใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล โดยมีความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ซึ่งหมายความว่าระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลสามารถสร้างความรู้ให้กับผู้ใช้งานได้จริงและสามารถเป็นคลังความรู้เพื่อเป็นแหล่งข้อมูลในการสร้างชุมชนการเรียนรู้ (Learning Community) ตามจุดหมายในการจัดการความรู้

5.2.3 ผลการประเมินด้านความพึงพอใจการใช้งานระบบสารสนเทศจากการเก็บรวบรวมข้อคิดเห็น และข้อเสนอแนะ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข ซึ่งประกอบด้วย 3 ส่วน ดังนี้

1) ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับผู้ตอบแบบสอบถามพบว่า เป็นเพศชายร้อยละ 62.50 และ เพศหญิง ร้อยละ 37.50 ส่วนใหญ่เป็นเยาวชนในชุมชนที่กำลังศึกษาระดับปริญญาตรี ซึ่งเป็นกลุ่มเป้าหมายหลักในการถ่ายทอดความรู้เรื่องการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชนเพื่อสานต่อการดำเนินการ ซึ่งก่อให้เกิดความยั่งยืนในการอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและวัฒนธรรมประเพณีของชุมชนโดยมีการท่องเที่ยวเป็นเครื่องมือ

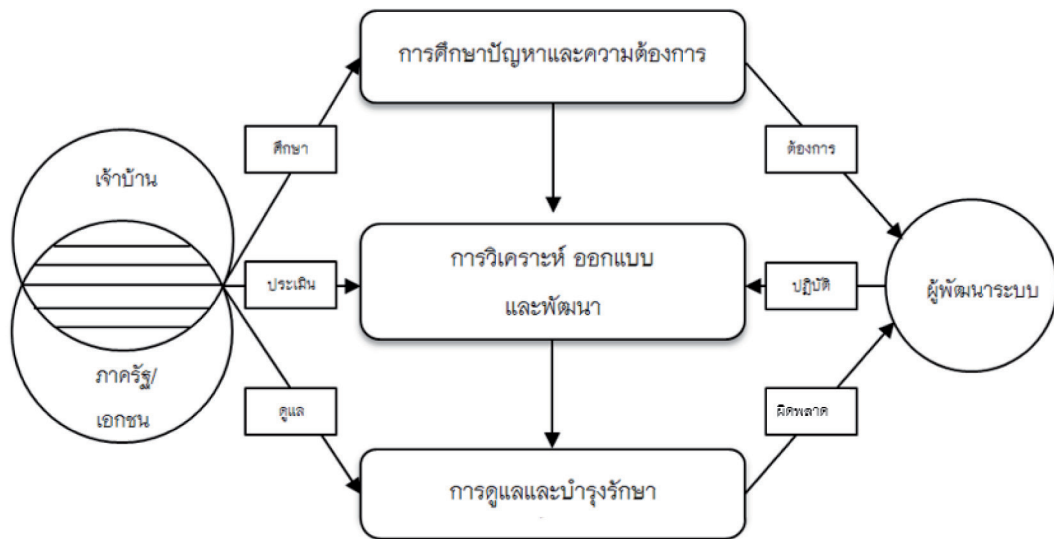
2) ความพึงพอใจที่มีต่อการใช้งานระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลของผู้ใช้งานคือ ด้านเนื้อหาซึ่งมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X}$ = 4.60) รองลงมาคือ

ด้านระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.56$) ถัดไปคือ ด้านการใช้งานระบบมีความพึงพอใจอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.52$) และสุดท้ายคือ ด้านการออกแบบซึ่งอยู่ในระดับมากที่สุด ($\bar{X} = 4.50$) เป็นด้านที่ผู้ใช้งานมีความพึงพอใจน้อยที่สุด

3) ข้อคิดเห็นและข้อเสนอแนะที่มีต่อระบบสารสนเทศเพื่อการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล จากผู้ใช้งานระบบคือระบบสารสนเทศสามารถเป็นแหล่งข้อมูลเพื่อปรับฐานแนวคิดและส่งเสริมให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ (Learning Community) เรื่องการท่องเที่ยวโดยชุมชน และถ่ายทอดความรู้สู่เยาวชนในชุมชน ส่งผลให้เกิดความยั่งยืนในการจัดการท่องเที่ยวโดยชุมชน รวมทั้งยังเป็นคลังข้อมูลให้กับนักท่องเที่ยวหรือผู้มาเยือนสืบค้นข้อมูลประกอบการตัดสินใจและเตรียมพร้อมก่อนการเดินทาง และเป็นช่องทางในการสื่อสาร (Communication) ระหว่างเจ้าบ้านกับผู้มาเยือนหรือนักท่องเที่ยวซึ่งมีความสะดวกและรวดเร็ว เพียงแต่ควรมีการปรับปรุงข้อมูลให้มีความทันสมัยและเป็นปัจจุบันอยู่เสมอ พร้อมทั้งเชื่อมโยงการทำงานของระบบกับสื่อสังคมออนไลน์ (Social Media) เนื่องจากมีการตอบสนองทางสังคมและเป็นที่นิยมของผู้คนในปัจจุบัน

สรุปและอภิปรายผล

การพัฒนาระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูล ใช้วงจรการพัฒนาระบบแบบ SDLC ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ง่ายและไม่มีความซับซ้อน (Uncomplicated) ซึ่งจากการวางแผนและศึกษาปัญหาจึงพัฒนาระบบสารสนเทศภายใต้วัตถุประสงค์เพื่อเป็นคลังความรู้ของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนซึ่งเป็นฐานการส่งเสริมให้เกิดชุมชนแห่งการเรียนรู้ และเป็นแหล่งข้อมูลสำหรับนักท่องเที่ยวหรือผู้มาเยือนใช้ประกอบการตัดสินใจและเตรียมความพร้อมก่อนการรวมถึงสามารถลดขั้นตอนและอำนวยความสะดวกในการดำเนินงานเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชนจังหวัดสตูลจากการวิเคราะห์ระบบสารสนเทศมีระบบย่อยเพื่อตอบสนองความต้องการตามวัตถุประสงค์ โดยวิเคราะห์ระบบสารสนเทศพบว่าจำเป็นต้องประกอบด้วย ระบบย่อยประเภทระบบงานสร้างความรู้ (Knowledge Work Systems) ระบบย่อยประเภทระบบสนับสนุนการตัดสินใจ (Decision Support Systems) ระบบย่อยประเภทระบบสารสนเทศสำหรับผู้บริหารระดับสูง (Executive Information Systems) ระบบย่อยประเภทระบบงานสร้างความรู้ (Knowledge Work Systems) และระบบย่อยประเภทระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการ (Management Information Systems) ในการพัฒนาระบบมีการประเมินทุกขั้นตอนเพื่อตรวจสอบความถูกต้องตามความต้องการและวัตถุประสงค์ในการพัฒนาระบบสารสนเทศโดยออกแบบและพัฒนาระบบให้อยู่ในรูปแบบเว็บแอปพลิเคชัน และทำประเมินระบบสารสนเทศด้านการใช้งาน ด้านการสร้างความรู้แก่ผู้ใช้งาน และด้านความพึงพอใจ ซึ่งสามารถแสดงขั้นตอนการพัฒนาระบบได้ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการพัฒนาระบบสารสนเทศการท่องเที่ยวโดยชุมชน

การพัฒนาระบบสารสนเทศเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน จังหวัดสตูลสอดคล้องกับ ธนารรรณ ไพศาลพานิชย์ [13] และ สภาพร แสงสุโพธิ์ [14] ได้กล่าวไว้ว่า รูปแบบของเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการจัดการความรู้ ประกอบไปด้วย 4 ส่วนคือ 1) ส่วนนำเข้าข้อมูลสู่ระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการจัดการความรู้ 2) ส่วนกระบวนการจัดการความรู้โดยใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ 3) ส่วนที่ได้จากระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการความรู้ และ 4) ส่วนย้อนกลับ และระบบสารสนเทศเพื่อการจัดการความรู้ ประกอบด้วย 12 ระบบ ได้แก่ ระบบสมาชิก ระบบข่าวสาร ระบบบทความ ระบบเวทีแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ระบบภาพกิจกรรม ระบบลิงค์ ระบบบล็อก ระบบดาวน์โหลด ระบบปฏิทินกิจกรรม ระบบสนทนาออนไลน์ ระบบสืบค้นข้อมูล และ ระบบวิดีโอ

เอกสารอ้างอิง

- [1] ยูหนา หลงสมัน. (2555). ศึกษารูปแบบและพัฒนาศักยภาพการท่องเที่ยวของเครือข่ายการท่องเที่ยวโดยชุมชน จังหวัดสตูล. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- [2] การท่องเที่ยวแห่งประเทศไทย. (2540). สรุปรายงานการดำเนินงานเพื่อกำหนดนโยบายการท่องเที่ยวเพื่อรักษาระบบนิเวศ. กรุงเทพฯ: สถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- [3] เฉลิมชัย ปัญญาดี. (2543). การพัฒนาการมีส่วนร่วมของชุมชนในการจัดการท่องเที่ยวเชิงนิเวศ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยแม่โจ้.
- [4] สินธุ์ สโรบล. (2546). การท่องเที่ยวโดยชุมชนแนวคิดและประสบการณ์พื้นที่ภาคเหนือ. เชียงใหม่: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.
- [5] Hatton, M. (1999). *Community-Based Tourism in the Asia-Pacific*. Toronto: Canadian International Development Agency.
- [6] ชัยพงษ์ สำเนียง. (2549). การท่องเที่ยวโดยชุมชน (Community-Based Tourism): การสร้าง ขยายเศรษฐกิจและวิถีชีวิตท้องถิ่นสถาบันศึกษานโยบายสาธารณะ. เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- [7] พจนา สอนศรี. (2554). CBT มีมิติพื้นที่ทางสังคมของชุมชนในการกำหนดทิศทางการท่องเที่ยวสร้างการเรียนรู้ระหว่างเจ้าบ้านกับผู้มาเยือน Best Practice 5 กรณีศึกษาทั่วประเทศ. กรุงเทพฯ: วนิศาการพิมพ์.
- [8] สุชาติดา กิระนันท์. (2541). เทคโนโลยีสารสนเทศสถิติ: ข้อมูลในระบบสารสนเทศ. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [9] Laudon, K.C. and Laudon, J. P. (2001). **Essentials of Management Information Systems: Organization and Technology in the Enterprise (4th ed)**. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall.
- [10] ครรชิต มัลลียงศ์. (2539). **ฐานปัญญาไทยในสากล**. กรุงเทพฯ: ราชบัณฑิตสถาน กระทรวงศึกษาธิการและศูนย์มานุษยวิทยาสิรินธร. มหาวิทยาลัยศิลปากร.
- [11] ชว่งโซติ พันธุ์เวช. (2540). **เทคโนโลยีสารสนเทศ**. กรุงเทพฯ: ศูนย์การพิมพ์สถาบันราชภัฏสวนสุนันทา.
- [12] กิตติ ภัคดีวัฒนะกุล และพนิดา พานิชกุล. (2546). **คัมภีร์การพัฒนาระบบเชิงวัตถุด้วย UML และ JAVA**. กรุงเทพฯ: เคทีพีคอมพิวเตอร์ แอนด์ คอนซัลท์.
- [13] ธนาวรรณ ไพศาลพานิชย์. (2550). **การพัฒนาระบบการจัดการความรู้ สำหรับงานสารบรรณ สำนักงานปลัดกระทรวงการคลัง บนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต**. วิทยานิพนธ์ ค.อ.ม. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ. กรุงเทพฯ.
- [14] สถาพร แสงสุโพธิ์. (2552). **การพัฒนาระบบเทคโนโลยีสารสนเทศเพื่อการจัดการความรู้ในระดับบัณฑิตศึกษา วิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้**. ดุษฎีนิพนธ์ วิทยาลัยบริหารศาสตร์ มหาวิทยาลัยแม่โจ้.

อิทธิพลของสารละลายโคลชิซินต่อการเพิ่มจำนวนโครโมโซม
ของมะพร้าววนกุ่ม (*Molineria* sp.)
Effects of Colchicine on Change in Chromosome Number
of *Molineria* sp.

กานต์ธิดา บุญลอย¹ จารุวัตร จันทร์ประดิษฐ์² และศุภชัย นิติพานธ์^{2*}
Kantida Boonloy¹, Charuvat Chanpradit² and Supachai Nitipan^{2*}

บทคัดย่อ

มะพร้าววนกุ่ม (*Molineria* sp.) เป็นพืชล้มลุก ใบเลี้ยงเดี่ยว มีสรรพคุณทางสมุนไพรหลายประการ เช่น รากเป็นยาขับปัสสาวะ ผลมีสารให้ความหวานประเภทโปรตีนเคอร์คูลิน (Curculin) และนีโอคูลิน (Neoculin) มีความหวานสูงกว่าน้ำตาลซูโครส 500-9,000 เท่า แต่เมล็ดมีขนาดเล็กและมีอัตราการงอกต่ำ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายโคลชิซินและระยะเวลาในการแช่ ต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมมะพร้าววนกุ่ม โดยใช้ชิ้นส่วนเหง้ากระตุ้นให้เกิดยอดบนอาหาร MS ที่เติมฮอร์โมน BAP ความเข้มข้น 0.25 mg/l และ NAA ความเข้มข้น 1.5 mg/l แล้วแช่ในสารละลายโคลชิซินความเข้มข้น ร้อยละ 0 0.10 0.15 และ 0.20 (w/v) เวลานาน 24 48 และ 72 ชั่วโมง ผลการทดลองพบว่าอาหารสูตร MS ที่เติมฮอร์โมน BAP ความเข้มข้น 0.25 mg/l และ NAA ความเข้มข้น 1.5 mg/l สามารถกระตุ้นให้เหง้าของมะพร้าววนกุ่มเจริญและสร้างยอด มีความยาวเฉลี่ย 3.79 ± 1.25 เซนติเมตร และสารละลายโคลชิซินความเข้มข้น ร้อยละ 0.2 แช่นาน 24 ชั่วโมง สามารถชักนำให้เซลล์มะพร้าววนกุ่มมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มเป็นสองเท่า เท่ากับ 36 แท่ง ($2n = 36$) จากจำนวนโครโมโซมของเซลล์ปกติเท่ากับ 18 แท่ง ($2n=18$)

คำสำคัญ: โคลชิซิน มะพร้าววนกุ่ม โครโมโซม

¹ นิสิตปริญญาโท วท.ม (ชีววิทยา) คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

² อ.ดร., สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ พัทลุง 93210

* Corresponding author e-mail: supachai_nitipan@hotmail.com

Abstract

Ma-Phao Nok Khum (*Molineria* sp.) is a member of the small family of perennial monocotyledonous herbs fruit. The root is used as for diuretic and for alternative sweetener. The fruits containing Curculin and Neoculin proteins which have been proven to be 500 to 9000 times sweeter than sucrose by weight. But its seeds have small and slow germination rate. Therefore, the purpose of this research was to study the effects of colchicine concentration and immersing time on change in chromosome number of *Molineria* sp. The shoots were induced from proximal rhizome discs in MS medium containing concentrations of BAP 0.25 mg/l and NAA 1.5 mg/l. Then they were immersed in colchicine concentration of 0, 0.10, 0.15 and 0.20% (w/v) for 24, 48 and 72 hrs. The results showed proximal rhizome discs of *Molineria* sp. was induced shoot and healthy plants, increasing length around 3.79 ± 1.25 cm. The colchicine concentration of 0.2% and immersing time 24 hrs. effected onto cytological character of that induced double chromosome ($2n=36$) when compared to diploid ($2n=18$).

Keywords: Colchicine, *Molineria* sp., Chromosome

บทนำ

มะพร้าววนกลุ่มหรือว่านสากเหล็ก (*Molineria* sp.) เป็นพืชล้มลุกใบเลี้ยงเดี่ยว จัดอยู่ในวงศ์ Hypoxidaceae ส่วนต่าง ๆ ของมะพร้าววนกลุ่ม มีสรรพคุณทางยาหลายอย่าง เช่น ราก ใช้รับประทานเป็นยาชักหดรก ยาขับประจำเดือน แก้อ่อนเพลีย บำรุงหัวใจ ใบ ป้องกันไวรัสตับอักเสบบี [1] ช่วยต้านเซลล์มะเร็ง และมีสารต้านอนุมูลอิสระประเภทคาร์บอนเตตระคลอไรด์ (CCl₄) [2] ผลสุก แก้วร้อนใน ทำให้ชุ่มคอ [3] โภชนาการในผลของ *Curculigo latifolia* มีสาร Curculin และ Neoculin เป็นโปรตีนที่ให้รสขาคืดหวาน แต่แคลอรีต่ำ โดยมีความหวาน มากกว่าน้ำตาลซูโครสถึง 500-9000 เท่า [4] เห็นได้ว่าส่วนต่าง ๆ ของมะพร้าววนกลุ่ม สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลายด้าน แต่เนื่องจากส่วนต่าง ๆ ของมะพร้าววนกลุ่มมีขนาดเล็กมาก จึงทำให้นำการไปใช้ประโยชน์ในเชิงพาณิชย์ค่อนข้างยาก อีกทั้งมะพร้าววนกลุ่มที่ขึ้นอยู่ตามธรรมชาติ ประสบปัญหาการขยายพันธุ์เนื่องจากอัตราการงอกของเมล็ดมีต่ำและใช้เวลานาน [2] ทำให้เสี่ยงต่อสูญพันธุ์ ดังนั้นการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อถูกนำมาแก้ปัญหาดังกล่าว ซึ่งพืชวงศ์มะพร้าววนกลุ่มมีรายงานเพียงเล็กน้อย [5-6] การศึกษาครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อมะพร้าววนกลุ่ม (*Molineria* sp.) โดยใช้สูตรอาหาร MS ที่เติมฮอร์โมน BAP ร่วมกับฮอร์โมน NAA ชักนำขึ้นส่วนเหง้าของมะพร้าววนกลุ่มซึ่งเก็บจาก อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง ให้เป็นเกิดต้นการชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนชุดโครโมโซมด้วยสารโคลชิซิน (Colchicine) ตรวจสอบจำนวนโครโมโซมที่เปลี่ยนแปลงจากเซลล์ปลายราก เพื่อเป็นแนวทางสำหรับการปรับปรุงพันธุ์มะพร้าววนกลุ่มต่อไป

วิธีการวิจัย

การเก็บตัวอย่างและการฟอกฆ่าเชื้อ

เก็บตัวอย่างขึ้นส่วนลำต้นใต้ดิน (เหง้า) มะพร้าววนกลุ่มสายพันธุ์ *Molineria* sp. จากตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง โดยเก็บตัวอย่างได้ทั้งหมด 20 เหง้า ทำความสะอาดขึ้นส่วนตัวอย่างโดยการล้างด้วยน้ำยาล้างจาน

ผสมน้ำอัตราส่วน 1:100 (v/v) 2 ครั้ง แต่ละครั้งใช้เวลานาน 2 นาที แล้วล้างด้วยน้ำกลั่น รอนจนตัวอย่างแห้ง ตัดเอาเฉพาะชิ้นส่วนที่ติดกับใบและมีตำแหน่งตาข้าง ขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปฟอกฆ่าเชื้อด้วยสารละลายคลอริกซ์ ความเข้มข้นร้อยละ 10 (v/v) ปริมาตร 200 ml ที่เติมทวิน 20 (Tween 20) ประมาณ 2-3 หยดแช่เป็นเวลา 15 นาที จากนั้นล้างด้วยน้ำกลั่นปราศจากเชื้ออีก 2 ครั้ง รอนจนตัวอย่างแห้งจึงนำไปใช้สำหรับการทดลองต่อไป

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชิ้นส่วนเหง้ามะพร้าวรกุ่ม

นำชิ้นตัวอย่างพืชขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร ที่ผ่านการฟอกฆ่าเชื้อ เลี้ยงในอาหารสูตร MS ที่เติมฮอร์โมน BAP ความเข้มข้น 0.25 mg/l และฮอร์โมน NAA ความเข้มข้น 1.50 mg/l โดยเติมผงถ่าน (Activated Charcoal) ร้อยละ 8 (w/v) วางในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความเข้มแสงที่ 3,000 ลักซ์ เป็นเวลา 4 สัปดาห์

การชักนำให้มะพร้าวรกุ่มเกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมด้วยสารละลายโคลชิซิน

นำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อมะพร้าวรกุ่มที่ได้จากการเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตร MS แบ่งกลุ่ม ๆ ละ 3 ต้น แต่ละกลุ่ม แยกแช่ในสารละลายโคลชิซินที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 (w/v) นาน 24 48 และ 72 ชั่วโมง หลังจากนั้นจึงย้ายลงในอาหารสูตรกระตุ้นรากต่อไป

การชักนำให้เกิดรากจากชิ้นส่วนเนื้อเยื่อเหง้ามะพร้าวรกุ่มที่ผ่านการกระตุ้นด้วยสารละลายโคลชิซิน

ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อมะพร้าวรกุ่มที่ผ่านการชักนำให้เกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมเลี้ยงในอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS ที่เติมฮอร์โมน NAA ความเข้มข้น 1.5 mg/l วางในห้องเพาะเลี้ยงที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$ และความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ เป็นระยะเวลา 4 สัปดาห์ ทำการบันทึกจำนวนและความยาวของราก

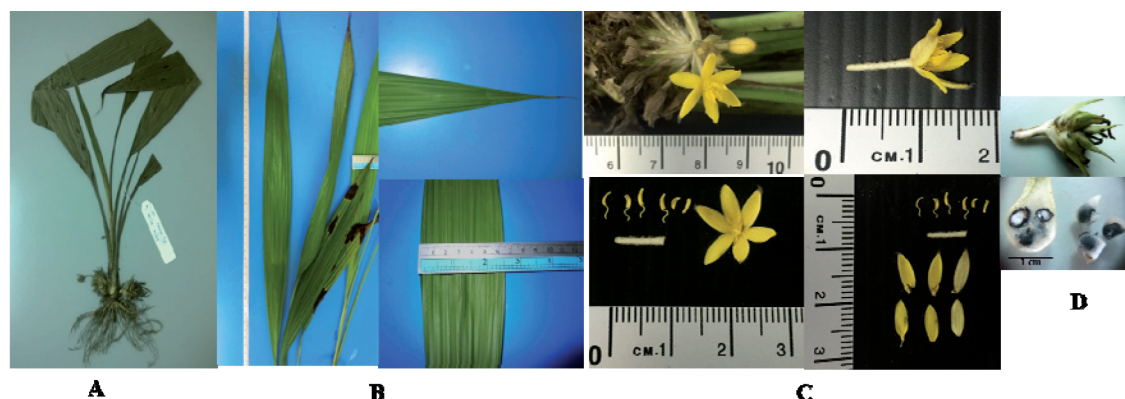
การนับจำนวนโครโมโซมด้วยการย้อมสีโดยวิธี Feulgen Squash ดัดแปลงจาก Sharma และ Sharma (1980) [7]

ตัดปลายรากของมะพร้าวรกุ่มที่ผ่านการชักนำให้เพิ่มจำนวนโครโมโซมในช่วงเวลา 9.00-10.00 น. ยาวประมาณ 1 เซนติเมตร จากปลายสุดแช่ในน้ำยา Fixative ที่ประกอบด้วย Ethyl Alcohol ความเข้มข้นร้อยละ 95 และ Glacial Acetic Acid ในอัตราส่วน 3:1 (v/v) เป็นระยะเวลา 24 ชั่วโมง ที่อุณหภูมิ 4°C จากนั้นหยด 1 N HCl บนปลายราก ที่ อุณหภูมิ 60°C ทิ้งไว้ 5 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่น 2 ครั้ง ซับน้ำออกให้แห้ง จากนั้นย้อมด้วยสียอะซิโตคาร์มีน (Acetocarmine) เป็นเวลา 10 นาที ปิดด้วยแผ่นแก้วปิดสไลด์ เคาะสไลด์ด้วยปลายดินสอ ให้เซลล์กระจายตัวออกจากกัน ตรวจนับจำนวนโครโมโซมด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยาย 1000 เท่า เปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมระหว่างปลายรากที่ไม่ผ่านและผ่านการกระตุ้นด้วยสารโคลชิซิน ที่ระดับความเข้มข้นและระยะเวลาต่าง ๆ

ผลการวิจัยและอภิปรายผลการวิจัย

การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อชิ้นส่วนเหง้ามะพร้าวรกุ่ม

ตัวอย่างเหง้ามะพร้าวรกุ่มในการศึกษาครั้งนี้ เก็บจากมะพร้าวรกุ่มสายพันธุ์ *Molinaria* sp. มีลักษณะ ใบเรียวยาว ปลายของใบมีลักษณะแหลม ขอบใบเรียบ ด้านหน้าใบมีสีเขียวเข้มกว่าด้านหลังใบ มีขนเล็ก ๆ ทั้งสองด้าน วัดความยาวขนาดของใบและก้านใบ จาก 3 ใบล่างสุดของแต่ละต้น ความยาวเฉลี่ยของใบ ยาว 33.67 ± 2.25 เซนติเมตร กว้าง 6.1 ± 0.24 เซนติเมตร ก้านใบยาว เฉลี่ย 27.5 ± 3.21 เซนติเมตร ดอกสีเหลือง มี 6 กลีบ โคนเชื่อมติดกัน เส้นผ่านศูนย์กลาง เฉลี่ย 2.23 ± 0.12 เซนติเมตร เกสรตัวผู้ 6 อัน ผลแบบเบอร์รี่ (Berry) สีขาว เมล็ดสีดำ ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง ประมาณ 1 เซนติเมตร (ภาพที่ 1)



ภาพที่ 1 ส่วนต่างมะพร้าววนกลุ่ม (*Molineria* sp.) เก็บจาก ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง
(A) ส่วนประกอบทั้งต้น (B) ใบ (C) ส่วนประกอบของดอกและเกสรตัวผู้ (D) ผล

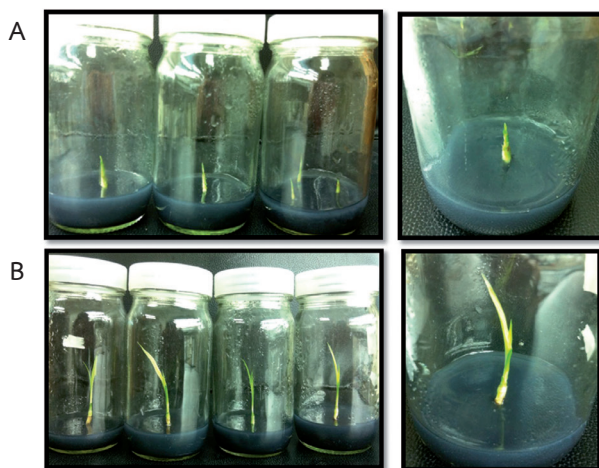
เพาะเลี้ยงชิ้นส่วนเหง้าของมะพร้าววนกลุ่มสายพันธุ์ *Molineria* sp. ในสูตรอาหาร MS ที่เติมฮอร์โมน BAP ความเข้มข้น 0.25 mg/l และฮอร์โมน NAA ความเข้มข้น 1.50 mg/l เติมน้ำตาลร้อยละ 1 (w/v) เลี้ยงที่อุณหภูมิ $25 \pm 2^\circ\text{C}$ และความเข้มแสง 3,000 ลักซ์ พบการเปลี่ยนแปลงเมื่อผ่านไป 2 สัปดาห์ ชิ้นส่วนเหง้ามีการเจริญในส่วนของปลายยอด (Apical Meristem) (ภาพที่ 2) เมื่อครบ 4 สัปดาห์ ชิ้นส่วนเนื้อเยื่อวัดความยาวเฉลี่ยเท่ากับ 3.79 ± 1.25 เซนติเมตร (ความยาวของแต่ละต้นแสดงในตารางที่ 1) โดยไม่เปลี่ยนเป็นแคลลัส ไม่สอดคล้องกับรายงานของ Sharm, A.K. et al [7] ซึ่งสามารถใช้อาหารสูตรเดียวกันนี้ แต่ไม่เติมน้ำตาล ชักนำชิ้นส่วนเหง้าของมะพร้าววนกลุ่มพันธุ์ *C. orchoides* Garetn เกิดเป็นแคลลัส ผลที่ต่างกันอาจมีปัจจัยหลายอย่าง เช่น ความแตกต่างของสายพันธุ์ อายุของชิ้นส่วนเหง้า [4] การทดลองครั้งนี้ลองใช้อาหารสูตรที่ไม่เติมน้ำตาลกลับพบว่าชิ้นส่วนเนื้อเยื่อสร้างสารสีน้ำตาลรอบ ๆ ทำให้อัตราการรอดต่ำ และเมื่อเติมน้ำตาลลงในอาหารทำให้ชิ้นส่วนเหง้ามีอัตราการรอดและพัฒนาไปเป็นต้นได้ดีกว่า (ข้อมูลไม่ได้แสดง)

ตารางที่ 1 ความยาวของยอด และจำนวนรากของมะพร้าววนกลุ่มในอาหารสูตรเพาะเลี้ยง MS + BAP 0.25mg/l + NAA 1.50 mg/l + น้ำตาลร้อยละ 1 (w/v)

ขวดที่	ความสูงของต้น (เซนติเมตร)	ความเข้มข้นของ สารละลาย โคลชิซิน (ร้อยละ)	ระยะเวลา (ชม.)	จำนวนราก
1	5.2	0	0	3
2	3.4			4
3	4.7			2
4	3.4	0.10	24	6
5	4.4			2

ตารางที่ 1 ความยาวของยอด และจำนวนรากของมะพร้าวปลูกในอาหารสูตรเพาะเลี้ยง MS + BAP 0.25mg/l + NAA 1.50 mg/l + ผงถ่านร้อยละ 1 (w/v) (ต่อ)

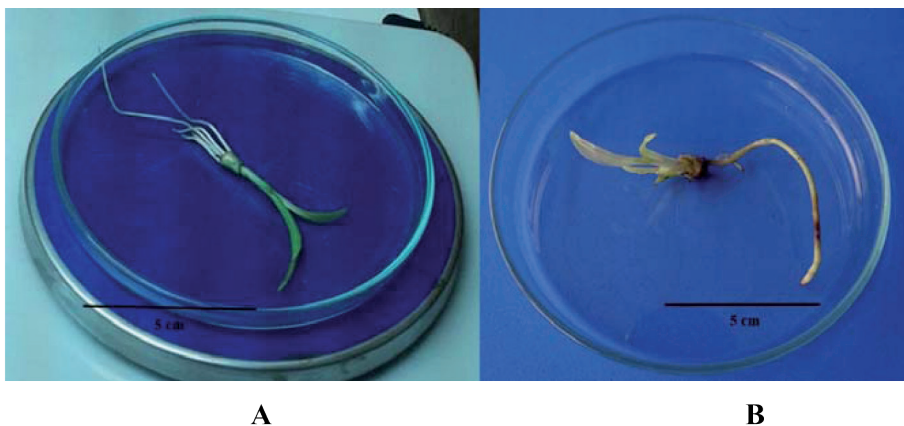
ขวดที่	ความสูงของต้น (เซนติเมตร)	ความเข้มข้นของ สารละลาย โคลิซีน (ร้อยละ)	ระยะเวลา (ชม.)	จำนวนราก
6	3.7			1
7	2.4	0.10	48	1
8	4.6			5
9	2.3			0
10	4.2	0.10	72	2
11	3.1			1
12	3.7			3
13	4.2	0.15	24	0
14	4.9			2
15	4.1			1
16	4.1	0.15	48	2
17	5.9			0
18	1.7			0
19	2.0	0.15	72	1
20	1.2			1
21	3.0			1
22	3.1	0.20	24	1
23	5.5			1
24	2.7			1
25	4.4	0.20	48	2
26	5.3			1
27	6.4			1
28	3.3	0.20	72	2
29	2.7			0



ภาพที่ 2 ลักษณะของชิ้นส่วนเหง้าในอาหารสูตร MS เติมผงถ่านร้อยละ 1 (w/v) ฮอริโมน BAP และฮอริโมน NAA ความเข้มข้น 0.25 และ 1.50 mg/l (A) ระยะเวลา 1 สัปดาห์ (B) ระยะเวลา 4 สัปดาห์

การชักนำให้มะพร้าววนกลุ่มเกิดการเพิ่มจำนวนโครโมโซมด้วยสารละลายโคลชิซิน

มะพร้าววนกลุ่มที่เพาะเลี้ยงจากเหง้าจมน้ำมีความยาวของลำต้นเพิ่มขึ้นทั้งหมด 27 ต้น แขนในสารละลายโคลชิซิน ความเข้มข้นร้อยละ 0.10 0.15 และ 0.20 เป็นเวลา 24 48 และ 72 ชั่วโมง ตามลำดับและกระตุ้นให้เกิดรากในอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS เติมหอริโมน NAA ความเข้มข้น 1.5 mg/l พบว่าจากทั้งหมด 29 ขวด (2 ขวดจากชุดควบคุมที่ไม่ใช่สารละลายโคลชิซิน) กระตุ้นให้เกิดรากได้ทั้งหมด 24 ขวด คิดเป็นร้อยละ 82.75 จำนวนรากสูงสุดเท่ากับ 6 รากต่อต้น (ร้อยละ 4.5) และน้อยที่สุดจำนวน 1 รากต่อต้น (ร้อยละ 59) (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 3) รากจากต้นควบคุมมีสีขาวนวล ลักษณะเล็กเรียว ซึ่งแตกต่างจากต้นที่ได้รับสารละลายโคลชิซิน มีสีน้ำตาลอ่อน และแข็งแรงกว่า การชักนำให้เกิดรากของอาหารสูตรนี้ให้ผลสอดคล้องรายงานของ Sharm, A.K. et al [7] ทำการทดลองการเพาะเลี้ยง *C. orchoides* Gaertn. โดยใช้เนื้อเยื่อจากตาเหง้าชักนำให้เกิดราก พบว่าสูตรอาหารที่ชักนำให้เกิดรากที่ดีที่สุดคือ สูตร $\frac{1}{2}$ MS เติมหอริโมน NAA ความเข้มข้น 1.5 mg/l



ภาพที่ 3 รากของมะพร้าววนกลุ่มในอาหารสูตร $\frac{1}{2}$ MS เติมหอริโมน NAA ความเข้มข้น 1.50 mg/l อายุ 4 สัปดาห์ (A) ชุดควบคุม (B) สารละลายโคลชิซินความเข้มข้น 0.20 mg/l เวลา 24 ชั่วโมง

เมื่อตรวจนับจำนวนโครโมโซมในเซลล์ปลายรากของมะพร้าวจากคุ่มด้วยวิธี Feulgen Squash ดัดแปลงจาก Sharma และ Sharma (1980) [7] มะพร้าวจากคุ่มจากชุดควบคุม นับจำนวนโครโมโซมได้ทั้งหมด 18 โครโมโซม ($2n=18$) (ภาพที่ 3A) สอดคล้องกับการรายงานของ [3] ศึกษาจำนวนโครโมโซมของมะพร้าวจากคุ่มทั้งหมด 9 ชนิด 3 สกุล คือ สกุล *Curculigo* Gaertn. ประกอบด้วย *C. ensifolia* *C. latifolia* *C. megacarpa* และ *C. villosa* สกุล *Hypoxis* L. มี 1 ชนิด คือ *H. aurea* และสกุล *Molineria* sp. ประกอบด้วย *M. capitulate* *M. trichocarpa* *M. gracilis* และ *M. latifolia* สามารถนับจำนวนเซลล์ดิพลอยด์ (Diploid) เท่ากับ 18 โครโมโซม $2n=2x=18$ ($x=9$) จากการทดลองนี้ ต้นมะพร้าวจากคุ่มสายพันธุ์ *Molineria* sp. ที่แช่ด้วยสารละลายโคลชิซินความเข้มข้นร้อยละ 0.20 นาน 24 ชั่วโมง พบการเปลี่ยนแปลงของจำนวนโครโมโซมได้เท่ากับ 36 โครโมโซม (ภาพที่ 3B) ประกอบกับข้อมูลของ [3] จึงเป็นไปได้ว่า โคลชิซินที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0.20 นาน 24 ชั่วโมง สามารถกระตุ้นให้มะพร้าวจากคุ่มเพิ่มจำนวนโครโมโซมเป็นเตตระพลอยด์ (Tetraploid) ($2n=4x=36$) ซึ่งที่ระดับความเข้มข้นของโคลชิซินร้อยละ 0.20 มีรายงานว่าส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมของกล้วยไม้ช้างแดงให้เพิ่มขึ้นจากปกติ 76 ($2n=4x=76$) เป็น $2n=2x=38$ ได้สูงสุด 60 เปอร์เซ็นต์ [8] ทั้งนี้เพราะโคลชิซินมีผลต่อการยับยั้งการสร้างเส้นใยสปินเดิล (Spindle Fiber) ในระหว่างกระบวนการแบ่งเซลล์ ส่งผลให้โครโมโซมไม่สามารถเคลื่อนที่ไปยังขั้วของเซลล์ได้ จำนวนโครโมโซมของเซลล์จึงเพิ่มมากขึ้นเป็น 2 เท่า ส่วนในระดับความเข้มข้นของสารละลายโคลชิซินอื่น ๆ ไม่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซม



A



B

ภาพที่ 3 จำนวนโครโมโซมจากปลายรากของต้นมะพร้าวจากคุ่ม (A) โครโมโซมจากชุดควบคุม ($2n=18$)
(B) โครโมโซมจากสารละลายโคลชิซินความเข้มข้น 0.20 mg/l นาน 24 ชั่วโมง ($2n=36$)

สรุปผลการวิจัย

การชักนำขึ้นส่วนลำต้นใต้ดินหรือเหง้าของต้นมะพร้าวจากคุ่มสายพันธุ์ *Molineria* sp. ด้วยสูตรอาหาร MS เต็มฮอร์โมน BAP ความเข้มข้น 0.25 mg/l และ NAA ความเข้มข้น 1.5 mg/l สามารถทำให้ขึ้นส่วนเนื้อเยื่อเกิดยอดและเจริญได้มากขึ้น มีความยาวเฉลี่ย 3.79 ± 1.25 เซนติเมตร นำขึ้นส่วนดังกล่าวไปชักนำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมด้วยสารละลายโคลชิซิน ที่ระดับความเข้มข้นร้อยละ 0 0.10 0.15 และ 0.20 (w/v) เวลาราน 24 48 และ 72 ชั่วโมงพบว่าที่ความเข้มข้นร้อยละ 0.2 นาน 24 ชั่วโมง สามารถชักนำให้มะพร้าวจากคุ่มมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มเป็น 36 โครโมโซม ($2n=4x=36$) มีความเป็นไปได้ว่าเป็นเตตระพลอยด์ทั้งนี้ต้องศึกษาเพิ่มเติมโดยการทำการไอบีเพื่อเป็นการยืนยันผลต่อไป ข้อมูลที่ได้เป็นประโยชน์สำหรับการปรับปรุงพันธุ์มะพร้าวจากคุ่มเพื่อเพิ่มผลผลิตสำหรับการนำไปประยุกต์ใช้สำหรับค้นหาสารออกฤทธิ์ทางยาหรือสารให้ความหวานต่อไปในอนาคต

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ สำหรับเงินสนับสนุนงานการทำโครงการวิจัยทางชีววิทยา สำหรับนิสิตปริญญาตรี สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ทำการวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- [1] Venkatesh, P., Mukherjee, K., Kumar, S., Nema, K., Bandyopadhyay, A., Fukui, H. and Mizuguchi, H. (2009). "Mast cell stabilization and antihistaminic potentials of *Curculigo orchioides* rhizomes", **Journal of Ethnopharmacology**. 126, 434-436.
- [2] Alice, C. A., Shashikiran, N. and Souza, L.D. (2008). "Induction of embryos and plantlets from anthers of *Curculigo orchioides* Gaertn", **An Endangered Medicinal Herb**. 7, 536-540.
- [3] มนัสดา ขวัญดา. (2555). ศึกษาแคโรไทป์พืชวงศ์มะพร้าวในกลุ่มบางชนิดในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [4] Nahid, B., Abdullah, N.A.P., Saleh, G. and Abdullah, T.L. (2013). "Control of contamination and explant browning in *Curculigo latifolia* in vitro cultures", **Journal of Medicinal Plants Research**. 7(8), 448-454.
- [5] Nagesh, K.S. (2008). "High frequency multiple shoot induction of *Curculigo orchioides* Gaertn: shoot tip V/S rhizome disc", **Taiwania**. 53(3), 242-247.
- [6] Shende, C.B., Undal, V.S. and Chaudhari, U.S. (2012). "In vitro propagation of *Curculago orchioides* from rhizome bud", **Journal of Agricultural Technology**. 8(1), 353-362.
- [7] Sharma, A.K. and Shamar, A. (1980). **Chromosome Techniques: Theory and Practice**. 3rd Butterworths & Co. Ltd., London.
- [8] ณัฐพร เกิดสุวรรณ. (2553). ผลของโคลชิซินต่ออัตราการรอดชีวิต ลักษณะสัณฐานวิทยา สรีรวิทยาและเซลล์วิทยาของกล้วยไม้ช้างแดง (*Rhynchostylis gigantean* var. *rubrum* Sagari). วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิชาพฤกษศาสตร์. สงขลา: มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี ในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

Factors Affected the Decision for Cervical Cancer Screening among Women in Singhanakhon District, Songkhla Province

เทพกร พิทยาภินันท์^{1*} ฤดีดาว ช่างसान² และสมมาศ วิลประสงศ์³

Teppagone Pittayapinune^{1*}, Ruedidao Changsan² and Sommart Wilaiprasong³

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงวิเคราะห์ภาคตัดขวาง (Cross-sectional Analytical Study) มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก และเพื่อเปรียบเทียบปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ ระหว่างสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก กับสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก กลุ่มตัวอย่าง คือ สตรีจำนวน 429 คนในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก 88 คน และสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก 341 คน โดยสุ่มตัวอย่างแบบสัดส่วนตามจำนวนสตรีกลุ่มเป้าหมายในแต่ละสถานบริการสาธารณสุข วิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ความถี่ ร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน Chi-Square เปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างกลุ่มด้วยสถิติ t-test ผลการวิจัยพบว่า ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยการรับรู้ และปัจจัยอิทธิพลไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี ส่วนผลการเปรียบเทียบปัจจัยการรับรู้ อิทธิพลระหว่างบุคคล และอิทธิพลของสถานการณ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก พบว่าสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มีปัจจัยการรับรู้ และปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ไม่มีความแตกต่างกัน

คำสำคัญ: ปัจจัย การตัดสินใจ การคัดกรอง มะเร็งปากมดลูก

¹ รศ., โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 90000

² อ., โปรแกรมวิชาวิทยาศาสตร์สุขภาพ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา 90000

³ นักวิชาการสาธารณสุขชุมชน โรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบลม่วงงาม สิงหนคร สงขลา 90330

* Corresponding author: teppagone@hotmail.com

Abstract

This study was cross-sectional analytical study. The aims were to study factors (personal factor, perceived factor, influencing factor) related to decision for cervical cancer screening, and to compare factors (perceived factor, influencing factor) between decision for cervical cancer screenings' group and no decision for cervical cancer screenings' group. Sample size was 429 women in Singhanakhon District, Songkhla Province, consisted of 88 women under decision for cervical cancer screening and 341 women of no decision for cervical cancer screening, and selected by quota sampling. Data were analyzed by frequency, percent, standard deviation, Pearson coefficient, Chi-Square and t-test. The result revealed that personal factor, perceived factor, and influencing factor were not related to decision for cervical cancer screening. Whereas, the comparison between factors (perceived factor, interpersonal influencing, influencing of situation) on decision for cervical cancer screening and no decision for cervical cancer screening, found that women who had decision for cervical cancer screening showed average score of perceived factor, and interpersonal influencing were higher than another group significantly at 0.05. However, average score of influencing of situation between two groups were not different.

Keywords: Factors, Decision, Screening Cervical, Cervical Cancer

บทนำ

โรคมะเร็งเป็นปัญหาสาธารณสุขของโลก โดยในปี พ.ศ. 2551 มะเร็งเป็นสาเหตุการตายประมาณร้อยละ 13 ของผู้เสียชีวิตทั้งหมด องค์การอนามัยโลกได้คาดการณ์ไว้ว่าในปี พ.ศ. 2573 ทั่วโลกจะมีผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งเพิ่มขึ้นถึงกว่า 13.1 ล้านคน [1] และรายงานสถาบันวิจัยโรคมะเร็งนานาชาติ ระบุว่า เฉพาะในปี 2551 มีผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็งปีนี้มีจำนวน 7.6 ล้านคน และมีผู้ป่วยโรคมะเร็งรายใหม่ จำนวน 12.5 ล้านคน ผู้ป่วยที่เป็นชายส่วนใหญ่เป็นโรคมะเร็งปอด ผู้หญิงเป็นโรคมะเร็งเต้านม [2] สำหรับประเทศไทยโรคมะเร็งเป็นสาเหตุของการเสียชีวิตของคนไทยเป็นอันดับหนึ่งต่อเนื่องมานานกว่า 10 ปี ตั้งแต่ปี 2543 ข้อมูลล่าสุดในปี พ.ศ. 2554 จำนวนผู้เสียชีวิตด้วยโรคมะเร็ง 61,082 คน คิดเป็นอัตราการตายเท่ากับ 95.2 ต่อแสนประชากร โรคมะเร็งที่ทำให้ผู้หญิงไทยเสียชีวิตมากเป็นอันดับหนึ่ง คือ โรคมะเร็งเต้านม และท่อน้ำนมในเต้านม รองลงมา คือ โรคมะเร็งหลอดคอหลอดลมใหญ่และปอด โรคมะเร็งเต้านม และโรคมะเร็งปากมดลูกตามลำดับ [3]

จังหวัดสงขลาได้ดำเนินการตามนโยบายของกระทรวงสาธารณสุขโดยตลอด มีการกำหนดเป้าหมายในการดำเนินงานให้สตรีอายุ 30 – 60 ปี เข้าคัดกรองมะเร็งปากมดลูก 1 ครั้งใน 5 ปี ตั้งแต่ปีงบประมาณ 2553-2557 กำหนดให้ทุกสถานบริการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกให้ได้ร้อยละ 20 ต่อปี และคัดกรองให้ครอบคลุมร้อยละ 80 ภายในปีงบประมาณ 2557 ผลการดำเนินงานระดับจังหวัด ปีงบประมาณ 2553, 2554, 2555 และ 2556 คัดกรองได้ ร้อยละ 34.49, 23.83, 22.42 และ 14.52 ตามลำดับ จากการคัดกรองทั้ง 4 ปีที่ผ่านมา จำนวน 166,805 คน พบผิดปกติจำนวน 623 คน คิดเป็นร้อยละ 0.37 ของสตรีที่ได้รับการตรวจคัดกรอง หลังจากส่งต่อผู้ป่วย พบว่า ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นมะเร็งปากมดลูก จำนวน 88 คน คิดเป็นร้อยละ 12.51 ของจำนวนสตรีที่ได้รับการคัดกรองที่ผิดปกติที่ได้รับการวินิจฉัยจากแพทย์ว่าเป็นมะเร็งปากมดลูก [4]

สำหรับการดำเนินงานคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ในปีงบประมาณ 2556 - 2557 พบว่า มีสตรีกลุ่มเป้าหมายทั้งหมดจำนวนคน 17,647 คน เข้ารับการคัดกรองทั้งหมดจำนวน 944 คน คิดเป็นร้อยละ 5.34 ในปี 2556 ที่ผ่านมา สตรีกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 17,647 คน เข้ารับการคัดกรองทั้งหมดจำนวน 236 คน คิดเป็นร้อยละ 1.34 พบผิดปกติจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 0.42 [5] จากข้อมูลการคัดกรองที่ทำได้ต่ำกว่าเป้าหมายที่วางไว้ ทำให้เจ้าหน้าที่อำเภอสิงหนครทุกคนให้ความสำคัญกับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเป็นอย่างยิ่ง จึงได้เพิ่มการประชาสัมพันธ์ทางสื่อต่าง ๆ จัดรณรงค์ค้นหาทุกรูปแบบ ให้ความรู้เกี่ยวกับโรคมะเร็งปากมดลูก ด้วยวิธีการต่าง ๆ ทั้งการผลิตสื่อ สิ่งพิมพ์ และผ่านสื่อมวลชน รวมถึงการจัดทีมเจ้าหน้าที่ตรวจคัดกรองในระดับอำเภอ เพื่อไปให้บริการคัดกรองแก่สตรีกลุ่มเป้าหมายในสถานบริการสาธารณสุขทั่วทั้งอำเภอสิงหนครเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกได้สะดวกรวดเร็ว และประหยัดค่าใช้จ่ายในการเดินทาง แต่อัตราการมารับบริการยังต่ำเช่นเดิม [6]

จากสภาพปัญหาดังกล่าว ทำให้ผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาว่ามีปัจจัยอะไรบ้างที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา โดยประยุกต์ใช้แบบจำลองการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์ [7] มาใช้ในการศึกษา แนวคิดนี้เชื่อว่าบุคคลจะลงมือกระทำกิจกรรมเพื่อส่งเสริมสุขภาพ ตลอดจนปฏิบัติตามกิจกรรมอย่างต่อเนื่องจนกลายเป็น แบบแผนในการดำเนินชีวิตนั้น เป็นผลจากการได้รับอิทธิพลของปัจจัย 3 ด้านด้วยกัน คือ ลักษณะส่วนบุคคลและประสบการณ์ (Individual Characteristics and Experiences) พฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับความรู้ความเข้าใจ (Behavior-Specific Cognitions and Affect) และ การแสดงพฤติกรรม (Behavioral Outcome) ทฤษฎีการส่งเสริมสุขภาพของเพนเดอร์มองคนอย่างเป็นองค์รวม ให้ความสำคัญกับบริบทที่เกี่ยวข้อง จึงเป็นแบบจำลองทางการพยาบาลที่เหมาะสมในการนำมาเป็นแนวทางการพยาบาลองค์รวมเพื่อการส่งเสริมสุขภาพ

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา
2. เพื่อเปรียบเทียบ ปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ ระหว่างสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก กับ สตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

วิธีดำเนินการ

ประชากร คือ สตรีวัยเจริญพันธุ์ที่มีอายุ 30-60 ปี ที่อาศัยอยู่ในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ในช่วงปีงบประมาณ 2553-2556 จำนวน 17,356 คน กลุ่มตัวอย่าง คือ สตรีวัยเจริญพันธุ์ที่มีอายุ 30-60 ปี ที่อาศัยอยู่ในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ในช่วงปีงบประมาณ 2553-2556 จำนวน 429 คน ที่ได้จากการหาขนาดกลุ่มตัวอย่างโดยใช้สูตรของ Yamane ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 แบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ สตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จำนวนคน 88 คน และสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกจำนวน 341 คน โดยใช้การสุ่มตัวอย่างแบบสัดส่วนตามจำนวนสตรีกลุ่มเป้าหมายในแต่ละสถานบริการสาธารณสุข และเลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) จำนวนคน 30 คน เพื่อสัมภาษณ์แบบสนทนากลุ่ม

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

แบบสอบถาม เป็นแบบสอบถามที่มีลักษณะแบบเลือกตอบ มาตรฐานประมาณค่า และปลายเปิด ประกอบด้วยแบบสอบถาม 4 ส่วน ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไป เป็นข้อคำถามเกี่ยวกับสถานภาพของผู้ตอบ จำนวน 10 ข้อ ส่วนที่ 2

แบบสอบถามปัจจัยการรับรู้ จำนวน 22 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นตามวิธีของคูเดอร์- ริชาร์ดสัน โดยใช้สูตร KR-20 (Kuder Richardson 20) [8] ผลการตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามปัจจัยด้านการรับรู้ = .8111 ส่วนที่ 3 แบบสอบถามปัจจัยด้านอิทธิพลต่อการตัดสินใจ จำนวน 18 ข้อ หาค่าความเชื่อมั่นโดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟา (a-Coefficient) ของครอนบาค [9] ผลการตรวจสอบค่าความเชื่อมั่นของแบบสอบถามปัจจัยด้านอิทธิพลต่อการตัดสินใจ = 0.8681 ส่วนที่ 4 ปัญหา อุปสรรค และข้อเสนอแนะ

แบบสัมภาษณ์ ใช้สัมภาษณ์ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก แบบสนทนากลุ่ม (Focus Group Discussion) มีประเด็นคำถาม 7 ประเด็น

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยร่วมกับเจ้าหน้าที่สาธารณสุข ดำเนินการเก็บข้อมูลด้วยแบบสอบถามกับกลุ่มตัวอย่างโดยการขอหนังสือผ่านสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยราชภัฏสงขลา ถึง ผู้อำนวยการโรงพยาบาลส่งเสริมสุขภาพตำบล ทั้ง 11 แห่งในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา เพื่อขออนุญาตและขอความร่วมมือในการเก็บรวบรวมข้อมูล ผู้วิจัยชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวิจัย วิธีการ และขั้นตอนการเก็บข้อมูลแก่เจ้าหน้าที่สาธารณสุข เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลที่ถูกต้อง ตรงกับความเป็นจริงมากที่สุด ดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสอบถามจากกลุ่มตัวอย่าง ในสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จำนวน 88 คน และสตรีที่ยังไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จำนวน 341 คน และดำเนินการเก็บข้อมูลแบบสัมภาษณ์จากการสนทนากลุ่ม ในสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จำนวน 6 คน และสตรีที่ยังไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก จำนวน 24 คน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ข้อมูลปัจจัยส่วนบุคคล วิเคราะห์ด้วยสถิติร้อยละ ข้อมูลปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก วิเคราะห์ด้วยสถิติร้อยละ และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ด้วยวิธี Cramer's V ทดสอบความสัมพันธ์ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกด้วยสถิติ Chi-Square เปรียบเทียบปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกระหว่างสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกกับสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ด้วยสถิติ t-test

ผลการวิจัย

วัตถุประสงค์ข้อที่ 1 เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ของ ปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ดังผลต่อไปนี้

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยส่วนบุคคลกับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีกลุ่มเป้าหมายพบว่า อายุ ศาสนา ระดับการศึกษา การคุมกำเนิด และเพื่อนบ้านเจ็บป่วยด้วยโรคมะเร็งปากมดลูก การได้รับข่าวสาร ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกส่วนสถานภาพสมรส รายได้ อายุตอนมีบุตรคนแรก การเจ็บป่วยของญาติ มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการรับรู้ กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีกลุ่มเป้าหมายพบว่า ปัจจัยการรับรู้ในภาพรวมไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี เมื่อทดสอบรายด้าน พบว่า การรับรู้ประโยชน์ และการรับรู้สมรรถนะของตนเองในการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนการรับรู้อุปสรรค ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี

ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยอิทธิพลกับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีกลุ่มเป้าหมายพบว่า อิทธิพลระหว่างบุคคล และอิทธิพลสถานการณ์ ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีทั้งสองกลุ่ม ดังตารางที่ 1 และ 2

ตารางที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยการรับรู้กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีกลุ่มเป้าหมาย

ปัจจัยด้านการรับรู้	การตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก		X ²	P-value
	เข้ารับการคัดกรอง (n=88)	ไม่เข้ารับการคัดกรอง (n=341)		
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
การรับรู้โดยรวม			3.605	.058
ระดับดี (>11 คะแนน)	16 (18.20)	96 (28.20)		
ระดับไม่ดี (≤11 คะแนน)	72 (81.80)	245 (71.80)		
การรับรู้ประโยชน์ของการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก			6.186*	.013
ระดับดี (>4 คะแนน)	3 (3.40)	43 (12.60)		
ระดับไม่ดี (≤4 คะแนน)	85 (96.60)	298 (87.40)		
การรับรู้อุปสรรคต่อการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก			.231	.631
ระดับดี (>5 คะแนน)	62 (70.50)	249 (73.00)		
ระดับไม่ดี (≤5 คะแนน)	26 (29.50)	92 (27.00)		
การรับรู้สมรรถนะของตนเองในการคัดกรองมะเร็งปาก			7.702*	.006
ระดับดี (>2 คะแนน)	16 (18.20)	114 (33.40)		
ระดับไม่ดี (≤2 คะแนน)	72 (81.80)	227 (66.60)		

* ค่าระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

จากตารางที่ 1 ปัจจัยการรับรู้โดยรวมไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี ปัจจัยการรับรู้ประโยชน์ของการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ปัจจัยการรับรู้สมรรถนะของตนเองในการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยการรับรู้อุปสรรคต่อการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี

ตารางที่ 2 ความสัมพันธ์ระหว่างปัจจัยด้านอิทธิพลกับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี
กลุ่มเป้าหมาย

ปัจจัยด้านการรับรู้	การตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก		X ²	P-value
	เข้ารับการคัดกรอง	ไม่เข้ารับการคัดกรอง		
	(n=88)	(n=341)		
	จำนวน (ร้อยละ)	จำนวน (ร้อยละ)		
ระดับอิทธิพลโดยรวม			4.084	.130
ระดับสูง (59.37 – 90 คะแนน)	33 (37.50)	99 (29.00)		
ระดับปานกลาง (29.68 – 59.36 คะแนน)	55 (62.20)	234 (68.60)		
ระดับต่ำ (1–29.67 คะแนน)	0 (0.00)	8 (2.30)		
ระดับอิทธิพลระหว่างบุคคลบุคคลต่อการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก			5.904	.052
ระดับสูง (31-45 คะแนน)	23 (26.10)	53 (15.50)		
ระดับปานกลาง (16-30 คะแนน)	60 (68.10)	261 (76.60)		
ระดับต่ำ (1-15 คะแนน)	5 (5.60)	27 (7.90)		
ระดับอิทธิพลสถานการณ์ต่อการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก			.673	.714
ระดับสูง (31-45 คะแนน)	61 (69.30)	232 (68.10)		
ระดับปานกลาง (16-30 คะแนน)	24 (27.30)	98 (28.80)		
ระดับต่ำ (1-15 คะแนน)	3 (3.30)	11 (3.30)		

จากตารางที่ 2 อิทธิพลโดยรวม อิทธิพลระหว่างบุคคล และอิทธิพลสถานการณ์ ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีทั้งสองกลุ่ม

วัตถุประสงค์ข้อที่ 2 เพื่อเปรียบเทียบ ปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ ระหว่างสตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก กับ สตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา พบว่า สตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก มีปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์มีคะแนนเฉลี่ยสูงกว่าสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ทั้งนี้ปัจจัยการรับรู้ และปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบปัจจัยการรับรู้ อิทธิพลระหว่างบุคคลและอิทธิพลของสถานการณ์จำแนกตามการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีกลุ่มเป้าหมาย

ปัจจัยที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรอง มะเร็งปากมดลูก	กลุ่มสตรีที่เข้ารับ การคัดกรอง (n=88)		กลุ่มสตรีที่เข้ารับ การคัดกรอง (n=88)		t-test	P-value
	$\bar{X}$	S.D.	$\bar{X}$	S.D.		
ปัจจัยการรับรู้	14.59	3.07	13.58	4.23	2.087*	.016
อิทธิพลระหว่างบุคคล	27.36	10.63	24.76	7.09	2.731*	.007
อิทธิพลของสถานการณ์	30.07	6.75	29.47	6.49	.776	.716

* ค่าระดับนัยสำคัญน้อยกว่า 0.05

จากตารางที่ 3 ผลการเปรียบเทียบปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก พบว่า ปัจจัยการรับรู้ และปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคลมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ส่วนปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ไม่แตกต่างกัน

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

1. ความสัมพันธ์ของปัจจัยส่วนบุคคล ปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล และปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีใน อำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา

1.1 ปัจจัยส่วนบุคคล พบว่า ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก อาจเป็นเพราะลักษณะข้อมูลทั่วไปส่วนใหญ่เหมือนกัน ส่วนในเรื่องศาสนาไม่มีความสัมพันธ์เนื่องจากการดำเนินงานคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของอำเภอสิงหนคร ในปัจจุบันไม่มีการตั้งผู้นำศาสนาเข้ามาร่วมกิจกรรมเท่าที่ควร แต่ผู้นำศาสนาไม่ได้มีการห้ามไม่ให้มารับการคัดกรอง มีแต่คำแนะนำให้ไปรับการคัดกรองกับเจ้าหน้าที่ที่เป็นสตรีด้วยกันเท่านั้น

1.2 ปัจจัยด้านการรับรู้ พบว่า กลุ่มสตรีทั้งสองกลุ่มมีการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้สมรรถนะต่อการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับไม่ดี สอดคล้องกับการศึกษาของอุสมาน แวหะยี [10] ศึกษาพฤติกรรมมารับบริการตรวจมะเร็งปากมดลูกในสตรีไทยโดยใช้แบบแผนความเชื่อด้านสุขภาพ พบว่าการรับรู้โอกาสเสี่ยง การรับรู้ความรุนแรง

การรับรู้ประโยชน์ของการไปรับบริการตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรีโดยรวมทุกด้านยังอยู่ในระดับต่ำ ส่วนการรับรู้อุปสรรคในการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับที่ทั้งสองกลุ่ม อธิบายได้ว่ากิจกรรมการให้ความรู้เรื่องอุปสรรคของการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกที่อำเภอสิงหนครให้กับสตรีทั้งสองกลุ่มใกล้เคียงกัน ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของจำปี ยังวัฒนา [11] ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกของสตรี อำเภอเมือง จังหวัดสมุทรสงคราม พบว่า ความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูก การรับรู้โดยรวม การรับรู้โอกาสเสี่ยงต่อการเกิดโรค การรับรู้ความรุนแรงของโรค การรับรู้ประโยชน์และการรับรู้อุปสรรคการปฏิบัติตนมีความ สัมพันธ์ทางบวกกับพฤติกรรมการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกทั้งในระดับปฐมภูมิและทุติยภูมิอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ 0.05

1.3 ปัจจัยด้านอิทธิพล พบว่า ระดับอิทธิพลโดยรวมทั้งปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคลและปัจจัยอิทธิพลสถานการณ์ ทั้งสองกลุ่มอยู่ในระดับปานกลาง เมื่อทดสอบความสัมพันธ์ พบว่า ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคลและปัจจัยอิทธิพลของสถานการณ์ไม่มีความสัมพันธ์กับการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกของสตรี อาจเป็นเพราะเหตุผลส่วนใหญ่ของสตรีที่ตรวจและไม่ตรวจมะเร็งปากมดลูก คือ มีการณรงค์ให้ไปตรวจน้อยเกินไปและเหตุผลในการไม่ตรวจมะเร็งปากมดลูก คือ ไม่มีอาการผิดปกติ

2. เปรียบเทียบปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล ที่มีผลต่อการตัดสินใจเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก พบว่า สตรีที่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก กับสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมีปัจจัยการรับรู้ ปัจจัยอิทธิพลระหว่างบุคคล แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของสุมาลี ครุฑหิน [12] ได้ศึกษาความรู้และความเชื่อด้านสุขภาพของสตรีที่มาและไม่มาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกในอำเภอโพธิ์ประทับช้าง จังหวัดพิจิตร ผลการศึกษาคะแนนความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกของสตรีที่มาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับสูงมาก ส่วนสตรีที่ไม่มาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับสูง เมื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนความรู้เรื่องโรคมะเร็งปากมดลูกและความเชื่อด้านสุขภาพ พบว่าสตรีที่มาตรวจคัดกรองมะเร็งปากมดลูกมีค่าเฉลี่ยสูงกว่าสตรีที่ไม่มาตรวจคัดกรองทั้งสองเรื่องแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.5 ส่วนอิทธิพลต่อสถานการณ์เมื่อเปรียบเทียบทั้งสองกลุ่มไม่มีความแตกต่างกัน

3. อภิปรายผลสัมภาษณ์สนทนากลุ่ม พบว่า การที่สตรีส่วนใหญ่ของกลุ่มตัวอย่างมีความคิดเห็นว่าโรคมะเร็งปากมดลูกเป็นโรคที่น่ากลัว ทำให้ส่วนหนึ่งอาจเป็นเหตุผลจูงใจที่ทำให้สตรีเข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก เพราะอาการแสดงของโรค ซึ่งในสตรีกลุ่มนี้เจ้าหน้าที่สามารถอบรมให้ความรู้เมื่อเขาเข้ารับการตรวจ เพื่อจะได้นำไปบอกต่อได้ถูกต้อง แต่กลุ่มสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรองบางส่วนอาจยังไม่เคยได้เห็นอันตรายและอาการของโรสดังกล่าว

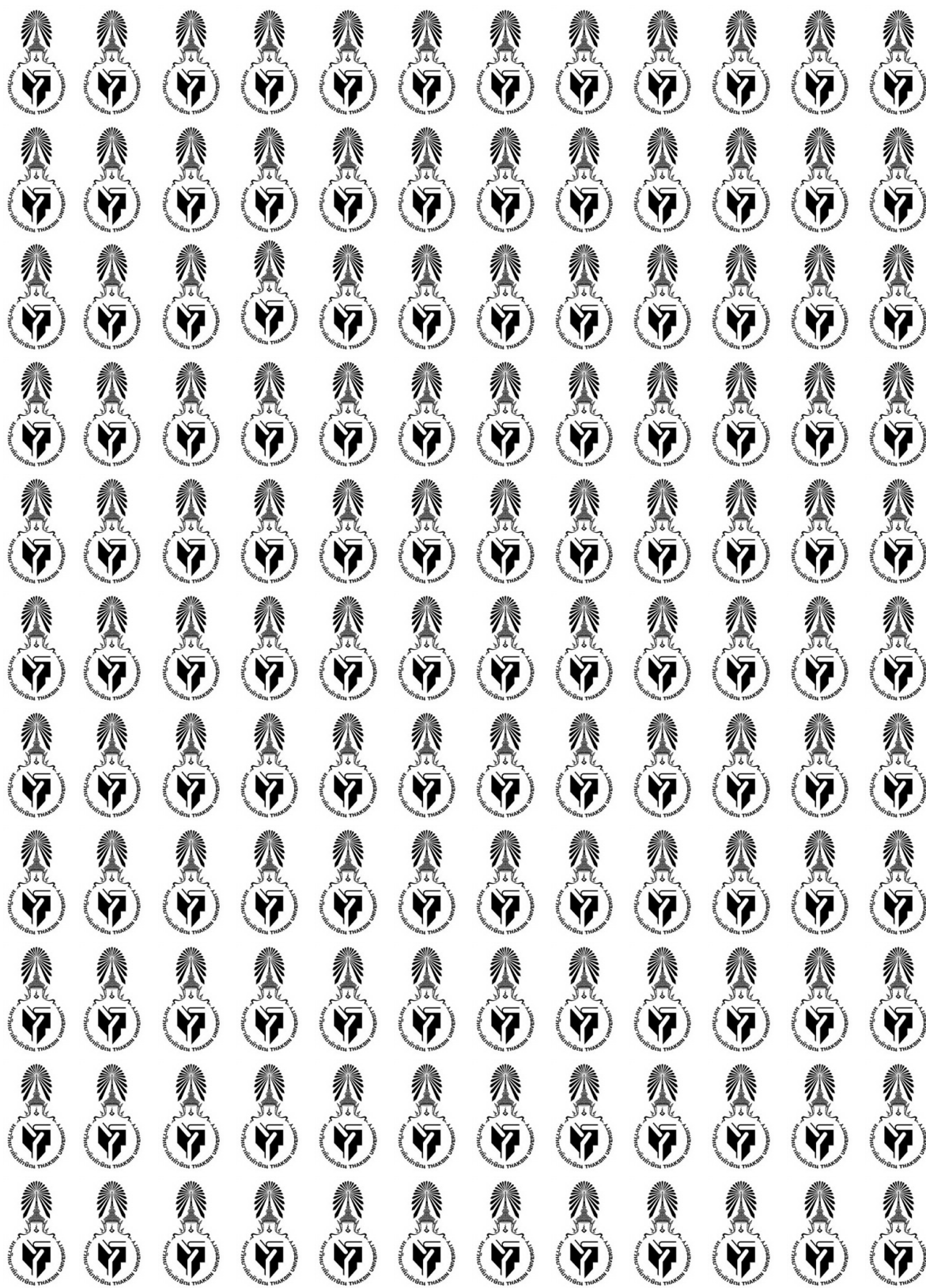
ข้อเสนอแนะ

1. จากการศึกษาพบว่า กลุ่มสตรีทั้งสองกลุ่มมีการรับรู้ประโยชน์และการรับรู้สมรรถนะต่อการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกอยู่ในระดับไม่ดี สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร ควรวางแผน นโยบาย การรณรงค์ให้กลุ่มสตรีที่เข้ารับการคัดกรอง และกลุ่มสตรีที่ไม่เข้ารับการคัดกรอง ได้รับรู้ประโยชน์ในการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกเพิ่มมากยิ่งขึ้น

2. ควรมีการศึกษาประสิทธิภาพของรูปแบบการรณรงค์ที่ทำให้กลุ่มสตรีที่เข้ารับและไม่เข้ารับการคัดกรองมะเร็งปากมดลูก ในอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ได้รับรู้ประโยชน์ในการคัดกรองมะเร็งปากมดลูกได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่อย่างไร

เอกสารอ้างอิง

- [1] World Health Organization. (2013). **Cancer**. (Online). <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs297/en/index.html>, January 25, 2013.
- [2] หัสชา ศรีปลั่ง. (2553). รายงานโครงการ วิเคราะห์คุณภาพข้อมูลมะเร็งและศึกษาสถานการณ์โรคมะเร็งและความสัมพันธ์กับแนวโน้มและการกระจายของปัจจัยเสี่ยงจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ. กรุงเทพฯ: สำนักงานกองทุนสนับสนุนการส่งเสริมสุขภาพ (สสส.).
- [3] สำนักงานนโยบายและยุทธศาสตร์. (2554). สถิติสาธารณสุข 2554. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การทหารผ่านศึก.
- [4] สำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา. (2556). รายละเอียดตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ของการปฏิบัติงานระดับ คปสอ. ปีงบประมาณ (2556). ใน เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการการถ่ายทอดตัวชี้วัดสำนักงานสาธารณสุขจังหวัดสงขลา ปี 2556 วันที่ 17-19 มกราคม 2556. สำนักงานสาธารณสุข จังหวัดสงขลา.
- [5] สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร. (2556). ผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ของการปฏิบัติงาน ปีงบประมาณ 2556. สรุปผลการดำเนินงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ปีงบประมาณ 2556. สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร.
- [6] สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร. (2557). ผลการดำเนินงานตามตัวชี้วัดผลสัมฤทธิ์ของการปฏิบัติงาน ปีงบประมาณ 2557. สรุปผลการดำเนินงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร จังหวัดสงขลา ปีงบประมาณ 2557. สำนักงานสาธารณสุขอำเภอสิงหนคร.
- [7] Pender, N.J. (1996). **Health Promotion in Nursing Practice** (2nd ed.). Connecticut: Appleton and Lange.
- [8] สุชาติ ประสิทธิ์รัฐสินธุ์. (2540). **ระเบียบวิธีวิจัยทางสังคมศาสตร์**. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์เสียงเชียงใหม่.
- [9] พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). **วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์** (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- [10] อุษมาน แวหะยี. (2551). ความเชื่อด้านสุขภาพในการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกของสตรีในตำบลบางปู อำเภอยะหริ่ง จังหวัดปัตตานี. วิทยานิพนธ์สาธารณสุขศาสตรมหาบัณฑิต บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.
- [11] จำปี ยังวัฒนา. (2551). **ปัจจัยที่มีผลต่อพฤติกรรมการป้องกันโรคมะเร็งปากมดลูกของสตรีอำเภอเมืองจังหวัดสมุทรสงคราม**. วิทยานิพนธ์ ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (สุขศึกษา). สาขาวิชาสุขศึกษา ภาควิชาพลศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- [12] สุมาลี ครุฑหิน. (2551). **ความรู้และความเชื่อด้านสุขภาพของสตรีที่มาและไม่มาตรวจมะเร็งปากมดลูก**. วิทยานิพนธ์พยาบาลมหาบัณฑิต สาขาวิชาการพยาบาลเวชปฏิบัติชุมชน มหาวิทยาลัยนเรศวร.



ประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु
ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง

An Economic Evaluation of the Direct Use of Sago Palm in
Phatthalung Province and Trang Province

วัฒนณรงค์ มากพันธ์^{1*} สุริยะ จันทร์แก้ว² และอุดม ทิพย์รักษ์³
Wattananarong Markphan^{1*}, Suriya Chankaew² and Udom Tiprug³

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ และประเมินมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของต้นสาकु ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง การศึกษาแบ่งเป็น 2 ส่วนได้แก่ ส่วนที่ 1 ศึกษาส่วนต่าง ๆ ของต้นสาकुที่ชาวบ้านในพื้นที่เก็บมาใช้ประโยชน์ และส่วนที่ 2 ศึกษาปริมาณที่ชาวบ้านเก็บหา คิดเป็นมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจผลการศึกษาพบว่าส่วนต่างๆ ของต้นสาकुที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์ทั้งหมดมีจำนวน 3 ชนิด ได้แก่ ใบสาकु ลำต้นสาकु และผิวทางใบสาकु โดยใบสาकुมีการใช้ประโยชน์มากที่สุด จำนวน 251,130 กิโลกรัมต่อปี คิดเป็นมูลค่ารวมของใบสาकुเท่ากับ 3,233,400 บาทต่อปี

คำสำคัญ: สาकु (พืช)

Abstract

This research aims to study an economic evaluation of the direct use of Sago Palm in Phatthalung Province and Trang Province. The study methods were divided into 2 parts. Part 1, studying parts of Sago Palm which the villagers harvest to utilize. Part 2, studying the quantity of Sago Palm. It was found that three parts of Sago Palm (leaf, trunk and leaf surface) were used. The most beneficial use (251,130 kg per year) was the leaf of Sago Palm which cost 3,233,400 baht per year.

Keywords: Sago Palm

¹ อ., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

² ผศ., สาขาวิชาเกษตรศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

³ อ., สาขาวิชาวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

* Corresponding author: wattananarong@gmail.com

บทนำ

ปาล์มสาคุ (Metroxylon Sagu Rottb.) นับเป็นพืชที่มีบทบาทสำคัญในฐานะพืชหลักในพื้นที่ชุ่มน้ำจืด หากมองถึงคุณค่าของปาล์มสาคุ เป็นแหล่งกักเก็บน้ำตามธรรมชาติที่สำคัญ เพราะระบบรากของสาคุช่วยซึมซับน้ำ ทำให้ระดับน้ำใต้ดินตื้น ป้องกันการพังทลายของดินในช่วงหน้าฝนที่น้ำไหลแรงจึงเป็นแหล่งน้ำดื่ม น้ำใช้ และทำการเกษตร นอกจากนี้ ปาล์มสาคุยังเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยและเพาะพันธุ์สัตว์น้ำเพราะบริเวณแหล่งน้ำในปาล์มสาคุจะเป็นแหล่งหากิน ที่อยู่อาศัย หลบซ่อนและเป็นแหล่งขยายพันธุ์ ในหน้าแล้งสัตว์น้ำได้อาศัยบริเวณปาล์มสาคุที่มีน้ำขังชุ่มชื้นเพื่อรอเข้าสู่หน้าฝนอีกครั้ง [1] สาคุเป็นพืชตระกูลปาล์มที่ชอบขึ้นในที่ลุ่มที่ชื้นแฉะ (Wetland) หรือมีน้ำขังตลอดปี มีการทับถมของซากพืชเป็นเวลานาน หรือที่เรียกว่าป่าพรุ (Peat Swamp Forest) และเป็นที่ที่มีน้ำจืดไหลผ่าน ในประเทศไทยสาคุพบได้ตั้งแต่จังหวัดชุมพร ลงมาถึงจังหวัดนราธิวาส มีพื้นที่ปาล์มสาคุประมาณ 3,000 เฮกตาร์ [2] สาคุเจริญได้ดีในดินที่มีระดับความเป็นกรดจัด ถึงกรดอ่อน pH = 4.03 – 6.50 มีอินทรีย์วัตถุในดินประมาณ 0.66-2.60 เปอร์เซ็นต์ ต้องการน้ำสูง มีฝนตกชุกสม่ำเสมอ ชอบอากาศร้อนชื้นขึ้นในที่ลุ่มน้ำขังตลอดปีในพื้นที่ที่มีการทับถมของซากพืชเป็นเวลานานซึ่งมีลักษณะเป็นป่าพรุ [3]

สาคุจัดเป็นพืชท้องถิ่นชนิดหนึ่ง ที่มีอยู่ทั่วไปในเขตภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดนครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา ปัตตานี ยะลา และนราธิวาส เป็นพืชที่น่าสนใจ เพราะสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้มากมายเกือบทุกส่วนของต้น เช่น หน่ออ่อนใช้รับประทานสด ใบใช้เป็นวัสดุคลุมหลังคาโรงเรือน หรือใช้ทำกระถางใส่แบ่งทำขนม เปลือกลำต้นใช้ทำเชื้อเพลิง หรือรั้ว เมล็ดแก่ใช้ทำเครื่องประดับและเยื่อในลำต้น (Sago Palm Pith, SPP) ใช้เป็นอาหารสัตว์ หรือนำไปสกัดเป็นแป้ง ใช้ทำอาหารชนิดต่างๆ ได้มากมาย [4] ต้นสาคุที่อายุ 9 ปี ขึ้นไปจะสะสมแป้งในลำต้นมาก เมื่อโค่นต้นจะลอกเอาแป้งที่มีลักษณะชั้นเหนียวมาทำอาหารได้ เป็นอาหารที่ใช้ในยามขาดแคลนข้าวในเกาะบอร์เนียว โดยนำแป้งไปใส่ถุงสี่เหลี่ยม ใว้ให้หลอดช่องออกมาเป็นเม็ดๆ นำไปตากแห้ง แล้วจึงนำไปทำอาหาร เมื่อเริ่มมีพ่อค้าจากจีนและตะวันตกเข้ามาค้าขาย ในบริเวณหมู่เกาะโมลุกกะ เมื่อได้ชิมอาหารที่ปรุงจากสาคุและมีความชื่นชอบ ทำให้แป้งสาคุกลายเป็นสินค้า ก่อนจะถูกแทนที่ด้วยเม็ดสาคุที่ทำจากแป้งมันสำปะหลัง แป้งสาคุบริสุทธิ์มีอะไมโลส 27 เปอร์เซ็นต์ อะไมโลเพกติน 73 เปอร์เซ็นต์ แป้งจากปาล์มสาคุเป็นอาหารหลักในนิวกินี ส่วนในอินโดนีเซียและมาเลเซียใช้ทำเค้กและคุกกี้ เส้นก๋วยเตี๋ยวและขนมแห้งต่างๆ ในสหรัฐอเมริกาใช้ทำคัสตาร์ด ในทางอุตสาหกรรมใช้รักษารูพร่องในการผลิตกระดาษและเส้นใย ผสมในการผลิตไม้อัด ลำต้นอ่อนใส่กลวง และเศษน้ำที่เหลือจากการผลิตแป้งใช้เป็นอาหารสัตว์ เปลือกลำต้นใช้เป็นวัสดุก่อสร้าง และเชื้อเพลิง ก้านใบใช้ทำฝาผนัง เพดาน และรั้ว ใบอ่อนใช้สานตะกร้า ยอดอ่อนรับประทานเป็นผัก หน่อของต้นสาคุ นำมารับประทานได้ ในหมู่เกาะโมลุกกะ นิยมนำเห็ดฟางที่ขึ้นอยู่ในกากที่เหลือจากการผลิตแป้งมารับประทาน ใบสาคุ นำมาเย็บเป็นตับใช้มุงหลังคาและฝาบ้าน ก้านใบนำมาลอกเปลือกนอกออก นำไปจักสานเป็นชะลอมหรือแผงวางของได้ ผลของต้นสาคุใช้รับประทาน ในภาคใต้ของไทยนิยมนำต้นสาคุไปสับใช้เป็นอาหารสัตว์ [5] ประชาชนในภาคใต้รู้จักการใช้ประโยชน์จากสาคุมานานแล้ว จังหวัดนครศรีธรรมราช และตรังเป็นแหล่งที่ประชาชนใช้สาคุอย่างสารพัดประโยชน์ มากที่สุด ตั้งแต่การดำรงชีพในครอบครัวและการใช้เพื่อเศรษฐกิจ ได้แก่การใช้ลำต้นเป็นอาหารสัตว์ ใช้เลี้ยงตัวสาคุเพื่อเป็นอาหาร และเป็นรายได้เสริม ใช้เนื้อในลำต้นทำแบ่ง สำหรับทำอาหารและขนมต่างๆ ส่วนเหลือจากเนื้อในลำต้น (กาก) นำมาทำเป็นปุ๋ย เปลือกนอกของลำต้นใช้ทำเป็นเชื้อเพลิงในการประกอบอาหาร และนำมาใช้ทำเป็นฝาผนังและฟากปูพื้น ที่พักชั่วคราว ใบสาคุใช้เย็บเป็นจากเพื่อใช้ในการมุงหลังคาที่อยู่อาศัยและคอกสัตว์ เปลือกนอกของทางสาคุนำมาทำเป็นดอกสำหรับสานเสื่อ ปัจจุบันจากสาคุ แป้งสาคุ เสื่อสาคุ อาหาร และขนมพื้นบ้านจากแป้งสาคุ ในจังหวัดนครศรีธรรมราชและจังหวัดตรัง เป็นสินค้าที่ได้รับความนิยมสูงขึ้นเรื่อยๆ [6]

จากการใช้ประโยชน์ต้นสาคุที่เกิดขึ้น ประกอบกับชาวบ้านในพื้นที่ต้องการทราบข้อมูลในการใช้ประโยชน์ ต้นสาคุ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ รวมถึงมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจของต้นสาคุในพื้นที่

จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง เพื่อนำผลการศึกษาเป็นข้อมูลพื้นฐานต่อยอดไปสู่การกำหนดแนวทางในการจัดการการใช้ประโยชน์ต้นสาคู รวมถึงทรัพยากรป่าไม้อื่นๆ ให้กับชาวบ้านในพื้นที่ อันจะก่อให้เกิดความยั่งยืนของต้นสาคูและทรัพยากรป่าไม้ในพื้นที่ต่อไป

วิธีดำเนินการ

1. กำหนดประชากรในการศึกษาโดยการพบปะกับกลุ่มผู้นำชุมชน ผู้นำกลุ่มองค์กรที่เกี่ยวข้องกับการอนุรักษ์ป่าสาคู เพื่อสอบถามข้อมูลชาวบ้านที่อาศัยในพื้นที่อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง และอำเภอนาโยง จังหวัดตรัง ที่มีการใช้ประโยชน์ ส่วนต่างๆ ของต้นสาคู ทั้งอุปโภค บริโภค และจำหน่ายในพื้นที่จำนวนทั้งหมด 58 ครัวเรือน จาก 6 ตำบล โดยไม่มีการสุ่มตัวอย่าง
2. การเก็บข้อมูลในครั้งนี้ ผู้วิจัยเก็บข้อมูลทุกครัวเรือนที่มีการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคู ซึ่งดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบสอบถามประกอบการสัมภาษณ์ทั้งหมด 58 ครัวเรือน
3. เครื่องมือในการวิจัย ได้แก่ แบบสอบถามซึ่งมีทั้งหมด 9 หน้าแบ่งออกเป็น 6 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 ข้อมูลทั่วไปของผู้ตอบแบบสอบถาม ส่วนที่ 2 ส่วนต่างๆ ที่ใช้ประโยชน์ของต้นสาคู ส่วนที่ 3 การซื้อขายต้นสาคู ส่วนที่ 4 การเตรียมตัวในการเข้าใช้ประโยชน์ต้นสาคู ส่วนที่ 5 ต้นทุนทั้งหมดในการเข้าใช้ประโยชน์ต้นสาคูในรอบปีที่ผ่านมา และส่วนที่ 6 ความรู้สึกของคนกับการใช้ประโยชน์ต้นสาคู
4. การวิเคราะห์ข้อมูลการประเมินมูลค่าทางเศรษฐกิจวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของปริมาณรวม มูลค่ารวมทางเศรษฐกิจ มูลค่าสุทธิทางเศรษฐกิจและต้นทุนรวมที่เกิดจากการเข้าใช้ประโยชน์ต้นสาคู คิดคำนวณได้จากสมการที่ 1

$$\text{มูลค่าทั้งหมด} = \sum_{j=1}^{58} \sum_{i=1}^n Q_i \times P_i \quad (1)$$

โดยที่ Q_i คือ ปริมาณการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคูทั้งหมดส่วนที่ i ของกลุ่มตัวอย่าง P_i คือ ราคาตลาดท้องถิ่นต้นสาคูส่วนที่ i i คือ ส่วนต่างๆ ของต้นสาคู j คือ ครัวเรือนกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคู n คือ จำนวนส่วนต่างๆ ของต้นสาคูทั้งหมดที่มีการใช้ประโยชน์

คำนวณหาต้นทุนทั้งหมดของชาวบ้านที่เข้าไปใช้ประโยชน์จากต้นสาคู คิดคำนวณได้จากสมการที่ 2

$$\text{ต้นทุนทั้งหมด} = \sum_{j=1}^{58} \sum_{i=1}^n C_i \quad (2)$$

โดยที่ C_i คือ ต้นทุนในการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคู i คือ ต้นทุนในการใช้ประโยชน์ทางตรงส่วนต่างๆ ของต้นสาคู j คือ ครัวเรือนที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคู n คือ จำนวนต้นทุนของการใช้ประโยชน์ทางตรงส่วนต่างๆ ของต้นสาคู

เมื่อกำหนดมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมทั้งหมดและต้นทุนรวมทั้งหมดแล้ว จึงคำนวณหาผลมูลค่าทางเศรษฐกิจสุทธิในการใช้ประโยชน์จากต้นสาคูในพื้นที่ของชาวบ้านได้ แสดงการคำนวณในสมการที่ 3

เมื่อคำนวณมูลค่าทางเศรษฐกิจรวมทั้งหมดและต้นทุนรวมทั้งหมดแล้ว จึงคำนวณหาผลมูลค่าทางเศรษฐกิจสุทธิในการใช้ประโยชน์จากต้นสาครในพื้นที่ยังชาวบ้านได้ แสดงการคำนวณในสมการที่ 3

$$\text{มูลค่าทางเศรษฐกิจสุทธิ} = \sum_{j=1}^{58} \left[\sum_{i=1}^n Q_{ij} \times P_i \right] - \left[\sum_{i=1}^n C_i \right] \quad (2)$$

หรือ = มูลค่าทางเศรษฐกิจรวมทั้งหมดของประชากร - ต้นทุนรวมทั้งหมดของประชากร

ผลการวิจัย

1. ข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคร

1.1 ข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคร อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านทั้งหมด 12 ครอบครัวจาก 3 ตำบลพบว่า ชาวบ้านส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 75 เพศชาย ร้อยละ 25 นับถือศาสนาพุทธร้อยละ 100 สถานภาพสมรสแล้ว ร้อยละ 100 ช่วงอายุมากที่สุด คือ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 75 มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 83 สมาชิกในครอบครัวมากที่สุด 4 คน ร้อยละ 42 เก็บหาของป่าเป็นอาชีพเสริม ร้อยละ 83 ระยะเวลาการใช้ประโยชน์อยู่ในช่วงต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 50 มีรายได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง 8,001-12,000 บาท ร้อยละ 42 อยู่ในสถานะสมาชิกของครอบครัว ร้อยละ 75 ระยะเวลาการอาศัยในพื้นที่มากที่สุด คือ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 67 ทราบเส้นทางจากการบอกเล่าของบรรพบุรุษ/พ่อแม่ ร้อยละ 100 โดยใช้ประโยชน์จากแหล่งบ้านชาคลอง ร้อยละ 100 และการรวมกลุ่มเพื่อเก็บหาพบว่าชาวบ้านทั้งหมดเดินเก็บหาเพียงคนเดียว ร้อยละ 100

1.2 ข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคร อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง จากการสัมภาษณ์ชาวบ้านทั้งหมด 46 ครอบครัวจาก 3 ตำบล พบว่า ชาวบ้านส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง ร้อยละ 70 เพศชาย ร้อยละ 30 นับถือศาสนาพุทธ ร้อยละ 100 สถานภาพสมรสแล้ว ร้อยละ 100 อายุ ช่วงอายุที่มากที่สุด คือ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 59 มีการศึกษาอยู่ในระดับประถมศึกษา ร้อยละ 63 สมาชิกในครอบครัวมากที่สุด 5 คน ร้อยละ 28 เก็บหาของป่าเป็นอาชีพเสริม ร้อยละ 93 ระยะเวลาการใช้ประโยชน์ อยู่ในช่วงต่ำกว่า 20 ปี ร้อยละ 50 มีรายได้เฉลี่ยอยู่ในช่วง ต่ำกว่า 4,000-4,001 บาท ร้อยละ 30 อยู่ในสถานะสมาชิกของครอบครัว ร้อยละ 72 ระยะเวลาการอาศัยในพื้นที่มากที่สุด คือ 60 ปีขึ้นไป ร้อยละ 45 ทราบเส้นทางจากการบอกเล่าของบรรพบุรุษ/พ่อแม่ ร้อยละ 67 โดยใช้ประโยชน์จากแหล่งริมคลองลำหาน ร้อยละ 96 และการรวมกลุ่มเพื่อเก็บหาพบว่าชาวบ้านส่วนใหญ่เดินเก็บหาเพียงคนเดียว ร้อยละ 80

2. ผลการศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคร

2.1 ลักษณะการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาครในพื้นที่อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง พบว่า ส่วนต่างๆ ของต้นสาครที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์ทั้งหมดมีจำนวน 2 ชนิด สามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดทั้งปี แตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของต้นสาครนั้นๆ ส่วนของต้นสาครที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ใบสาคร และ ลำต้นสาคร ตามลำดับ สามารถสรุปได้ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु ในพื้นที่อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง

ส่วนต่างๆ ของต้นสาकु	หน่วย	ชาวบ้านที่เก็บหาทั้งหมด		ปริมาณเฉลี่ย (หน่วยต่อปี)
		ราย	ร้อยละ	
1. ใบสาकु	กก.	7	58	96,930
2. ลำต้นสาकु	กก.	5	42	79,080

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

2.2 ลักษณะการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकुในพื้นที่อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง พบว่า ส่วนต่างๆ ของต้นสาकुที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์ทั้งหมดมีจำนวน 3 ชนิด สามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดทั้งปี แตกต่างกันไปตามลักษณะการใช้ประโยชน์ ซึ่งขึ้นอยู่กับอายุของต้นสาकुนั้นๆ สำหรับส่วนของต้นสาकुที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ใบสาکورองลงมาคือลำต้นสาकु และผิวทางใบสาकु ตามลำดับ โดยสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु ในพื้นที่อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง

ส่วนต่างๆ ของต้นสาकु	หน่วย	ชาวบ้านที่เก็บหาทั้งหมด		ปริมาณเฉลี่ย (หน่วยต่อปี)
		ราย	ร้อยละ	
1. ใบสาकु	กก.	28	61	154,200
2. ลำต้นสาकु	กก.	16	35	24,780
3. ผิวทางใบสาकु	กก.	2	4	2,160

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

จากข้อมูลด้านการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकुทั้งหมด พบว่าส่วนต่างๆ ที่ชาวบ้านเก็บหามาใช้ประโยชน์มีทั้งหมด 3 ชนิด ได้แก่ ใบสาकु ลำต้นสาकु และผิวทางใบสาकु พบมากที่สุด คือ ใบสาकु สามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดปี โดยจะเก็บหาเพื่อนำมาแปรรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้และจำหน่ายในหมู่บ้าน วิธีการเก็บจะใช้มีดพร้าตัดส่วนโคนของทางสาकु จากนั้นเลือกตัดเอาเฉพาะส่วนใบสาکورองลงมา คือ ลำต้นสาकु สามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดปี โดยจะเก็บหาเพื่อนำมาแปรรูปเป็นอาหารและจำหน่ายในหมู่บ้าน วิธีการเก็บหาจะเลือกต้นที่มีความสมบูรณ์ซึ่งส่วนใหญ่มักจะเลือกต้นสาकुที่มีอายุมากเนื่องจากต้นสาकुยิ่งอายุมากใส่ในลำต้นก็จะมีแฉกเพิ่มขึ้นมากเท่านั้นโดยใช้เลื่อยยนต์ตัดโคนลงมาและตัดแบ่งเป็นท่อนๆ ยาวประมาณ 50 เซนติเมตรแล้วเก็บใส่กระสอบหรือใส่คานหาบและผิวทางใบสาकु สามารถใช้ประโยชน์ได้ตลอดปี โดยจะเก็บหาเพื่อนำมาแปรรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้และจำหน่ายในหมู่บ้าน วิธีการเก็บหาจะใช้มีดพร้าตัดส่วนโคนของทางสาकु จากนั้นเลือกตัดส่วนปลายออก ความยาวประมาณ 3 เมตร แบ่งออกเป็นซี่ๆ ความกว้างประมาณ 2 เซนติเมตร ความหนาประมาณ 1 เซนติเมตร

3. ผลการประเมินมูลค่าของต้นสาकुที่ชาวบ้านนำมาใช้ประโยชน์

3.1 มูลค่ารวมของการใช้ประโยชน์จากต้นสาकुในพื้นที่อำเภอควนขนุน จังหวัดพัทลุง เพื่อนำมาอุปโภคบริโภคและจำหน่าย สามารถคิดเป็นมูลค่าแยกตามการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของต้นสาकु โดยสรุปดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ปริมาณ ราคา และมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงจากต้นสาคร อำเภอกวนขนุน จังหวัดพัทลุง

ชนิด	หน่วย	ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	ปริมาณเฉลี่ย (ครัวเรือนต่อปี) (หน่วย)	มูลค่าเฉลี่ย (ครัวเรือนต่อปี) (บาท)	ปริมาณทั้งหมด (ครัวเรือนต่อปี) (หน่วย)	มูลค่าทั้งหมดต่อปี
1. ใบสาคร	กก.	18.57	96,930	203,591	678,510	1,425,150
2. ลำต้นสาคร	กก.	12.4	79,080	217,632	395,400	1,088,160
รวม						2,513,310

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม (ยกเว้นข้อมูลราคา)

3.2 มูลค่ารวมของการใช้ประโยชน์จากต้นสาครในพื้นที่อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง เพื่อนำมาอุปโภค บริโภค และจำหน่าย สามารถคิดเป็นมูลค่าแยกตามการใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของต้นสาคร โดยสรุปดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ปริมาณ ราคา และมูลค่าการใช้ประโยชน์ทางตรงจากต้นสาคร อำเภอนาโยง จังหวัดตรัง

ชนิด	หน่วย	ราคาเฉลี่ยต่อหน่วย (บาท)	ปริมาณเฉลี่ย (ครัวเรือนต่อปี) (หน่วย)	มูลค่าเฉลี่ย (ครัวเรือนต่อปี) (บาท)	ปริมาณทั้งหมด (ครัวเรือนต่อปี) (หน่วย)	มูลค่าทั้งหมดต่อปี
1. ใบสาคร	กก.	21.25	154,200	64,580.36	4,317,600	1,808,250
2. ลำต้นสาคร	กก.	13.31	24,780	20,857.50	396,480	333,720
3. ผิวทางใบสาคร	กก.	60.00	2,160	4,407.00	4,320	8,814
รวม						2,150,784

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม (ยกเว้นข้อมูลราคา)

การใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาครทั้งหมดของชาวบ้าน พบว่ามูลค่าของใบสาคร มากเป็นลำดับที่ 1 คิดเป็นมูลค่าทั้งหมด เท่ากับ 3,233,400 บาทต่อปี ลำดับที่ 2 คือ ลำต้นสาคร คิดเป็นมูลค่าทั้งหมด เท่ากับ 1,421,880 บาทต่อปี และลำดับที่ 3 คือผิวทางใบสาคร คิดเป็นมูลค่าทั้งหมด เท่ากับ 8,814 บาทต่อปี ตามลำดับ คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมด เท่ากับ 4,664,094 บาทต่อปี เฉลี่ยเท่ากับ 80,415 บาทต่อคนต่อปี โดยแยกเป็นแต่ละประเภทดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 มูลค่ารวมด้านการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकुทั้งหมด

ประเภทของการใช้ประโยชน์	มูลค่ารวม
ใบสาकु	3,233,400
ลำต้นสาकु	1,421,880
ผิวทางใบสาकु	8,814
รวม	4,664,094

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปัดเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

4. ต้นทุนรวมจากการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु

ต้นทุนรวม ต้นทุนรวมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकुทั้งหมดประกอบด้วย ต้นทุนด้านอุปกรณ์ ต้นทุนด้านแรงงาน และต้นทุนด้านการเดินทาง โดยมีรายละเอียดดังนี้

ต้นทุนด้านอุปกรณ์ ต้นทุนด้านอุปกรณ์ ในรอบ 1 ปี สามารถนำมาคิดคำนวณมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจรวมเฉลี่ยเท่ากับ 1,878 บาทต่อคนต่อปี และคิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 22,347 บาทต่อปี

ต้นทุนด้านแรงงาน ต้นทุนด้านแรงงาน ในรอบ 1 ปีสามารถนำมาคิดคำนวณมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจรวมเฉลี่ยเท่ากับ 83,260 บาทต่อคนต่อปี และคิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 712,800 บาทต่อปี

ต้นทุนด้านการเดินทาง ต้นทุนด้านค่าเดินทางในรอบ 1 ปี สามารถนำมาคิดคำนวณมูลค่าทางด้านเศรษฐกิจรวมเฉลี่ยเท่ากับ 18,114 บาทต่อคนต่อปี และคิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 135,063 บาทต่อปี

ต้นทุนรวมทั้งหมด ต้นทุนรวมทั้งหมดในรอบ 1 ปี เฉลี่ยเท่ากับ 103,252 บาทต่อคนต่อปี และคิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 870,210 บาทต่อปี

มูลค่าสุทธิ สามารถคำนวณได้จากมูลค่าทั้งหมดของต้นสาकुที่ชาวบ้านเก็บหาเพื่อใช้ประโยชน์ทั้ง 3 ส่วน ลบด้วยต้นทุนที่ใช้ในการเข้าไปใช้ประโยชน์

มูลค่ารวมของใบสาकु เท่ากับ 3,233,400 บาทต่อปี มูลค่ารวมของลำต้นสาकुเท่ากับ 1,421,880 บาทต่อปี และมูลค่ารวมของผิวทางใบสาकुเท่ากับ 8,814 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่ารวมทั้งหมดเท่ากับ 4,664,094 บาทต่อปี เฉลี่ยเท่ากับ 80,415 บาทต่อคนต่อปี

ต้นทุนรวมทั้งหมดที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकुพบว่า ต้นทุนรวมด้านอุปกรณ์เท่ากับ 22,347 บาทต่อปี ต้นทุนรวมด้านแรงงานเท่ากับ 712,800 บาทต่อปี และต้นทุนรวมด้านการเดินทางเท่ากับ 135,063 บาทต่อปี คิดเป็นต้นทุนรวมทั้งหมดเท่ากับ 870,210 บาทต่อปี ดังนั้นมูลค่าสุทธิของต้นสาकुที่ชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์เท่ากับ 5,386,287 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ย เท่ากับ 92,867 บาทต่อคนต่อปี ดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 มูลค่าสุทธิด้านการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकुทั้งหมด

รายการ	มูลค่าเฉลี่ยต่อคนต่อปี	มูลค่ารวมทั้งหมดต่อปี
1. มูลค่ารวมทั้งหมด		
1.1 มูลค่ารวมของใบสาकु	92,383	3,233,400
1.2 มูลค่ารวมของลำต้นสาकु	67,708	1,421,880
1.3 มูลค่ารวมของผิวทางใบสาकु	4,407	8,814
รวม	164,498	4,664,094
2. ต้นทุนรวมทั้งหมด		
2.1 ต้นทุนรวมด้านอุปกรณ์	385	22,347
2.2 ต้นทุนรวมด้านแรงงาน	12,290	712,800
2.3 ต้นทุนรวมด้านการเดินทาง	2,329	135,063
รวม	15,004	870,210
3. มูลค่าสุทธิทั้งหมด	149,494	3,793,884

หมายเหตุ: ข้อมูลตัวเลขในตาราง ได้ปรับเศษทศนิยมให้เป็นจำนวนเต็ม

การอภิปรายผล

1. อภิปรายผลการศึกษาข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु

ข้อมูลสภาพทางสังคมและเศรษฐกิจของชาวบ้านที่ใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง ส่วนใหญ่เป็นเพศหญิง อยู่ในสถานะเป็นสมาชิกของครอบครัว โดยเป็นครอบครัวขนาดกลางมากที่สุด ซึ่งมีจำนวนสมาชิก 4-5 คน ซึ่งมีอายุ 60 ปีขึ้นไป ระดับการศึกษา ส่วนใหญ่อยู่ในระดับประถมศึกษา ประกอบอาชีพทำสวนยางพาราและสวนผลไม้เป็นอาชีพหลัก ซึ่งพบว่ามีรายได้น้อย เฉลี่ยอยู่ในช่วง ต่ำกว่า 4,000-12,000 บาทต่อเดือนและใช้ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของต้นสาकुเป็นอาชีพเสริม ซึ่งชาวบ้านเข้าไปใช้ประโยชน์ในการเก็บหามาอุปโภค บริโภคและจำหน่ายในพื้นที่ เป็นการประหยัดค่าใช้จ่ายและสร้างรายได้ให้กับชาวบ้าน หากไม่มีทรัพยากรดังกล่าวก็จะเห็นได้ว่าในแต่ละปีชาวบ้านต้องสูญเสียรายได้ในส่วนดังกล่าวไป ถือได้ว่าต้นสาकुในพื้นที่มีความสำคัญและเป็นแหล่งสร้างรายได้ให้กับชาวบ้านเป็นอันดับต้นๆ ก็กล่าวได้

2. อภิปรายผลการศึกษาลักษณะการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาकु

ลักษณะการใช้ประโยชน์ทางตรงของชาวบ้านต่อต้นสาकु ในพื้นที่จังหวัดพัทลุงและจังหวัดตรัง เพื่อทราบถึงส่วนต่างๆ และปริมาณของต้นสาकुที่ชาวบ้านเก็บออกมาใช้ประโยชน์ในการอุปโภค บริโภค และจำหน่าย โดยใช้แบบสอบถามในการสัมภาษณ์ พบชนิดของการใช้ประโยชน์ของต้นสาकु 3 ชนิด ได้แก่ ใบสาकु ลำต้นสาकु และผิวทางใบสาकु โดยส่วนของต้นสาकुที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์มากที่สุด คือ ใบสาकुอาจเพราะมีราคาสูง เก็บหาง่าย วิธีการไม่ยุ่งยาก โดยวิธีการเก็บหาใบสาकुจะใช้มีดพร้าตัดส่วนโคนของทางสาकु จากนั้นเลือกตัดเอาเฉพาะส่วนใบสาकुซึ่งส่วนใหญ่จะนำมาแปรรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้และจำหน่ายในหมู่บ้าน

3. อภิปรายผลการประเมินมูลค่าของต้นสาครที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์

การประเมินมูลค่าของต้นสาครที่ชาวบ้านใช้ประโยชน์จากต้นสาครทั้งหมด พบว่ามูลค่าของใบสาคร มากเป็นลำดับที่ 1 คิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 3,233,400 บาทต่อปี เนื่องจากใบสาครนำมาแปรรูปเป็นเครื่องมือเครื่องใช้ ได้หลากหลายรูปแบบ เช่น การทอขนมจาก เย็บเป็นตับจากใช้มุงหลังคาและกันผาบ้าน ตับจากใบสาครมีความทนทานกว่าตับจากที่ใช้ใบปาล์มชนิดอื่นๆ โดยปกติตับจากใบสาครจะมีอายุการใช้ประโยชน์ 6-10 ปี และหากนำไปแช่น้ำประมาณ 15 วันถึง 1 เดือน ก่อนนำมาใช้งาน อาจใช้งานได้มากกว่า 10 ปี นับได้ว่าเป็นภูมิปัญญาที่อยู่คู่กับชาวบ้านในท้องถิ่นมายาวนาน ลำดับที่ 2 คือ ลำต้นสาคร คิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 1,421,880 บาทต่อปี และลำดับที่ 3 คือผิวทางใบสาคร คิดเป็นมูลค่าทั้งหมดเท่ากับ 8,814 บาทต่อปี ตามลำดับ มูลค่าการเก็บหาของต้นสาครทั้งหมด พบว่า มูลค่ารวมทั้งหมด เท่ากับ 4,664,094 บาทต่อปี คิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยทั้งหมด เท่ากับ 80,415 บาทต่อคนต่อปี และคิดเป็นมูลค่าเฉลี่ยเท่ากับ 6,701 บาทต่อคนต่อเดือนจะเห็นได้ว่าเป็นรายได้ที่เกิดจากการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาครเพียงอย่างเดียว ซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงความสำคัญของสาครที่มีต่อคนในพื้นที่เป็นอย่างมาก

4. อภิปรายต้นทุนรวมจากการใช้ประโยชน์ทางตรงของต้นสาคร

ต้นทุนที่มีรายได้สูงสุดคือต้นทุนด้านแรงงานจากข้อมูลการสอบถามจากชาวบ้านที่ใช้ประโยชน์จากต้นสาครตามชนิดต่างๆ ซึ่งบางชนิดใช้ระยะเวลาในการเก็บหาค่อนข้างนาน บางครั้งใช้เวลา 6 ชั่วโมง มีขั้นตอนที่ย่างยากซับซ้อน รongลงมา คือต้นทุนค่าเดินทางซึ่งคิดจากระยะทางจากบ้านถึงเขตป่าที่เก็บหา รวมระยะทางในการขนส่ง ทั้งเดินเท้าและใช้ยานพาหนะ โดยส่วนใหญ่เก็บหาจากแหล่งพื้นที่ซึ่งไม่ห่างไกลจากบ้าน ทำให้ค่าใช้จ่ายไม่สูงมากนัก และต้นทุนที่มีรายได้น้อยที่สุดคือต้นทุนค่าอุปกรณ์ เพราะราคาสูงไม่มากนัก ประกอบกับสามารถใช้อุปกรณ์ซ้ำๆ กันได้

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยครั้งนี้ทำให้ทราบถึงคุณค่า และมูลค่าทางเศรษฐกิจของการใช้ประโยชน์จากต้นสาครเป็นพื้นฐานในการต่อยอดความรู้ให้เกิดการอนุรักษ์เพื่อความยั่งยืนต่อไป ควรมีการส่งเสริมให้มีการปลูกทดแทนต้นสาครที่ชาวบ้านมีการใช้ประโยชน์ รวมถึงควรขยายพื้นที่การปลูกต้นสาครเพิ่มขึ้นจากเดิมเพื่อให้มีการกระจายตัวของต้นสาครในพื้นที่เพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังควรส่งเสริมให้เกิดการถ่ายทอดความรู้วิธีการใช้ประโยชน์ต้นสาคร ที่ก่อให้เกิดคุณค่าและมูลค่าทางเศรษฐกิจ ซึ่งนับได้ว่าเป็นภูมิปัญญาท้องถิ่นที่ควรได้รับการเผยแพร่ สืบทอดสู่คนรุ่นหลังต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนา มหาวิทยาลัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา โครงการพัฒนาบุคลากรด้านความหลากหลายทางชีวภาพ ประจำปี 2557

เอกสารอ้างอิง

- [1] วรรณณี จันทร์แก้ว. (2549). การวิจัยนิเวศวิทยาแหล่งน้ำ เพื่อสร้างองค์ความรู้ในการฟื้นฟูป่าสาकु. คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย.
- [2] Flach, M. (1997). **Sago Palm**: (Metroxylon Sagu Rottb.) Rome : IPGRI.
- [3] กัญจนสม์ พาพล และนิพนธ์ ใจปลื้ม. (2554). “ความอุดมสมบูรณ์ของดินในป่าปาล์มสาकु”, วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร. 42(2), 49–52.
- [4] ปิ่น จันจุฬา. (2542). “ต้นสาकु: พืชท้องถิ่นภาคใต้ที่น่าสนใจ”, วารสารวิชาการเกษตร. 17, 213-221.
- [5] พิรศักดิ์ วรสุนทรโรสด และคณะ. (2544). **ทรัพยากรพืชในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ 9: พืชให้คาร์โบไฮเดรตที่ไม่ใช่เมล็ด**. กรุงเทพฯ: สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย.
- [6] นิพนธ์ ใจปลื้ม. (2549). **การจัดการป่าปาล์มสาकुโดยมีส่วนร่วมของชุมชน**. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติ.

ดัชนี (Index)

ดัชนีผู้เขียน (Author Index)

หน้า

กนกพร สังขรักษ์	Kanokphorn Sangkharak	1
กานต์ธิดา บุญลอย	Kantida Boonloy	81
จารุวัตร จันทร์ประดิษฐ์	Charuvat Chanpradit	81
ทวีภรณ์ ศิริคช	Thaweeporn Keereekoch	9, 53
ทวีสินธุ์ ตั้งแข่ง	Taweesin Tungseng	67
ทิพย์ทิวา สัมพันธมิตร	Tiptiwa Sumpunthamit	33
เทพกร พิทยาภินันท์	Teppagone Pittayapinune	89
ธวัชชัย ศรีสุวรรณ	Thawatchai Srisuwan	9, 53
เธียรศักดิ์ ชูชีพ	Thiensak Chucheep	23
นงเยาว์ เมืองดี	Nongyao Muangdee	23
นริศรา มหาธินวงศ์	Narissara Mahathaninwong	23
พนิดา กังซุ่น	Panita Kongsune	43
พนิดา สุมานะตระกูล	Panita Sumanatrakul	43
พจน์พิตดา ศรีสมพงษ์	Phatpitta Sreesoompong	67
ภูริวัฒน์ เพ็ชรนิคม	Phuriwat Petnikom	23
มูรณี สาละแม	Murnee Salaemae	53
รุษมานีย์ ขุนแผน	Rusmanee Khunphan	9
ฤดีดาว ช่างสาน	Ruedidao Changsan	89
ลักขณา โชติธรรม	Lakana Chotitham	43
วัฒนณรงค์ มากพันธ์	Wattananarong Markphan	99
วราชต์ มัธยมบุรุษ	Warach Matthayomburut	67
ศุภชัย นิตินันท์	Supachai Nitipan	81
สนั่น ศุภธีรสกุล	Sanan Subhadhirasakul	9, 53
สมมาศ วิลไพรสงค	Sommart Wilaiprasong	89
สุภภา ศิริรัฐนิคม	Suphada Kiriratnikom	33
สุริยะ จันทร์แก้ว	Suriya Chankaew	99
สุวณี ปฏิมินทร์	Suwanee Patimin	9
อนิศา ยาหาหมัน	Anisa Yayaman	9
อนุพงษ์ สุวรรณมณี	Anupong Suwanmanee	23
อัสมะ ดาโอ	Asma Da-o	53
อัสลัมนา สาละ	Aslamna Saleh	53
อานุช ศิริรัฐนิคม	Anut Kiriratnikom	33

ดัชนี (Index)

ดัชนีผู้เขียน (Author Index)

หน้า

อิชยาน จีเกษม	Izyan Chikasem	53
อุดม ทิพย์รักษ์	Udom Tiprug	99
เอกพัฒน์ ช่วยเมือง	Akkapat Chuaymeung	23
โอภาส ชูบุตร	Aophat Choonut	1
ฮันนา ดินเตบ	Hanna Dinteb	9

ดัชนีคำสำคัญ

หน้า

การคัดกรอง	89
การแช่โพแทสเซียมเปอร์แมงกาเนต	9
การตัดสินใจ	89
การท่องเที่ยวโดยชุมชน	67
การนั่งฆ่าเชื้อ	9, 53
การปลดปล่อยธาตุอาหาร	33
การพัฒนาระบบสารสนเทศ	67
การย่อยสลาย	33
ชิง	9
คุณภาพของผงไพล	53
เครื่องกรีดยางอัตโนมัติ	23
โครโมโซม	81
โคลชิซิน	81
ต่างทับทิม	53
ถ่านกัมมันต์	43
น้ำกากส่า	1
น้ำเสีย	1
ใบมีดกรีดยาง	23
ใบมีดกรีดยางแบบวงกลม	23
ปัจจัย	89
ป่าชุมชนบ้านหนองหิน	33
พูเซลออยล์	1

ดัชนี (Index)

ดัชนีคำสำคัญ

หน้า

มะพร้าววนกุ่ม	81
มะเร็งปากมดลูก	89
ไม้ไผ่ตงลิ้มแล้ง	43
ระบบสารสนเทศ	67
วิธีไมโครเวฟ	43
สาคุ (พืช)	99
เอทานอล	1

Keywords Index

page

Activated Carbon	44
Automatic Rubber Tapping Machine	24
Ban Nong-Tin Community Forest	34
Cassumunar Ginger Powder Quality	54
Cervical Cancer	90
Chromosome	82
Circular Rubber Tapping Blade	24
Colchicine	82
Community-Based Tourism	68
Decision	90
Dendrocalamus Asper Backer Bamboo	44
Ethanol	2
Factors	90
Fusel Oil	2
Ginger	10
Information System	68
Information System Development	68
Liquid Stillage	2
Litter Decomposition	34
Microwave Method	44

ดัชนี (Index)

Keywords Index	page
<i>Molineria</i> sp.	82
Nutrient Release	33
Potassium Permanganate (KMnO_4)	54
Potassium Permanganate Soaking	10
Rubber Tapping Blade	24
Sago Palm	99
Screening Cervical	90
Steam Sterilization	10, 54
Waste Water	2

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ต้นฉบับบทความวิจัย บทความวิชาการที่ตีพิมพ์ในวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ ปีที่ 19 ฉบับที่ 2 (เดือนกรกฎาคม – ธันวาคม 2559) ได้รับการตรวจแก้ไขจากผู้ทรงคุณวุฒิดังรายนามต่อไปนี้

- | | |
|---------------------------------|--|
| 1. รศ.ดร.กล้าณรงค์ ศรีรอด | คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 2. รศ.ดร.เพ็ญจิตร ศรีนพคุณ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 3. รศ.ดร.วันดี รังสิวิจิตรประภา | คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 4. รศ.ดร.สัมฤทธิ์ ไม้พวง | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 5. รศ.ดร.อรพิน เกิดชูชื่น | คณะทรัพยากรชีวภาพและเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี |
| 6. รศ.นพ.จิตติ ชาญประเสริฐพงษ์ | คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 7. รศ.นิพนธ์ ใจปลื้ม | คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย |
| 8. รศ.ลัดดา เอกสมทราเมษฐ์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 9. ผศ.ดร.จารุวรรณ ธนวิรุฬห์ | คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี |
| 10. ผศ.ดร.ณัฐวุฒิ ดุษฎี | วิทยาลัยพลังงานทดแทน มหาวิทยาลัยแม่โจ้ |
| 11. ผศ.ดร.นพมาศ ปักเข็ม | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 12. ผศ.ดร.ปิยะรัตน์ บุญแสง | คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 13. ผศ.ดร.พงษ์พิสิฐ วุฒิชัยโชติ | คณะเทคโนโลยีสารสนเทศ
มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ |
| 14. ผศ.ดร.พยุงค์ดี จุลยุเสนา | สำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี |
| 15. ผศ.ดร.วิมา นุกูลการ | คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 16. ผศ.ดร.สมเกียรติยศ วรเดช | คณะวิทยาการสุขภาพและการกีฬา มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 17. ผศ.ดร.สมพงษ์ โอทอง | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยทักษิณ |
| 18. ผศ.ดร.สุพรรณฎิกา เสี่ยงสาย | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศิลปากร |
| 19. ผศ.ดร.อรสา เตดีวัฒน์ | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร |
| 20. ผศ.ดร.อำนาจ เปาะทอง | คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ |
| 21. ผศ.นฤทธิ์ คชฤทธิ์ | คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี |
| 22. อ.ดร.อำพล อาภาธนากร | โครงการด้านนวัตกรรมพลังงาน
สำนักงานนวัตกรรมแห่งชาติ (องค์การมหาชน) |
| 23. นางจันทร์จรัส วีรสาร | ศูนย์ปฏิบัติการวิจัยและเรือนปลูกพืชทดลอง
(ศูนย์วิจัยและบริการวิชาการ) คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ |
| 24. นายธนิตย์ หนูยิ้ม | สำนักงานทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม (ทส.) จังหวัดสตูล |

ข้อมูลทั่วไปของวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

ลักษณะของวารสาร

วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ เป็นวารสารเผยแพร่ผลงานวิจัยและบทความวิชาการ สาขาวิชาสหวิทยาการ ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ของบุคลากร นักวิจัยในมหาวิทยาลัยทักษิณและหน่วยงานต่างๆ

ข้อแนะนำทั่วไป

1. เรื่องที่รับพิมพ์ในวารสารวิจัยนี้ต้องไม่เคยเผยแพร่ในวารสาร รายงานหรือสิ่งพิมพ์อื่นใดมาก่อน
2. ผู้ส่งบทความเพื่อตีพิมพ์ในวารสารนี้จะต้องเป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณเท่านั้น ยกเว้นบทความพิเศษ ที่กองบรรณาธิการพิจารณาให้ได้รับการยกเว้น
3. ต้นฉบับจะเขียนเป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษก็ได้ แต่ถ้าเป็นผลงานการวิจัยต้องมีบทคัดย่อทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ
4. เนื้อหา บทความ หรือข้อคิดเห็นที่พิมพ์ในวารสารเป็นความคิดเห็นของผู้เขียนเท่านั้น กองบรรณาธิการไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย
5. ต้นฉบับจะต้องได้รับการกลั่นกรองจากผู้ทรงคุณวุฒิก่อนการตีพิมพ์

ประเภทของผลงานที่จะรับตีพิมพ์

1. บทความวิจัย (Research Articles)
2. บทความวิชาการ (Articles)
3. จดหมายถึงบรรณาธิการ (Letter to Editor) เพื่อแสดงความคิดเห็นสนับสนุนหรือโต้แย้งความเห็นของนักวิจัยอื่นๆ ตลอดจนการเผยแพร่ความรู้และประสบการณ์ที่น่าสนใจ

รูปแบบการเตรียมต้นฉบับ

1. ต้นฉบับต้องพิมพ์บนกระดาษขาว ขนาด A4 พิมพ์หน้าเดียว ใส่เลขหน้ากำกับหน้าทุกหน้า โดยใช้แบบอักษร Angsana New ขนาดตัวอักษร 14 ความยาวของเนื้อหา รวมภาพ ตาราง ไม่ควรเกิน 8 หน้า

2. การตั้งค่าหน้ากระดาษ

- | | | | | |
|-------------------------------|------|------|------|----------------|
| • ระยะขอบบน (Top margin) | ขนาด | 1" | หรือ | 2.54 เซนติเมตร |
| • ระยะขอบล่าง (Bottom margin) | ขนาด | 1" | หรือ | 2.54 เซนติเมตร |
| • ระยะขอบซ้าย (Left margin) | ขนาด | 1.5" | หรือ | 3.00 เซนติเมตร |
| • ระยะขอบขวา (Right margin) | ขนาด | 1" | หรือ | 2.54 เซนติเมตร |

3. การส่งต้นฉบับ มี 3 ช่อง ดังนี้

ช่องทางที่ 1 ส่งทางไปรษณีย์ ส่งต้นฉบับ (เอกสาร) จำนวน 1 ชุด พร้อมแนบแผ่นบันทึกข้อมูล (CD) ประกอบด้วยไฟล์ข้อมูลเรื่องเต็มรูปแบบ WORD. และ PDF. อย่างละ 1 ไฟล์ พร้อมใบสมัครสมาชิกมายังกองบรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ เลขที่ 222 หมู่ 2 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอบางพลาย จังหวัดพัทลุง 93210

ช่องทางที่ 2 ส่งทาง E-mail address: research.tsu@gmail.com ให้แนบไฟล์ข้อมูลเรื่องเต็มรูปแบบ WORD. และ PDF. อย่างละ 1 ไฟล์ พร้อมใบสมัครสมาชิก

ช่องทางที่ 3 ส่งทางระบบ การจัดการวารสารออนไลน์ Thai Journals Online (ThaiJO) สามารถเข้าไปได้ <https://www.tci-thaijo.org/index.php/tsujournal>

ส่วนเอกสารการชำระเงินให้ส่งทางไปรษณีย์มายังกองบรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ เลขที่ 222 หมู่ 2 ตำบลบ้านพร้าว อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210 โทรศัพท์ 074-609600 ต่อ 7242 โทรสาร 074-609654-5

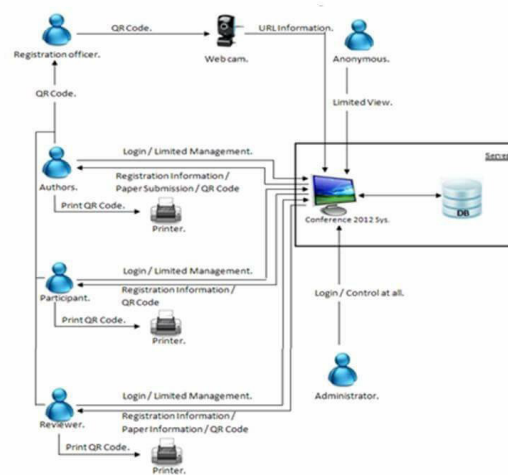
รายละเอียดการเตรียมต้นฉบับ

บทความวิจัยให้เรียงลำดับตามองค์ประกอบดังนี้

1. **ชื่อเรื่อง (Title)** ต้องมีทั้งภาษาไทย และภาษาอังกฤษ และจัดให้อยู่กึ่งกลางหน้ากระดาษ ชื่อภาษาอังกฤษ อักษรตัวแรกของทุกคำให้พิมพ์ด้วยตัวพิมพ์ใหญ่ และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 16 ตัวหนา
2. **ชื่อผู้เขียน (Authors)** ครบทุกคน และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ และให้จัดอยู่กึ่งกลางของ หน้ากระดาษ โดยให้กำกับหมายเลขยกกำลังไว้ต่อท้ายด้วย สำหรับชื่อตำแหน่งหรือตำแหน่งวิชาการ และ หน่วยงานให้พิมพ์ไว้ในส่วนของเชิงอรรถ (หน้าที่ 1) โดยพิมพ์ชื่อหน่วยงานต้นสังกัดระดับภาควิชา คณะ มหาวิทยาลัย หรือจากงานย่อย ถึงระดับสูงให้ตรงกับตัวเลขยกกำลังที่กำกับไว้ในหน้าเดียวกัน
3. **บทคัดย่อ และ Abstract** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ มีความยาวไม่เกิน 200 คำ และอยู่ในบทความ หน้าที่ 1 เท่านั้น และให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ
4. **คำสำคัญ (Keywords)** ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษให้เลือกคำสำคัญที่เกี่ยวข้องกับบทความไม่เกิน 3 คำ โดยพิมพ์ต่อจากส่วนเนื้อหาของบทคัดย่อ และ Abstract ให้ใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ และให้จัดชิดซ้ายของหน้ากระดาษ Keywords ให้ใช้ตัวเล็กทั้งหมดยกเว้นชื่อเฉพาะ
5. **เนื้อเรื่อง (Main Body)** ประกอบด้วยหัวข้อดังนี้
 - 1) บทนำ (Introduction) บอกความสำคัญหรือที่มาของปัญหา วัตถุประสงค์ของการวิจัยและอาจรวม การสำรวจเอกสาร (Review of Related Literature)
 - 2) วัสดุ อุปกรณ์และวิธีดำเนินการ (Materials and Methodology)
 - 3) ผลการวิจัย (Results)
 - 4) อภิปรายผล (Discussion)
 - * 3) และ 4) อาจเขียนรวมกันได้
 - 5) เอกสารอ้างอิง (References) ใช้การอ้างอิงแบบตัวเลข
6. **แบบเอกสาร** แสดงการอนุญาตให้ทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับความปลอดภัยทางชีวภาพ จรรยาบรรณ การใช้สัตว์ทดลอง หรือจริยธรรมของการทดลองในมนุษย์มาพร้อมกับบทความวิจัย
7. **การใช้คำย่อ สัญลักษณ์** คำย่อที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำเต็มเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นสามารถใช้คำย่อเหล่านั้นได้ตามปกติ ควรใช้ให้เหมาะสม หลีกเลี่ยงการใช้คำย่อที่ชื่อเรื่องและในบทคัดย่อ ไม่แนะนำให้ใช้คำย่อที่ใช้ไม่เกิน 4 ครั้ง ใน 1 บทความ สำหรับสัญลักษณ์ที่ใช้ในบทความจะต้องมีคำจำกัด ความหรือคำอธิบายเมื่อปรากฏเป็นครั้งแรกในบทความ หลังจากนั้นไม่จำเป็นต้องมีคำจำกัดความหรือ คำอธิบาย
8. **รูปภาพ** จัดชิดซ้ายของคอลัมน์ คำบรรยายรูปภาพให้พิมพ์ไว้ใต้รูปภาพตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ ควรเป็น ภาพถ่ายขาว-ดำที่ชัดเจน นอกจากจำเป็นจึงควรใช้ภาพสี คำบรรยายใต้ภาพ ใช้คำว่า ภาพที่ เป็นตัวหนา และคำบรรยายเป็นตัวอักษรปกติ และจัดกลางหน้ากระดาษ
9. **ตาราง** จัดชิดซ้ายของคอลัมน์ คำบรรยายตารางพิมพ์ไว้ด้านบนของหัวข้อตาราง และใช้ตัวอักษรขนาด 14 ตัวปกติ

ถ้ามีภาพประกอบ ควรเป็นภาพถ่ายขาว-ดำที่ชัดเจน นอกจากจำเป็นจึงควรใช้ภาพสี และถ้ามีภาพวาดลายเส้นให้วาดบนกระดาษขาว โดยใช้หมึกดำให้สะอาดและลายเส้นคมชัด

ตัวอย่างเช่น



ภาพที่ 1 แสดงขอบเขตของระบบ

ถ้ามีตารางใช้คำบรรยายบนตารางคำว่า ตารางที่ เป็นตัวหนา และจัดชิดขอบซ้าย
ตัวอย่างเช่น

ตารางที่ 1 ผลการทดสอบแบบ Black-box testing ส่วนหน้าระบบ

กรณีทดสอบ	ผลการทดสอบ
1. สามารถสมัครเป็นสมาชิกกับระบบได้ด้วยตนเอง	ผ่าน
2. สามารถดูข้อมูลทั่วไปของการประชุมวิชาการได้ เช่น รูปแบบกิจกรรม อัตราค่าลงทะเบียน รายชื่อผู้ลงทะเบียน ฯ	ผ่าน
3. ผู้เข้าร่วมการประชุมสามารถแก้ไขข้อมูลการลงทะเบียนของตนได้ เช่น ที่อยู่สำหรับออกใบเสร็จรับเงิน ชื่อ-สกุล ฯ	ผ่าน
4. ผู้เข้าร่วมการประชุม (นำเสนอผลงานวิจัย) สามารถแนบไฟล์ผลงานวิจัยผ่านเว็บไซต์ได้	ผ่าน
5. ผู้เข้าร่วมการประชุม (นำเสนอผลงานวิจัย) สามารถดูผลการประเมินจากผู้ทรงคุณวุฒิผ่านเว็บไซต์ได้	ผ่าน

ถ้าเป็นภาพวาดลายเส้นให้วาดบนกระดาษขาวโดยใช้หมึกดำให้สะอาดและลายเส้นคมชัด

การอ้างอิง (References) แบบตัวเลข

การอ้างอิงแบบตัวเลข ใช้วิธีการดังนี้

1. ใส่ตัวเลขกำกับไว้ในเครื่องหมาย [] ท้ายข้อความหรือชื่อบุคคลที่อ้างอิง โดยให้ตัวเลขอยู่ในระดับบรรทัดเดียวกันกับเนื้อหา เช่น [1]
2. ให้ใส่ตัวเลขอ้างอิงเรียงลำดับตั้งแต่เลข 1 เป็นต้นไป ต่อเนื่องกัน และในกรณีที่มี การอ้างอิงซ้ำให้ใช้ตัวเลขเดิมที่เคยใช้อ้างมาก่อนแล้ว
3. แหล่งที่ใช้อ้างอิงทั้งหมดในบทความจะไปปรากฏอยู่ในเอกสารอ้างอิง (References) ทำยบบทความ โดยการเรียงลำดับตามหมายเลข และพิมพ์หมายเลขอยู่ในเครื่องหมาย []
4. กรณีที่อ้างอิงเอกสารหลาย รายการในคราวเดียวกัน
 - 4.1 อ้างอิงไม่เกิน 2 รายการให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น เช่น [1, 3] หรือ [1, 5]
 - 4.2 อ้างอิงเกิน 2 รายการและเป็นรายการที่ต่อเนื่องกันให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่น เช่น [1-3] หรือ [1-5]
 - 4.3 อ้างอิงเกิน 2 รายการและเป็นรายการทั้งต่อเนื่องและไม่ต่อเนื่อง ให้ใส่หมายเลขของเอกสารที่อ้างเรียงลำดับโดยใส่เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่นในกรณีไม่ต่อเนื่อง และเครื่องหมายยัติภังค์ (-) คั่นในกรณีต่อเนื่อง เช่น [1, 4-5]

การอ้างอิง ในเนื้อเรื่อง

การอ้างอิงในเนื้อเรื่อง ใช้ระบบตัวเลขอยู่ในวงเล็บ “[]” หลังข้อความที่อ้างถึง โดยตัวเลขดังกล่าวเรียงตามลำดับการอ้างอิง

ตัวอย่าง

1. การใช้ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยเชิงเดี่ยวบางชนิดนานและมากเกินไปมีผลทำให้ธาตุอาหารพืชบางชนิดขาดแคลน [1]...
2. Scherer [2] รายงานว่า...
3. และยังทำให้สมดุลของธาตุอาหารพืชในดินเสียไปด้วย [3-4]...

การอ้างอิงเอกสารอ้างอิง

1) หนังสือ

ชื่อผู้แต่ง./(ปี พ.ศ./ค.ศ.)./ชื่อหนังสือ./สถานที่พิมพ์./สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

- [1] มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- [2] Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L. and Nelson, W.L. (2005). **Soil Fertility and Fertilizers : an Introduction to Nutrient Management**. New Jersey. Pearson Education, Inc.,
 - * กรณีผู้แต่งคนไทย เขียนหนังสือภาษาอังกฤษ ให้ลงชื่อผู้แต่งเหมือนคนไทยที่แต่งหนังสือภาษาไทย
 - * กรณีหนังสือที่พิมพ์มากกว่า 1 ครั้ง ให้ระบุครั้งที่พิมพ์ด้วย โดยเขียนรูปแบบบรรณานุกรม ดังนี้

ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// ชื่อหนังสือ/ (ครั้งที่พิมพ์).// เมืองที่พิมพ์.:/ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

[3] มุกดา สุขสวัสดิ์. (2544). ความอุดมสมบูรณ์ของดิน (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.

2) บทความในวารสาร

ชื่อผู้เขียน.// (ปี พ.ศ./ค.ศ.).// “ชื่อบทความ”.// ชื่อวารสาร.// ปีที่/(ฉบับ)/หน้า.

ตัวอย่าง

[4] อุไรวรรณ ไอยสุวรรณ. (2549). “ผลของการปลูกสับปะรดต่อการเปลี่ยนแปลงสมบัติทางเคมีและกายภาพของชุดดินท่ายางในจังหวัดเพชรบุรี”, วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 29(2), 297-305.

[5] Scherer, H.W. (2001). Sulphur in crop production-invited paper1. *European Journal of Agronomy*. 14(3), 81-111.

3) บทความในรายงานการประชุมวิชาการ

ชื่อผู้แต่ง.// (ปีที่พิมพ์).// “ชื่อเรื่อง”, ใน/ชื่อการประชุม, เลขหน้า.// วันที่/เดือน/ปี/สถานที่ประชุม.// เมืองที่พิมพ์.:/ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

[6] อุษา อันทอง วิกัญดา ทองเนื้อแข็ง และอาภรณ์ ส่งแสง. (2557). “การพัฒนาระบบบำบัดน้ำเสียและผลิตก๊าซชีวภาพสำหรับน้ำเสียจากการผลิตยางแผ่นระดับครัวเรือน”, ใน การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยมหาวิทยาลัยทักษิณ ครั้งที่ 24 ประจำปี 2557, 18. วันที่ 21-24 พฤษภาคม 2557 ณ ศูนย์ประชุมนานาชาติฉลองสิริราชสมบัติครบ 60 ปี อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา. สงขลา : มหาวิทยาลัยทักษิณ.

4) บทความในหนังสือ

ชื่อผู้เขียนบทความ.// (ปีที่พิมพ์).// “ชื่อบทหรือบทความในหนังสือ”, ใน/ชื่อผู้แต่งหรือผู้รวบรวมหรือบรรณาธิการ(ถ้ามี).// ชื่อหนังสือ, เลขหน้า.// เมืองที่พิมพ์.:/ สำนักพิมพ์.

ตัวอย่าง

[7] อรนาถ จันทรโอภากร. (2550). “คอนเสิร์ตเดี่ยวจะเข้”, ใน เวิร์ด อักษรแก้ว (บรรณาธิการ). *Music talk*, 4-7. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์จิงเจริญการพิมพ์.

5) บทความในหนังสือพิมพ์

ชื่อผู้เขียนบทความ.// (ปีที่พิมพ์, วันที่/เดือน).// “ชื่อบทความ”, ชื่อหนังสือพิมพ์, เลขหน้า

ตัวอย่าง

[8] ดวงศักดิ์ ชื่นสินธุ. (2552, 6 มกราคม). “เที่ยวตามรอยพระพุทธองค์สิริมงคล รับปีใหม่”, *มติชน*. 23.

6) วิทยานิพนธ์

ชื่อผู้ทำวิทยานิพนธ์.//(ปีที่พิมพ์).//ชื่อวิทยานิพนธ์.//ระดับของวิทยานิพนธ์/ชื่อปริญญา.//เมืองที่พิมพ์.//
ชื่อสถานการศึกษา.

ตัวอย่าง

- [9] ดวงนภา แซ่ลิ้ม. (2549). การผลิตและการย่อยสลายพอลิไฮดรอกซีอัลคาโนเอตจากน้ำเสียโดยใช้ *Ralstonia Eutropha* TOSTR 1095. วิทยานิพนธ์ วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต. สงขลา : มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- [10] Paungfoo, C. (2003). Use of Molecular Biology Techniques in Studying the Nitrifying Bacteria Community from Shrimp Farming System. Doctoral dissertation. Prince of Songkla University.

7) เอกสารที่ค้นได้จากเครือข่ายอินเทอร์เน็ต

เขียนเอกสารอ้างอิงโดยใช้รูปแบบเดียวกับบรรณานุกรมของสื่อสิ่งพิมพ์โดยทั่วไปก่อนที่จะนำมาใส่ในเว็บไซต์ต่าง ๆ เช่น เมื่อนำข้อมูลมาจากหนังสือ สามารถเขียนเอกสารอ้างอิงโดยประกอบด้วย ชื่อผู้แต่ง ปีที่พิมพ์ ชื่อเรื่อง และสถานที่พิมพ์ และเพิ่มข้อมูลที่อาจช่วยในการสืบค้น คือ วันที่สืบค้น และ URL โดยภาษาไทยใช้ว่า สืบค้นเมื่อ...จาก... และภาษาอังกฤษใช้ว่า Retrieved...from... หรือถ้านำข้อมูลมาจากบทความก็เขียนเอกสารอ้างอิงของบทความก่อน

ชื่อผู้แต่ง.//(ปีที่พิมพ์).//ชื่อเรื่อง.//เมืองที่พิมพ์.//สำนักพิมพ์.//สืบค้นเมื่อ...../
จาก <http://www.....>

ตัวอย่าง

- [11] ระพีพล ฤกษ์ธร ณ อรุณยา. (ม.ป.ป.). ความดันโลหิตสูง. สืบค้นเมื่อ 21 มิถุนายน 2550, จาก <http://www.thaiheartweb.com>.

8) รูปแบบการเขียนบรรณานุกรม

ชื่อผู้ให้สัมภาษณ์/(ผู้ให้สัมภาษณ์).//ชื่อผู้สัมภาษณ์/(ผู้สัมภาษณ์)/สถานที่สัมภาษณ์/วันเดือนปีที่สัมภาษณ์.

ตัวอย่าง

- [12] โกวิท วัฒนโชติ (ผู้ให้สัมภาษณ์), วิทยา บุชงค์ (ผู้สัมภาษณ์), ที่บ้านเลขที่ 40 หมู่ที่ 3 ตำบลแหลมตะลุมพุก อำเภอปากพนัง จังหวัดนครศรีธรรมราช, เมื่อวันที่ 21 พฤษภาคม 2548.



ใบสมัครสมาชิก
วารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ
THAKSIN UNIVERSITY JOURNAL

วันรับสมัคร.....

หมายเลขสมาชิก.....

(สำหรับเจ้าหน้าที่)

ข้าพเจ้า (นาย/นาง/นางสาว).....

ที่อยู่ทางไปรษณีย์ที่ต้องการให้จัดส่งวารสาร.....

อำเภอ.....จังหวัด.....รหัสไปรษณีย์.....

โทรศัพท์.....โทรสาร.....E-mail.....

มีความประสงค์เป็นสมาชิกวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ จำนวน.....ปี (ปีละ 200 บาท)

พร้อมนี้ได้ส่งค่าสมาชิกจำนวน.....บาท (.....)

โดย ธนาณัติ สั่งจ่าย ปณ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210 ในนามบรรณาธิการวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

(ลงชื่อ).....

...../...../.....

สำนักงานวารสารมหาวิทยาลัยทักษิณ

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยทักษิณ อำเภอป่าพะยอม จังหวัดพัทลุง 93210

โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7242 โทรสาร 0-74609654-5

E-mail Address: research.tsu@gmail.com



ปัญญา จริยธรรม นำการพัฒนา

มหาวิทยาลัยทักษิณ

222 ม.2 ต.บ้านพร้าว อ.ป่าพะยอม จ.พัทลุง 93210
โทรศัพท์ 0-7460-9600 ต่อ 7242 โทรสาร 0-7460-9655

E-mail Address : research.tsu@gmail.com