



วารสารวิทยาศาสตร์ปริดิยาร

PRIDIYATHORN SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2565
Vol.1 No.2 July - December 2022



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธนครินทร์



วารสารวิทยาศาสตร์ปริดิยาร

Pridiyathorn Science Journal

บทความวิจัย

- การผลิตกระดาษจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน

The Production of Paper from Krajoood Waste Mixed with Waste Paper from the Office for Community Product Development

- การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีการสอนแบบซิปปากับการสอนแบบปกติ

Comparison of Mattayomsuksa II Students' Learning Achievement in Mathematics on Quadratic Equations being Taught Through CIPPA and The Traditional Teaching Method

- ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำ ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส

Diversity of Larvae of Mayflies, Stoneflies and Caddisflies (Order Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in Sritaksin and Bale Waterfalls, Hala-Bala Wildlife Sanctuary, Narathiwat Province

- การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่ง

Product Development of Crispy Riceberry Snack Bar

- ผลของคลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2) ต่อการทำให้ปลอดเชื้อและการเจริญเติบโตของข้าวเล็บนกปัตตานี

Effect of Chlorine Dioxide (ClO_2) on Sterilization and Growth of Leb Nok Pattani Rice

- ผลของระยะเวลาในการชงชาสมุนไพรต่อปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพร 3 ชนิด

The Effect of Herbal Tea Infusion Time on Active Constituents Contents in Three Herbal Plants

- การตรึงสารสกัดมันเทศสีม่วงในฟิล์มยางธรรมชาติ: ศักยภาพในการประยุกต์ใช้ตรวจวัดไอออนเหล็ก

Immobilization of Purple Sweet Potato Extract in Natural Rubber Film: A Potential Application for the Detection of Fe(III)

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

วารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์ รับผิดชอบตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการประเภท บทความวิจัย บทความวิชาการ ทั้งนี้บทความต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อนนับจากวันที่ผู้เขียนได้ส่งบทความต้นฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการ

วัตถุประสงค์ การจัดทำวารสารวิชาการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถือเป็นภารกิจสำคัญของคณะในการส่งเสริมให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานได้เผยแพร่ผลงานวิชาการสู่หน่วยงานภายนอกและความก้าวหน้าทางวิชาการในสาขาต่างๆของคณะ และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลทางวิชาการ ตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานทางวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยรับผิดชอบตีพิมพ์บทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยนำเสนอเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยที่เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ และกำหนดตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม)

สำนักงาน กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000
โทร. 0-99-4169355 <https://www2.st.pnu.ac.th/journal/index.php>
E-mail: journal_sci@pnu.ac.th

ปีที่ 1 ฉบับที่ 1 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรงค์ พลาศัย รองศาสตราจารย์ ดร.รสสุคนธ์ แสงมณี ศาสตราจารย์ ดร.สมปอง เตชะโต รองศาสตราจารย์ ดร.อุปลักษณ์ มีสวัสดิ์ รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริพันธุ์ ศิริพันธุ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สายทอง แก้วฉาย อาจารย์ ดร.อาสสัน ทิเล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รักษนก ภูวพัฒน์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา แสงวิมาน	กองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวล บินหะยีนิย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิตา สมานหมาน อาจารย์ ดร.สาพิตรี นาแว อาจารย์ ดร.นาริสา บินหะยีดิง อาจารย์ ดร.นันทกร ประชุมกาเยาะมาต อาจารย์สุรลักษณ์ มะ อาจารย์ศิรินุช ดั่งสุข อาจารย์วิจิตร เฉิดฉิม
บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรรัตน์ วัฒนาพันธ์ ผู้ช่วยบรรณาธิการ อาจารย์ ดร.นุรอมาลี ตีนามอ อาจารย์ ดร.จิตติมา มานะการ อาจารย์ ดร.มนทกานต์ พิมพ์เสน อาจารย์ ดร.นิกหรือชง โต๊ะลือบาจิ	
กองจัดการ อาจารย์ ดร.อิรฟาน มะแซฮาอิ อาจารย์สิทธิเดช ชูด้วง นายชูลกิฟลี เร้าะแลบา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ แสนสุข อาจารย์ ดร.อิบรอฮีม ซาโยะ นางสาววันทนี ทองสุวรรณ	นางสาวนุรฮายาตี มะเซาะ นางสาวอาภรณ์ นงรัตน์
เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ กำหนดออก ปีละ 2 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม	
วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยธร มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์เป็นวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเนื้อหาบทความเพื่อลงตีพิมพ์จำนวน 3 ท่านต่อบทความ และ บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นวรรณกรรมของผู้เขียน บรรณาธิการหรือมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย	

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

บทบรรณาธิการ

วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีฉบับนี้ เป็นปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565 ด้วยวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการ งานวิจัย และนวัตกรรมด้านวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ สู่หน่วยงานภายนอก และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลวิชาการ ตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยในฉบับนี้มีผู้สนใจส่งบทความเพื่อตีพิมพ์เป็นจำนวน 7 เรื่อง

บรรณาธิการใคร่ขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ให้ความสนใจส่งผลงานมาตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร ขอขอบพระคุณคณาบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนผู้บริหารที่สนับสนุนให้มีการจัดทำวารสารขึ้น ขอขอบพระคุณที่ปรึกษาวารสารที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดทำวารสาร ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยประเมินคุณภาพของบทความ และขอขอบคุณกองบรรณาธิการทุกท่านที่ร่วมดำเนินการเพื่อให้วารสารสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธรจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย นักวิชาการ ผู้อ่านและผู้ที่เกี่ยวข้องทุกท่าน

บรรณาธิการ

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

สารบัญ...

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
การผลิตกระดาษจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือ ทิ้งจากสำนักงาน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน	1	The Production of Paper from Krajoood Waste Mixed with Waste Paper from the Office for Community Product Development Nikruesong Tohluebaji Ibrahim Sayoh Nurfarahin Lateh
การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา คณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดย วิธีการสอนแบบซิปปากับการสอนแบบปกติ	13	Comparison of Mattayomsuksa II Students' Learning Achievement in Mathematics on Quadratic Equations being Taught Through CIPPA and The Traditional Teaching Method Zaidee Binda-oh Chittima Manakarn Jaruwan Dangroj Rosnee Chariyamakarn Nonttakorn Prachumkayohmat
ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลง เกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำ ในน้ำตกศรีทักษิณ และน้ำตกบาละ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส	26	Diversity of Larvae of Mayflies, Stoneflies and Caddisflies (Order Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in Sritaksin and Bale Waterfalls, Hala- Bala Wildlife Sanctuary, Narathiwat Province Sainab Madeng Pattamaporn Rajsuan Kitiya Thawarorit
การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิด แห้ง	43	Product Development of Crispy Riceberry Snack Bar Usa Panritdam Parnit Ngamsamrit Aumaporn Arlai

ปีที่ 1 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2565

สารบัญ...

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
ผลของคลอรีนไดออกไซด์ (ClO ₂) ต่อการทำให้ปลอดเชื้อและการเจริญเติบโตของข้าวเล็บนกปัตตานี อานนท์ พงมี ปานจันท์ สุจริตธรรการ	57	Effect of Chlorine Dioxide (ClO ₂) on Sterilization and Growth of Leb Nok Pattani Rice Arnon Pangme Panjan Sujjaritthurakarn
ผลของระยะเวลาในการชงชาสมุนไพรต่อปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพร 3 ชนิด นุรามาลี ดีนามอ นาริสา บินหะยี้ดิง รอฮานี ยูโซะ นูอัยนี ปี ซูไรนี โต๊ะนาบอ อภิชัย มาลีกัน	70	The Effect of Herbal Tea Infusion Time on Active Constituents Contents in Three Herbal Plants Nuramalee Deenamo Narisa Binhayeeding Rohanee Yusoh Nu-ainee Pi Surainee Tohnabo Aphichai Maleekan
การตรึงสารสกัดมันเทศสีม่วงในฟิล์มยางธรรมชาติ: ศักยภาพในการประยุกต์ใช้ตรวจวัดไอออนเหล็ก สาธูมา สมานหมาน บิสมิ หะยียูโซะ อิรฟาน มะแซσαι อนุสา สุวรรณวงศ์ อาสลัน ฮิละ Amin Fatoni	86	Immobilization of Purple Sweet Potato Extract in Natural Rubber Film: A Potential Application for the Detection of Fe(III) Saluma Samanman Bismee Hayeeyoosoh Irfan Masaesai Anusa Suwanwong Aslan Hilae Amin Fatoni

การผลิตกระดาษจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน

The Production of Paper from Krajoood Waste Mixed with Waste Paper from the Office for Community Product Development

นิกรือซง โต๊ะลือบาจิ^{1*}, อิบรอฮีม ซาโยห์² และนุรฟารฮิน ลาเตะ³
Nikruesong Tohluebaji^{1*}, Ibrahim Sayoh² and Nurfarahin Lateh³

(Received: 15 November, 2022 ; Revised: 1 December, 2022 ; Accepted 15 December, 2022)

บทคัดย่อ

กระดาษมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของชุมชนทางภาคใต้ โดยมีการแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ที่หลากหลาย เช่น กระเป๋าสานจากกระดาษ หลอดกระดาษ และกระติบข้าวเหนียวจากกระดาษ เป็นต้น จึงมีเศษวัสดุเหลือทิ้งจากการแปรรูปจำนวนมาก งานวิจัยนี้จึงศึกษาการผลิตกระดาษจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน เพื่อพัฒนาเป็นผลิตภัณฑ์ชุมชนโดยใช้วิธีต้มเยื่อทางเคมี เมื่อได้สูตรการทำกระดาษที่เหมาะสมแล้ว จะทำการทดสอบคุณสมบัติต่างๆของกระดาษ โดยศึกษาโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของกระดาษ น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ ความหนาของกระดาษ ความแข็งแรงของกระดาษ การดูดซึมน้ำของกระดาษ และการพองตัวทางความหนาของกระดาษ ผลการศึกษาพบว่าสูตรที่ดีที่สุดในการผลิตกระดาษคือ ตัวอย่างที่ 3 (S3) มีลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาที่มีความเหมาะสมและมีความแข็งแรงในการนำมาใช้ผลิตกระดาษ โดยมีค่าน้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ 334.12 กรัม ความหนาแน่นของกระดาษ 283.15 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าความต้านทานแรงดึง 8.18 นิวตัน การดูดซึมน้ำของกระดาษ 416.70 % และการพองตัวทางความหนาของกระดาษ 98.55 % ซึ่งสามารถนำผลิตภัณฑ์ไปต่อยอดในงานหัตถกรรมและบรรจุภัณฑ์สินค้าในท้องถิ่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมต่อไปในอนาคตได้

คำสำคัญ: กระดาษ กระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน ผลิตภัณฑ์ชุมชน

^{1, 2 and 3} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000 ประเทศไทย

^{1, 2 and 3} Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, 96000 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Nikruesong.t@pnu.ac.th

Abstract

Krajoood is economically important to the community in the south of Thailand. It is used to produce various agricultural products such as woven bags, biodegradable straws, and glutinous rice baskets. This is wasteful for the environment. This research aims to produce paper from Krajoood waste mixed with office waste paper for the development of community product by using a chemical pulping method. One the proper paper making formula was obtained, the properties of the paper were tested, these include the morphological structure of the paper, standard weight of paper, paper thickness, paper strength, water absorption of paper, and inflation in the thickness of the paper. The results showed that the best formulation for paper production, was sample 3 (S3). It exhibits a suitable morphological structure and strength for use in paper production. The standard weight of paper is 334.12 gram. The density of paper is 283.15 kg/m^3 . Tensile strength is 8.18 N. Water absorption of paper is 416.70% and paper thickness swell at 98.55%. The paper product can be developed into handicrafts and packaging of local products that are environmentally friendly.

Keywords: Krajoood, Waste paper from the office, Community products

บทนำ

ปัจจุบันปริมาณการใช้กระดาษของประชากรในประเทศไทยมีปริมาณที่เพิ่มขึ้นทุกปี เนื่องมาจากการที่เศรษฐกิจของประเทศไทยที่กำลังเจริญเติบโต และมีความก้าวหน้าทางเทคโนโลยี ทำให้อุตสาหกรรมการผลิตกระดาษและบรรจุภัณฑ์จากกระดาษมีการพัฒนาอยู่ตลอดเวลา ในขณะที่การผลิตเยื่อกระดาษมีน้อยมาก เมื่อเปรียบเทียบกับการผลิตของโลก วัตถุดิบในการผลิตจึงยังอาศัยการนำเข้าเป็นส่วนใหญ่ ปริมาณการผลิต การนำเข้าและส่งออกของประเทศไทยค่อนข้างน้อย ซึ่งอุตสาหกรรมด้านนี้ในประเทศไทยยังคงเป็นอุตสาหกรรมที่ผลิตขึ้นเพื่อใช้ในประเทศ (Thanyathorn, 2011) ซึ่งกระดาษยังเป็นวัสดุที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์เป็นอย่างมาก (Eriksson & K.E.L., 1990) เช่น หนังสือพิมพ์ หนังสือ ถุง ธนบัตร กระดาษเช็ดหน้า กระดาษเช็ดปาก ตั๋วรถเมล์ ตลอดจนป้ายโฆษณาที่ติดอยู่ตามสถานที่ทั่วไป สิ่งเหล่านี้ล้วนแต่ทำมาจากกระดาษทั้งสิ้น และเยื่อกระดาษที่ใช้สำหรับการผลิตกระดาษในปัจจุบันผลิตจากไม้แทบทั้งสิ้น (Lee, Parameswaran, Lee & Park, 2008) แม้ว่าต้นไม้จัดเป็นพืชที่สามารถปลูกทดแทนได้ แต่ต้องใช้ระยะเวลาในการปลูกนานเพราะต้นไม้เป็นพืชที่เติบโตช้า และมีข้อจำกัดเรื่องชนิดและสภาพภูมิอากาศจึงทำให้วัตถุดิบที่นำมาผลิตเยื่อมีราคาแพงและหาได้ยาก

ดังนั้นการหาวัตถุดิบใหม่ที่เป็นเศษวัสดุเหลือทิ้งหรือผลผลิตเหลือใช้ทางการเกษตร จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการเพิ่มแหล่งของเส้นใยที่นำมาใช้เป็นวัตถุดิบสำหรับผลิตกระดาษ (Soraya, 2014)

กระดาษมีความสำคัญทางเศรษฐกิจของชุมชนโดยเฉพาะทางภาคใต้ ซึ่งเป็นฐานการผลิตทางเกษตรกรรมที่หลากหลายจากกระดาษ เช่น กระดาษสาจากกระดาษ หลอดกระดาษ และกระดาษข้าวเหนียวจากกระดาษ ซึ่งยังไม่มีงานวิจัยใดนำกระดาษมาผลิตเป็นกระดาษ ซึ่งในแต่ละปีจะมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรจำนวนมากหลายชนิดบางส่วนถูกนำไปแปรรูปให้เกิดประโยชน์ และยังมีวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรบางส่วนที่ยังไม่ได้นำมาแปรรูปเพื่อให้เกิดประโยชน์ และทำให้เกิดเป็นปัญหาขยะ

ดังนั้นงานวิจัยนี้ จึงนำเศษกระดาษที่เหลือทิ้งทางการเกษตรจากโรงงานผลิตหลอดกระดาษมาใช้เป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตกระดาษ โดยกระบวนการต้มเยื่อทางเคมี (Reshamwala, Shawky & Dale, 1995) และนำมาทำการทดสอบคุณสมบัติทางกายภาพต่างๆ ของกระดาษ เช่น โครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของกระดาษ น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษ ความหนาแน่นของกระดาษ ความแข็งแรงของกระดาษ การดูดซึมน้ำของกระดาษ และการพองตัวทางความหนาของกระดาษ ที่สามารถนำผลิตภัณฑ์ไปต่อยอดในงานหัตถกรรม และบรรจุภัณฑ์สินค้าในท้องถิ่นที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อผลิตและปรับปรุงสมบัติของกระดาษที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชน

วิธีดำเนินการวิจัย

สารเคมีประกอบด้วย โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ โซดาไฟ วัสดุและอุปกรณ์ประกอบด้วย เศษกระดาษกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน น้ำกลั่น (DI Water) ตะแกรงไนลอน บีกเกอร์ ถังแก๊สปิกนิก เครื่องปั่น เครื่องมือเพื่อใช้ทดสอบประกอบด้วยเครื่องชั่งตวงวัด 4 ตำแหน่ง กล้องจุลทรรศน์สเตอริโอ เวอร์เนียแบบดิจิตอล (CD-8''ASX) และชุดทดสอบความแข็งแรง

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัยแบ่งออกเป็น 2 ส่วนด้วยกันคือ ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงานโดยมีตัวอย่างสูตรทั้งหมด 7 ตัวอย่าง (S1-S7) ดังแสดงในตารางที่ 1 หลังจากได้กระดาษนำมาศึกษาในส่วนที่ 2 คือการทดสอบคุณสมบัติของกระดาษ โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยดังต่อไปนี้

ขั้นตอนที่ 1 ศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเศษกระดาษผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน โดยนำกระดาษตัดเป็นชิ้นเล็กๆ ความยาวประมาณ 2 - 3 เซนติเมตร ทำการชั่งน้ำหนักกระดาษและกระดาษตามอัตราส่วนในการผลิตกระดาษ ดังตารางที่ 1 จากนั้นต้มกระดาษและกระดาษเป็นเวลา 2 ชั่วโมง โดยใช้โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือโซดาไฟ 25 กรัมต่อน้ำ 3 ลิตร เมื่อต้มครบตามเวลาแล้วให้ทำความสะอาดเยื่อด้วยการล้างน้ำประมาณ 3-4 ครั้งหรือจนกว่าไม่มีเมือก ปีบน้ำออกและนำไปชั่งน้ำหนักเยื่อให้ได้ 100, 110, 120, 140, 160 และ 180 กรัม ตามลำดับ เพื่อศึกษาปริมาณของเส้นใยที่มีผลต่อความหนาของกระดาษ หลังจากนั้นนำไปปั่นผสมกับน้ำ 20 ออนซ์ เป็นเวลา 20 วินาที เมื่อปั่นเสร็จแล้วนำส่วนผสมที่ได้เทลงตะแกรงที่เตรียมไว้ และทำการร่อนในกะละมังใส่น้ำ เพื่อให้เยื่อลอยและกระจายตัวออกจากกัน ทำการเกลี่ยให้ทั่ว แล้วกดด้วยฟองน้ำเพื่อเอาน้ำออกให้หมด จากนั้นนำไปตากแดดให้แห้ง สุดท้ายลอกกระดาษออกจากตะแกรง

ตารางที่ 1 แสดงอัตราส่วนของกระดาษและกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงานในการผลิตกระดาษ

เงื่อนไข ที่	รหัส	ปริมาณ กระดาษ (g)	ปริมาณ กระดาษ (g)	ปริมาณ น้ำ (l)	ปริมาณ โซดาไฟ (g)
1	S1	150	0	3	25
2	S2	100	50	3	25
3	S3	75	75	3	25
4	S4	50	100	3	25
5	S5	0	150	3	25
6	S6	100	75	3	25
7	S7	75	100	3	25



ภาพที่ 1 แสดงขั้นตอนการผลิตกระดาช a) การชั่งเยื่อตามอัตราส่วน b) การต้มเยื่อ c) การปั่นเยื่อ d) การร่อนเยื่อ e) การเกลี่ยเยื่อ f) การรีดน้ำออก g) กระดาชที่รีดน้ำออกแล้ว และ h) นำกระดาชไปตาก

ขั้นตอนที่ 2 การทดสอบคุณสมบัติของกระดาช โดยนำตัวอย่างกระดาชทั้ง 7 ตัวอย่างมาศึกษาลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา น้ำหนักมาตรฐานของกระดาช ทดสอบความแข็งแรงของกระดาช ทดสอบความหนาแน่นของกระดาช ศึกษาการดูดซับน้ำของกระดาชและทดสอบการพองตัวทางความหนาของกระดาช โดยมีวิธีการดังต่อไปนี้

ศึกษาลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของกระดาช

ตัดกระดาชขนาด 5x5 ตารางเซนติเมตร จากนั้นนำไปส่องด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 10x , 30x และ 50x ตามลำดับ บันทึกภาพและนำไปทำการวิเคราะห์ลักษณะของเส้นใย (Korpong & Kwanjai, 2016)

ศึกษาน้ำหนักมาตรฐานของกระดาช

การคำนวณน้ำหนักมาตรฐานของกระดาช คือ ตัดกระดาชขนาด 5x5 ตารางเซนติเมตร มีพื้นที่กระดาชเท่ากับ $A = 25 \times 10^{-4} \text{ m}^2$ จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนักโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง บันทึกค่าน้ำหนักเป็นหน่วยกรัม และนำค่าไปคำนวณตามสมการที่ (1) (Korpong & Kwanjai, 2016)

$$\text{น้ำหนักมาตรฐาน (gram)} = \left[\frac{\text{น้ำหนักกระดาช}}{\text{พื้นที่กระดาช}} \right] \quad (1)$$

ทดสอบความแข็งแรงของกระดาช

ตัดกระดาษขนาด กว้าง 2 เซนติเมตรและยาว 5 เซนติเมตร ไปแขวนในแนวตั้งและทำการเพิ่มมวลครั้งละ 50 กรัม เพิ่มจนกว่ากระดาษจะเกิดการขาด และทำการบันทึกมวลที่ทำให้กระดาษเกิดการขาดและคำนวณแรงที่กระดาษสามารถต้านทานได้ โดยใช้สมการที่ (2) (Korpong & Kwanjai, 2016)

$$F (N) = mg \quad (2)$$

โดยที่ F คือ แรง (N)

m คือ มวล (kg)

g คือ ค่าเนื่องจากแรงโน้มถ่วงของโลกเท่ากับ 9.8 m/s^2

ทดสอบความหนาแน่นของกระดาษ

ตัดกระดาษขนาด 5×5 ตารางเซนติเมตร จากนั้นนำไปชั่งมวลโดยใช้เครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง ทำการวัดความกว้าง ความยาว และความหนาของกระดาษ วัดความหนาด้วยเวอร์เนียร์คาลิปเปอร์ จากนั้นหาค่าเฉลี่ยบันทึก และนำค่าไปคำนวณตามสมการ (3) (Korpong & Kwanjai, 2016)

$$\text{ความหนาแน่น (kg/m}^3\text{)} = \left[\frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}} \right] \quad (3)$$

ศึกษาการดูดซึมน้ำของกระดาษ

ตัดกระดาษขนาด 5×5 ตารางเซนติเมตร นำไปชั่งน้ำหนักก่อนแช่น้ำและจดบันทึก จากนั้นนำกระดาษที่จะทดสอบวางในแนวระนาบเดียวกับผิวน้ำ ขอบบนจะอยู่ใต้ผิวน้ำประมาณ 1 เซนติเมตร ทำการแช่น้ำเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นนำไปชั่งน้ำหนัก โดยที่ไม่มีการซับน้ำออก นำค่าที่ได้มาคำนวณตามสมการที่ (4) (Korpong & Kwanjai, 2016)

$$\text{การดูดซึมน้ำ (\%)} = \left| \frac{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)} - \text{น้ำหนักหลังแช่น้ำ (กรัม)}}{\text{น้ำหนักก่อนแช่น้ำ (กรัม)}} \right| \times 100 \quad (4)$$

ทดสอบการพองตัวของความหนาของกระดาษ

ทดสอบตามมาตรฐาน JIS A 5908-2003 ตัดกระดาษขนาด 5×5 ตารางเซนติเมตร วัดความหนาของชิ้นทดสอบด้วยเวอร์เนียคาลิปเปอร์ หาค่าเฉลี่ยของความหนาก่อนแช่น้ำ บันทึกค่า จากนั้นนำไปทดสอบ โดยการแช่น้ำในภาชนะที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 นาที นำชิ้นทดสอบขึ้นจากน้ำ นำไปวัดความหนา จากนั้นหาค่าเฉลี่ยเป็นความหนาหลังแช่น้ำ แล้วหาค่าเฉลี่ยโดยคำนวณค่าการพองตัวของความหนาตามสมการที่ (5) (Korpong & Kwanjai, 2016)

$$\text{การพองตัว (\%)} = \left| \frac{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)} - \text{ความหนาหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}}{\text{ความหนาก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)}} \right| \times 100 \quad (5)$$

ผลการวิจัย

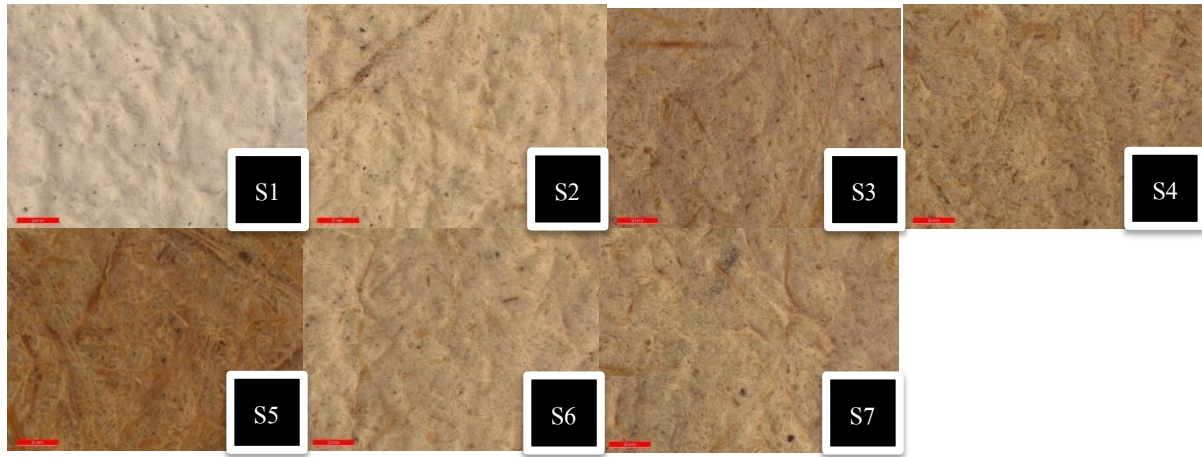
ผลการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษทั้งหมด 7 สูตร แสดงดังตารางที่ 2 พบว่า การผลิตกระดาษในตัวอย่างที่ 3 (S3) สามารถนำมาผลิตกระดาษได้ดีที่สุด เนื่องจากเยื่อมีการกระจายตัวดี กระดาษมีความหนา และแข็งแรงกว่าเงื่อนไขอื่น

ตารางที่ 2 แสดงลักษณะเยื่อกระดาษที่ได้จากการผลิตกระดาษ

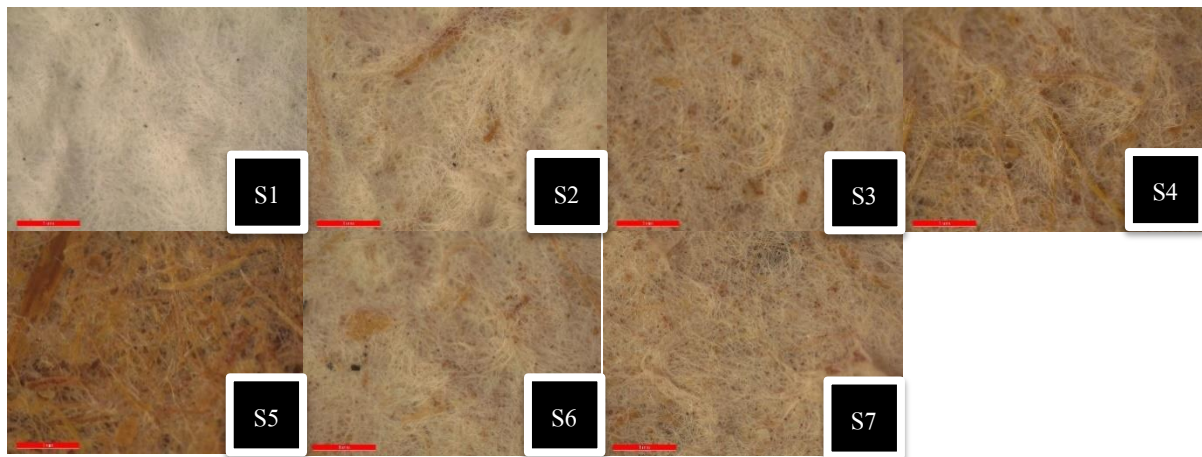
เงื่อนไขที่	รหัส	ปริมาณ กระดาษ (g)	ปริมาณ กระดาษ (g)	ปริมาณน้ำ (l)	ปริมาณ โซดาไฟ (g)
1	S1	150	0	3	25
2	S2	100	50	3	25
3	S3	75	75	3	25
4	S4	50	100	3	25
5	S5	0	150	3	25
6	S6	100	75	3	25
7	S7	75	100	3	25

ผลการศึกษาลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาของกระดาษ

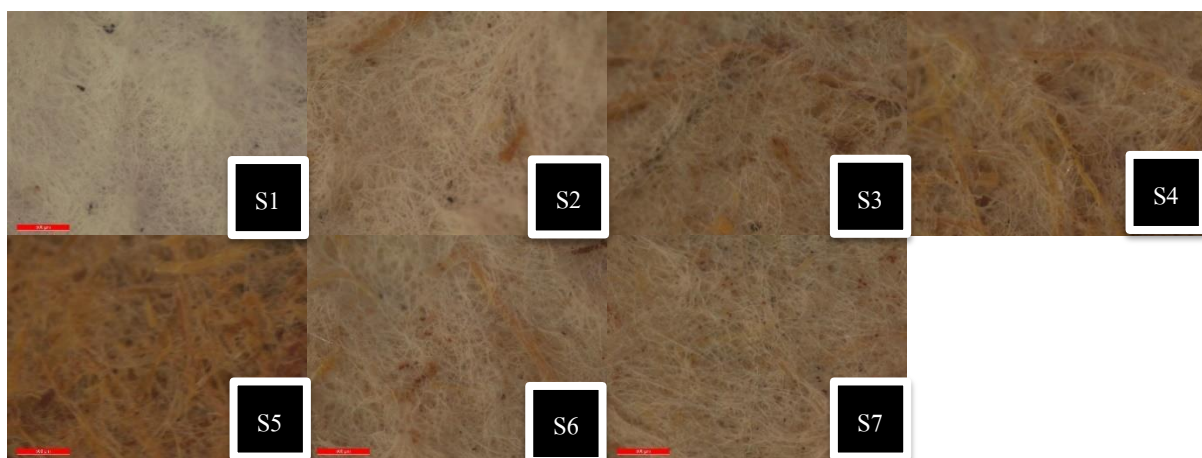
จากการศึกษาลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยา ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอที่กำลังขยาย 10x, 30x และ 50x ตามลำดับ สามารถสรุปได้ว่า ลักษณะของเยื่อที่มีความแตกต่างกัน ทั้งสี และการมีเส้นใยเข้าไปแทรกอยู่ภายในเยื่อ โดยกระดาษที่ได้จะมีเส้นใยที่มีความขาวเพิ่มขึ้น เมื่อปริมาณการเจือกระดาษมากขึ้น ซึ่งเป็นหลักการที่ใช้ในการผลิตกระดาษให้มีความขาวโดยปราศจากการฟอกขาวด้วยสารเคมี ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของเส้นใยกรณีตัวอย่างที่ 5 (S5) ที่เป็นกระดาษ 100% เมื่อกำลังขยายมากขึ้นพบว่าการกระจายตัวของเส้นใยแผ่และเกาะเป็นเนื้อเดียวกัน สามารถเห็นเส้นใยได้ชัดเจนกว่าตัวอย่างอื่น และสีของกระดาษเป็นสีที่ได้จากธรรมชาติของกระดาษ และเมื่อเจือกระดาษเข้าไปในตัวอย่างที่ S2, S3, S4, S6 และ S7 พบว่ามีเส้นใยของกระดาษจากสำนักงาน ซึ่งมีสีขาวโอบล้อมกับสีน้ำตาลของเส้นใยกระดาษที่แทรก และทำให้มีการกระจายตัวของเส้นใยทั้งสองชนิดได้ดี และตัวอย่างที่ 1 (S1) ที่เป็นกระดาษจากสำนักงาน 100% เพื่อใช้เป็นกรณีเปรียบเทียบ พบว่าลักษณะของเส้นใยมีสีขาวและมีจุดสีดำเพียงเล็กน้อยซึ่งอาจเกิดจากน้ำหมึกของกระดาษจากสำนักงานที่เหลืออยู่ เพื่อความชัดเจนควรทดสอบหาปริมาณของธาตุต่อไป



ภาพที่ 2 แสดงลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาที่กำลังขยาย 10x



ภาพที่ 3 แสดงลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาที่กำลังขยาย 30x



ภาพที่ 4 แสดงลักษณะโครงสร้างทางสัณฐานวิทยาที่กำลังขยาย 50x

ผลการศึกษาน้ำหนักมาตรฐานของกระดาศ ความแข็งแรงของกระดาศ ความหนาแน่นของกระดาศ การดูดซึมน้ำของกระดาศ และการพองตัวของกระดาศ

ตารางที่ 3 แสดงผลการศึกษาน้ำหนักมาตรฐานของกระดาศ ความแข็งแรงของกระดาศ ความหนาแน่นของกระดาศ การดูดซึมน้ำของกระดาศ และการพองตัวของกระดาศ

ตัวอย่าง	น้ำหนัก มาตรฐาน ของ กระดาศ (gram)	ความ แข็งแรง ของ กระดาศ (N)	ความ หนาแน่น ของ กระดาศ (kg/m ³)	การดูด ซึมน้ำ ของ กระดาศ (%)	การพอง ตัวของ กระดาศ (%)
S1	470.28	8.67	247.51	399.95	97.85
S2	324.44	10.31	219.22	526.42	98.26
S3	334.12	8.18	283.15	416.70	98.55
S4	333.44	10.79	200.86	572.02	98.01
S5	227.00	8.51	155.47	696.96	98.22
S6	240.12	8.34	157.27	586.61	98.48
S7	384.16	10.80	192.08	524.72	97.72

จากการศึกษาสมบัติของกระดาศที่เงื่อนไขต่างๆ ดังแสดงในตารางที่ 3 พบว่า

1. น้ำหนักมาตรฐานของกระดาศจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อการเจือกระดาศมีปริมาณที่มากขึ้น และกระดาศตัวอย่างที่ 1 (S1) ซึ่งเป็นกรณีที่ใช้กระดาศ 100 % พบว่ามีค่าน้ำหนักมาตรฐานมากที่สุด เนื่องจากเยื่อกระดาศมีน้ำหนักมากกว่าเยื่อกระจุค

2. ผลการศึกษาความแข็งแรง หรือความต้านทานแรงดึงของกระดาศ พบว่า กระดาศตัวอย่างที่ 4 (S4) มีความแข็งแรงมากที่สุดที่ทำให้กระดาศขาด คือ 10.796 N เนื่องจากมีเส้นใยพืชในปริมาณที่มากกว่ากระดาศ ทำให้กระดาศมีความแข็งแรง

3. ผลการทดสอบความหนาแน่นของกระดาศ พบว่า ตัวอย่างที่ 3 (S3) มีค่าความหนาแน่นของกระดาศมากที่สุดเท่ากับ 283.15 (kg/m³)

4. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระดาศ พบว่า กระดาศตัวอย่างที่ 5 (S5) มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากที่สุด คือ 696.96% เนื่องจากเป็นเส้นใยพืชที่มีความสามารถในการดูดซึมน้ำ และน้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปในส่วนของเส้นใยพืชที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ และเหลือเพียงเซลล์โลสที่มีสมบัติใน

การดูดน้ำ หรือมีความชอบน้ำ ส่วนกระดาษตัวอย่างที่ 1 (S1) ที่มีค่าการดูดซึมน้ำต่ำสุด เนื่องจากเป็นกระดาษสำนักงานที่ผ่านการผสมสารที่คล้ายแป้งเพื่อป้องกันการดูดซึมน้ำ และเกาะตัวของพื้นผิวมีอนุภาคที่หนาแน่นจนน้ำไม่สามารถแทรกซึมเข้าไปได้

5. ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาของกระดาษหลังการแช่น้ำ พบว่า กระดาษตัวอย่างที่ 3 (S3) มีค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำมากที่สุด กระดาษที่มีการเจือเส้นใยจะมีเปอร์เซ็นต์การพองตัวที่ลดลง เนื่องจากมีเส้นใยพืชที่มีการเชื่อมประสานกันของเส้นใย เมื่อดูดซึมน้ำจะทำให้เกิดการพองตัวไม่มากนัก

อภิปรายผล

จากการศึกษาสมบัติของกระดาษที่เงื่อนไขต่างๆพบว่า

1. น้ำหนักมาตรฐานของกระดาษที่ผลิตขึ้นจะมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อปริมาณการเจือกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงานมีค่ามากขึ้น

2. ผลการศึกษาความแข็งแรง หรือความต้านทานแรงดึงของกระดาษ พบว่าปริมาณเส้นใยพืชที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้กระดาษมีความแข็งแรงมากขึ้น

3. ผลการทดสอบความหนาแน่นของกระดาษ พบว่าความหนาแน่นของกระดาษมีค่ามากเมื่อปริมาณการเจือกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงานกับกระจุดในอัตราส่วน 1:1 ซึ่งมีค่าความหนาแน่นมากที่สุด

4. ผลการทดสอบการดูดซึมน้ำของกระดาษ พบว่า กระดาษตัวอย่างที่ 5 (S5) มีความสามารถในการดูดซึมน้ำได้มากที่สุด คือ 696.96% เนื่องจากเส้นใยพืชมีความสามารถในการดูดซึมน้ำ และน้ำสามารถแทรกซึมเข้าไปในส่วนของเส้นใยพืชที่ผ่านการปรับสภาพด้วยโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ และเหลือเพียงเซลลูโลสที่มีสมบัติในการดูดน้ำ หรือมีความชอบน้ำ

5. ผลการทดสอบการพองตัวทางความหนาของกระดาษหลังการแช่น้ำ พบว่า กระดาษตัวอย่างที่ 3 (S3) มีค่าเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนาหลังแช่น้ำมากที่สุด เนื่องจากมีเส้นใยพืชที่มีการเชื่อมประสานกันของเส้นใย เมื่อดูดซึมน้ำจะทำให้เกิดการพองตัวไม่มากนัก

สรุปผล

จากการศึกษาพบว่าสามารถผลิตกระดาษจากเศษกระจุดได้ และเป็นการเพิ่มมูลค่าทางการเกษตรแก่ชุมชน โดยการศึกษาหาสูตรที่เหมาะสมในการผลิตกระดาษจากเศษกระจุดผสมกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน พบว่า อัตราส่วนที่เหมาะสมในการนำมาผลิตกระดาษคือใช้กระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงานต่อเศษกระจุดคือ 75:75 กรัม ดังแสดงผลตัวอย่างที่ 3 (S3) โดยมีค่าน้ำหนักมาตรฐาน 470.28 แกรม ค่าความหนาแน่น 283.15

กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ค่าการดูดซึมน้ำที่ 416.70% และค่าการพองตัวทางความหนา 98.55% และความต้านทานแรงดึง 8.18 นิวตัน กระดาษที่ได้นี้จึงมีความเหมาะสมสำหรับนำไปใช้เป็นกระดาษเพื่องานบรรจุภัณฑ์ และงานอื่นๆที่เกี่ยวข้อง

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาข้อมูลเกี่ยวกับการรีดกระดาษให้มีพื้นที่เรียบทั้งสองด้าน
2. ควรศึกษาเกี่ยวกับการนำเยื่อไม้ชนิดอื่นมาผสมกับกระจุตแทนกระดาษเหลือทิ้งจากสำนักงาน
3. ควรศึกษาหาสารที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อมที่สามารถนำมาใช้แทนสารโซเดียมไฮดรอกไซด์

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณบริษัท นารา วิสาหกิจเพื่อสังคม จำกัดที่สนับสนุนเศษกระจุตเพื่อทำวิจัย และขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์เป็นอย่างสูงที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย

อ้างอิง

- Eriksson & K.E.L. (1990). Biotechnology in the pulp and paper industry. *Wood Science and Technology*, 24, 79-101.
- Korp ong, H. & Kwanjai, S. (2016). To improve physical and mechanical properties of decorative ornaments made from cement with the ratio of wasted paper. *Bulletin of Applied ScienceS*, 5, 5.
- Lee, J.S., Parameswaran, B., Lee, J.P. & Park, S.C.. (2008). Recent Developments of Key Technologies on Cellulosic Ethanol Production. *Journal of Scientific & Industrial Research*, 67, 865-873.
- Reshamwala, S., Shawky, BT., Dale & BE. (1995). Ethanol production from enzymatic hydrolysates of AFEX-treated coastal Bermuda grass and switch grass. *Appl Biochem Biotechnol*, 51-52, 43-55.
- Soraya, S. (2014). Feasibility study of simple production of paper from fresh banana peels and residues from Ethanol fermentation. *Chemical Engineering*. Prince of Songkla University.

Thanyathorn, I. (2011). Study on the effect of plant fiber pulp quality on the floor printing system for packaging. Rajamangala University of Technology.

การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนโดยวิธีการสอนแบบซิปปากับการสอนแบบปกติ

Comparison of Mattayomsuksa II Students' Learning Achievement in Mathematics on Quadratic Equations being Taught through CIPPA and The Traditional Teaching Method

ไชดี บินดาโอ๊ะ¹, จิตติมา มานะการ^{2*}, จารุวรรณ แดงโรจน์², โรสนี จริยะมาการ² และนนทกร ประชุมกาเยาะมาต²
Zaidee Binda-oh¹, Chittima Manakarn^{2*}, Jaruwat Dangroj², Rosnee Chariyamakarn², Nonttakorn Prachumkayohmat²

(Received: 15 November, 2022 ; Revised: 1 December, 2022 ; Accepted 15 December, 2022)

บทคัดย่อ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปากับวิธีการสอนแบบปกติ ในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 โรงเรียนดรุณาราชบุรี อำเภอสุไหงโก-ลก จังหวัดนราธิวาส จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ 6 ชั่วโมง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปา เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวและแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่องสมการกำลังสองตัวแปรเดียว ซึ่งดำเนินการทดสอบค่าทีชนิดกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่มที่เป็นอิสระจากกัน (Independent Sample t-test) และหาค่าคะแนนพัฒนาการ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบปกติที่ระดับนัยสำคัญ .01 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปามีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาเนื้อหา เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวรายข้อ พบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์

^{1,2} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000 ประเทศไทย

^{1,2} Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, 96000 Thailand

*Corresponding Author, E-mail:Chittima.c@pnu.ac.

ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ โดยการแยกตัวประกอบ กำลังสองสมบูรณ์และโดยใช้สูตรได้ เพราะนักเรียนสามารถตีความโยงความสัมพันธ์ที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้

คำสำคัญ: วิธีการสอนแบบซิปปา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สมการกำลังสองตัวแปรเดียว คะแนนพัฒนาการ

Abstract

The purpose of this study was to compare students' learning achievement in mathematics Secondary 2 students who were taught through CIPPA and the traditional teaching method. The subject were 34 Secondary 2 students of Darulfurqan school, Narathiwat in the second semester of 2020 academic year obtained from Cluster random sampling for 2 classrooms and was used to separate students into 2 groups of one control group and one experimental group. The experimental group was taught through CIPPA method while the control group was taught through traditional teaching method. It took 6 hours to learn. The research instruments were learning management plans for the instruction by using CIPPA method on quadratic equations and a learning achievement test on quadratic equations. The data were analyzed by using Independent sample t-test and growth score. The findings were as follows: the mathematics learning achievement of Secondary 2 students who were taught through CIPPA method on quadratic equations was higher than students who were taught through traditional teaching method at the .01 level of significance and students who were taught through CIPPA Model was a high growth rate. When considering the content of quadratic equations for each item, the findings were as follows; students can apply their knowledge to solve mathematical problems by factors, completing the square and by using formulas because students can interpret and connect the relationship given by the problem to the question that can be asked.

Keywords: CIPPA method, Learning Achievement, Quadratic Equations, Growth Score

บทนำ

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน) หรือ สทศ. จัดการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เมื่อวันที่ 1-2 กุมภาพันธ์ 2563 สทศ. ได้จัดทำสรุป

รายงานผลการทดสอบผลปรากฏว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาคณิตศาสตร์รวมทุกสังกัดทั่วประเทศได้คะแนนเท่ากับ 26.73 คะแนน ซึ่งเมื่อไปเปรียบเทียบกับวิชาอื่นวิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด (สำนักทดสอบทางการศึกษา, 2563) เมื่อพิจารณาในส่วนของโรงเรียนดรุณารักษ์ คะแนนโอเน็ตรายวิชาคณิตศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ย 25.96 คะแนน ซึ่งถือว่าต่ำกว่าระดับประเทศอยู่ 0.77 คะแนน จากสาเหตุดังกล่าวผู้วิจัยที่ได้รับมอบหมายให้สอนวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีความต้องการที่จะพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และพัฒนาคะแนนเฉลี่ยโอเน็ตให้สูงขึ้น ซึ่งรูปแบบการเรียนการสอนวิชาคณิตศาสตร์ที่ผ่านมาในชั้นเรียนปกติทั่ว ๆ ไป ครูไทยส่วนใหญ่ยังเน้นการสอนแบบบรรยาย ให้ความสำคัญเฉพาะผลลัพธ์หรือคำตอบของนักเรียน แต่ไม่ได้ให้ความสำคัญกับกระบวนการหรือแนวคิดของนักเรียน ทำให้นักเรียนท่องจำโดยไม่เกิดกระบวนการคิด ไม่สามารถสร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเองและปัญหาที่พบในการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ภายในชั้นเรียนคือในการจัดการเรียนรู้อย่างขาดกระบวนการกลุ่มที่นำมาใช้ในการพัฒนาการเรียนการสอน นักเรียนไม่มีการช่วยเหลือแลกเปลี่ยนการเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ทำให้การเรียนรู้คณิตศาสตร์ไม่ประสบความสำเร็จเท่าที่ควร

ด้วยกระบวนการจัดการเรียนการสอนในศตวรรษที่ 21 ที่ต้องการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางนั้น การจัดการกิจกรรมการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมนั้น ทั้งทางร่างกาย สติปัญญา สังคม และอารมณ์ โดยกิจกรรมที่ครูจัดให้ผู้เรียนจะต้องเป็นกิจกรรมที่นำไปสู่การเรียนรู้ตามจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ และเป็นกิจกรรมที่ช่วยให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมทั้งทางด้านร่างกาย สติปัญญา สังคม และอารมณ์ จึงจะสามารถทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดี ดังนั้นครูที่จะสอนผู้เรียนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง จึงจำเป็นที่จะต้องออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนให้มีลักษณะดังกล่าว ซึ่งการจัดการเรียน การสอนแบบซิปปาจัดเป็นจัดการเรียนการสอนอีกรูปแบบหนึ่งที่สามารถนำไปใช้เป็นหลักในการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้อย่างต่าง ๆ ให้แก่ผู้เรียน การจัดการกระบวนการเรียนการสอนตามหลัก “ซิปปา” เป็นรูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบหนึ่ง ประกอบด้วยขั้นตอนการดำเนินการ 7 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นที่ 1 การทบทวนความรู้เดิม ขั้นที่ 2 การแสวงหาความรู้ใหม่ ขั้นที่ 3 การศึกษาทำความเข้าใจข้อมูล/ความรู้ใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ขั้นที่ 4 การแลกเปลี่ยนความรู้ความเข้าใจกับกลุ่ม ขั้นที่ 5 การสรุปและจัดระเบียบความรู้ ขั้นที่ 6 การปฏิบัติและ/หรือการแสดงผลงาน และขั้นที่ 7 การประยุกต์ใช้ความรู้ โดยขั้นตอนตั้งแต่ขั้นที่ 1-6 เป็นกระบวนการของการสร้างความรู้ (Construction of Knowledge) ซึ่งครูสามารถจัดกิจกรรมให้ผู้เรียนมีโอกาสปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนเรียนรู้กัน (Interaction) และฝึกฝนทักษะกระบวนการต่าง ๆ (Process Learning) อย่างต่อเนื่องเนื่องจากขั้นตอนแต่ละขั้นตอนช่วยให้ผู้เรียนได้ทำกิจกรรมหลากหลายที่มีลักษณะให้ผู้เรียนได้มีการเคลื่อนไหวทางกาย ทางสติปัญญา ทางอารมณ์ และทางสังคม อย่างเหมาะสม ส่วนขั้นตอนที่ 7 เป็นขั้นตอนที่ช่วยให้ผู้เรียนนำความรู้ไปใช้ (Application) จึงทำให้เป็นรูปแบบนี้มีคุณสมบัติครบตามหลักซิปปา (CIPPA) ซึ่งทำให้ผู้เรียนจะเกิดความเข้าใจในสิ่งที่เรียน สามารถอธิบาย ชี้แจง ตอบคำถามได้ดี นอกจากนั้นยังได้พัฒนาทักษะในการคิดวิเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นกลุ่ม การสื่อสาร รวมทั้งเกิดความใฝ่รู้ด้วย (ทิตนา แหมมณี, 2548) สอดคล้องกับ

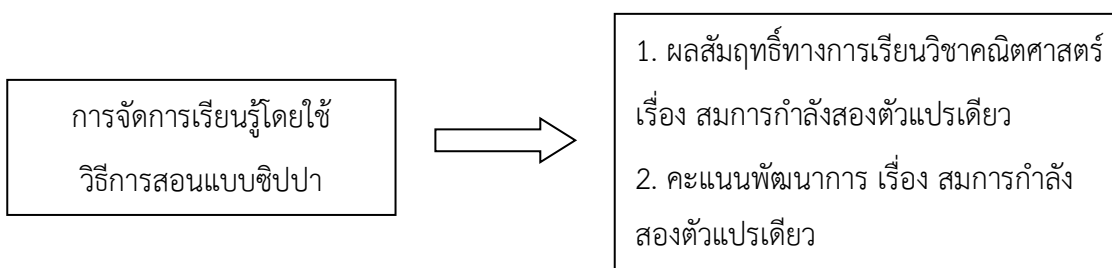
จากงานวิจัยเรื่องผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบซิปปาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะการทำงานเป็นทีม และเจตคติต่อคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์หลังการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาสูงกว่าก่อนเรียน (สุพัตรา เพ็ชรกาแหง, ยุภาดี ปณระราชและเสาวนีย์ บุญทอ, 2561) และงานวิจัยเรื่องการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบซิปปาที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์กับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ ผลการวิจัยพบว่า ประสิทธิภาพของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบซิปปาที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เท่ากับ 0.6875 หรือคิดเป็นร้อยละ 68.75 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบซิปปาที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (ปวีรศา บุญจันทร์, 2562)

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและการพัฒนาการในรายวิชาคณิตศาสตร์เพิ่มเติม โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนดาร์ลุฟรอน ทั้งนี้เพื่อเป็นข้อมูลในการวางแผนทางปรับปรุง และพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพ บรรลุเป้าหมายและวัตถุประสงค์ของการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปากับการสอนแบบปกติของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาร์ลุฟรอน อำเภอสุโขทัย-ลก จังหวัดนราธิวาส
2. เพื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาร์ลุฟรอน อำเภอสุโขทัย-ลก จังหวัดนราธิวาส

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยวิธีการสอนแบบซิปปาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาร์ลพูกอน จังหวัดนราธิวาส ผู้วิจัยได้ดำเนินการศึกษาตามหัวข้อ ต่อไปนี้

ขอบเขตการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาร์ลพูกอน อำเภอสุไหงโก-ลก จังหวัดนราธิวาส ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 64 คน 2 ห้องเรียน และกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดาร์ลพูกอน อำเภอสุไหงโก-ลก จังหวัดนราธิวาส ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 จำนวน 34 คน ซึ่งได้มาโดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

1. ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสอง ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปา

2. ตัวแปรตาม ได้แก่

2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว

2.2 คะแนนพัฒนาการของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์

ระยะเวลาที่ใช้ในการทำวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2563 ใช้เวลาในการทดลองทั้งสิ้น 6 ชั่วโมง โดยใช้เวลาสอน 3 สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปากับการสอนแบบปกติ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจำนวน 6 แผน ใช้เวลาเรียนแผนละ 2 ชั่วโมง รวม 12 ชั่วโมง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ

การสร้างเครื่องมือ

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้สร้างและหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตามลำดับขั้นตอนดังนี้

1.แผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปาและแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ หลักสูตรคณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่ 3 หลักสูตรสถานศึกษา (โรงเรียนเอกชนสอนศาสนา) ของโรงเรียนดarulฟรกอน กลุ่มสาระการเรียนรู้ช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-ม.3) คู่มือวัดและประเมินผลหนังสือเรียนคณิตศาสตร์ และคู่มือครูสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) เพื่อทำความเข้าใจหลักสูตร เนื้อหาและวิธีการวัดการประเมิน

1.2 วิเคราะห์สาระการเรียนรู้มาตรฐานการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ช่วงชั้นที่3 (ม.1-ม.3) ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้และวิเคราะห์ ความสัมพันธ์ระหว่างเนื้อหาและสาระสำคัญของกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว

1.3 ศึกษารูปแบบการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปา จากตำรา เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง เพื่อวิเคราะห์รูปแบบและหาแนวทางที่เหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างในงานวิจัย

1.4 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปาโมเดล เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยกิจกรรมการเรียนรู้ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 การทบทวนความรู้เดิม

ขั้นที่ 2 การแสวงหาความรู้ใหม่

ขั้นที่ 3 การศึกษาทำความเข้าใจข้อมูล/ความรู้ใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

ขั้นที่ 4 การแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจกับกลุ่ม

ขั้นที่ 5 การสรุปและจัดระเบียบความรู้

ขั้นที่ 6 การปฏิบัติ และ/หรือการแสดงผลงาน

ขั้นที่ 7 การประยุกต์ใช้ความรู้

และแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว สำหรับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีรูปแบบการสอนแบบบรรยาย แล้วนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบและพิจารณาความเหมาะสมของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื้อหา กิจกรรมและการวัดประเมินผล พร้อมทั้งแก้ไขและปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ปรับปรุงแก้ไขเรียบร้อยแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องระหว่างตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ กิจกรรม สื่อและการวัดประเมินผล ตลอดจนความถูกต้อง ชัดเจนของภาษา

1.6 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไขเป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปใช้กับกลุ่มทดลอง

2. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารหลักสูตรเทคนิคการสร้างแบบทดสอบอิงเกณฑ์และแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ พร้อมทั้งวิเคราะห์เนื้อหา ความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้ ตามแผนการจัดการเรียนรู้รายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ โดยให้ครอบคลุมเนื้อหาและจุดประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด

2.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบ และพิจารณาความเหมาะสม แล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความเหมาะสมของ ภาษาที่ใช้ และความชัดเจนของข้อความ โดยพบว่าแบบทดสอบมีค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of Objective Congruence) ระหว่าง 0.65 -1.00 จำนวน 25 ข้อ

2.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนดรุณปุระกอน อำเภอสู่ไหโก-ลก จังหวัดนราธิวาส ในปี การศึกษา 2563 จำนวน 30 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง เพื่อนำคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ที่ได้จากการทดลองใช้ (Try Out) มา วิเคราะห์หาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย ตั้งแต่ 0.20–0.78 และมีค่าอำนาจจำแนกรายข้อตั้งแต่ 0.20-0.77 และหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ทั้งฉบับโดยคำนวณจากสูตร KR20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (สุริพร อนุศาสนนันท์, 2554) โดยมีค่าความเชื่อมั่น เท่ากับ 0.68

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล

สำหรับการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เก็บข้อมูลด้วยตนเองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษาที่ 2563 โดยใช้การสอนแบบซิปปาและการสอนแบบปกติในรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว กับกลุ่มตัวอย่างและกลุ่มควบคุมที่เลือกไว้ โดยเก็บรวบรวมข้อมูลดังนี้

3.1 ทดสอบก่อนเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยทดสอบทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.2 ดำเนินการทดลองโดยโดยใช้การสอนแบบซิปปา มีการทดสอบย่อยเป็นรายบุคคล คะแนนที่ได้จากการทดสอบย่อยของแต่ละคนมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับรูปแบบการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและดำเนินการทดลองโดยจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ จำนวน 6 แผน เพื่อสอนให้กับนักเรียน

3.3 ทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แล้วนำไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณ ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ผู้วิจัยได้นำผลการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนไปวิเคราะห์ด้วยวิธีทางสถิติ คือ สถิติการทดสอบค่า t (t-test) โดยเปรียบเทียบคะแนนหลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยวิธีการสอนแบบซิปปาและวิธีการสอนแบบปกติ โดยใช้สถิติทดสอบแบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (T-test for Independent Samples) และศึกษาคะแนนพัฒนาการของนักเรียนที่เรียนโดยวิธีการสอนแบบซิปปา โดยใช้สูตรคะแนนพัฒนาการและแปลคะแนนตามเกณฑ์ระดับพัฒนาการ สำหรับการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ ผู้วิจัยพิจารณาผลงานเขียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างจากการทดสอบย่อยเป็นรายบุคคล คะแนนที่ได้จากการทดสอบย่อยของแต่ละคนมาวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับรูปแบบการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวและผลการสัมภาษณ์ของนักเรียนเป้าหมายของผู้วิจัยเกี่ยวกับรูปแบบการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียวแล้ววิเคราะห์ข้อมูล

ผลการวิจัย

ตอนที่ 1 การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ระหว่างการเรียนการสอนแบบซิปปาและการเรียนแบบปกติ

ตารางที่ 1 แสดงการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยคะแนนหลังเรียนระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปา และการเรียนแบบปกติ โดยใช้สถิติทดสอบแบบกลุ่มตัวอย่างที่เป็นอิสระจากกัน (T-test for Independent Samples)

การทดสอบหลังเรียน	จำนวน	ค่าเฉลี่ย	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน	T	Sig
การสอนแบบซิปปา	34	12.82	1.93	7.26**	.00
การสอนแบบปกติ	30	7.78	3.57		

**มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 1 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบซิปปามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน รายวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .01

ตอนที่ 2 คะแนนพัฒนาการ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงคะแนนพัฒนาการของแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนโดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปา

การทดสอบ	ค่าเฉลี่ยคะแนน ก่อนเรียน	ค่าเฉลี่ยคะแนน หลังเรียน	ค่าเฉลี่ย คะแนนความ แตกต่าง	คะแนน พัฒนาการ สัมพัทธ์	ส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐาน
การสอน แบบซิปปา	3	12.82	9.76	57.23	5.25

จากตาราง 2 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบซิปปา มีคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวเพิ่มขึ้น เฉลี่ยร้อยละ 57.23 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยร้อยละ 5.25

ตารางที่ 3 ระดับเกณฑ์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ของนักเรียนที่มีคะแนนพัฒนาการหลังจากได้รับวิธีการสอนแบบชิปปาแต่ละระดับพัฒนาการ

เกณฑ์คะแนน พัฒนาการสัมพัทธ์	ระดับพัฒนาการ	นักเรียน (คน)	ร้อยละ
76 - 100	พัฒนาการระดับสูงมาก	2	5.88
51 - 75	พัฒนาการระดับสูง	20	58.82
26 - 50	พัฒนาการระดับกลาง	12	35.29

จากตาราง 3 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบชิปปา มีระดับเกณฑ์พัฒนาการจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียว มีนักเรียนจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 5.88 ของนักเรียนทั้งหมด มีเกณฑ์คะแนนพัฒนาการระดับสูงมาก มีนักเรียนจำนวน 12 คน คิดเป็นร้อยละ 35.29 ของนักเรียนทั้งหมด มีเกณฑ์คะแนนพัฒนาการระดับกลาง และมีนักเรียนจำนวน 20 คน คิดเป็นร้อยละ 58.82 ของนักเรียนทั้งหมด มีเกณฑ์คะแนนพัฒนาการระดับสูง แสดงว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบชิปปามีเกณฑ์คะแนนพัฒนาการระดับสูง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพเกี่ยวกับรูปแบบการแก้โจทย์ปัญหา เรื่อง สมการสมการกำลังสองตัวแปรเดียวของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบชิปปา ผู้วิจัยได้วิเคราะห์ผลงานเขียนของนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยรายละเอียดมีดังนี้

เมื่อพิจารณาเนื้อหา เรื่อง สมการกำลังสองตัวแปรเดียวรายข้อ ซึ่งประกอบด้วย การแก้สมการกำลังสองตัวแปรเดียวโดยการแยกตัวประกอบ การแก้สมการกำลังสองตัวแปรเดียวโดยการทำเป็นกำลังสองสมบูรณ์ และการแก้สมการกำลังสองตัวแปรเดียวโดยใช้สูตร พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ ร้อยละ 60 สามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้โจทย์ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ โดยการแยกตัวประกอบ กำลังสองสมบูรณ์และโดยใช้สูตรได้ เพราะนักเรียนสามารถตีความ โยงความสัมพันธ์ที่โจทย์กำหนดให้และสิ่งที่โจทย์ถามได้ และพบว่ารูปแบบการสอนแบบชิปปาช่วยให้ผู้เรียนได้มีบทบาทและมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและได้เรียนรู้จากกันและกัน มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ ความคิดเห็นและประสบการณ์ ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการต่าง ๆ ร่วมกับการผลิตผลงานซึ่งมีความคิดสร้างสรรค์ที่หลากหลายและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน

อภิปรายผล

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบชิปปา มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชา

คณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบซิปปาได้ยึดหลักการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญในตัวหลักการคือการช่วยให้ผู้เรียนได้มีบทบาทและมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้ให้มากที่สุด มีปฏิสัมพันธ์ต่อกันและได้เรียนรู้จากกันและกัน มีการแลกเปลี่ยนข้อมูลความรู้ ความคิดเห็น และประสบการณ์ ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการต่าง ๆ ร่วมกับการผลิตผลงานซึ่งมีความคิดสร้างสรรค์ที่หลากหลาย และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวัน ให้นักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองตามแนวคิดคอนสตรัคติวิซึม (ทึศนา แคมมณี, 2548) และสอดคล้องกับงานวิจัยของสุพัตรา เพ็ชรกำแหง (2561) ทำการวิจัยเรื่องผลการเรียนรู้โดยใช้ซิปปาโมเดลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทักษะการทำงานเป็นทีมและเจตคติต่อคณิตศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังการเรียนรู้โดยใช้ซิปปาสีสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปามีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ทั้งนี้เนื่องจากการสอนแบบซิปปาเป็นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้มีคุณภาพ โดยมีขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ 7 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การทบทวนความรู้เดิม ขั้นที่ 2 การแสวงหาความรู้ใหม่ ขั้นที่ 3 การศึกษาทำความเข้าใจข้อมูล/ความรู้ใหม่ และเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ขั้นที่ 4 การแลกเปลี่ยนความรู้ ความเข้าใจกับกลุ่ม ขั้นที่ 5 การสรุปและจัดระเบียบความรู้ ขั้นที่ 6 การปฏิบัติ และ/หรือการแสดงผลงาน และขั้นที่ 7 การประยุกต์ใช้ความรู้ จึงทำให้รูปแบบนี้ มีคุณสมบัติครบตามหลักกระบวนการซิปปาซึ่งเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดทักษะการเรียนรู้อย่างเป็นกระบวนการ เกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ ส่งผลต่อคะแนนพัฒนาการของผู้เรียน (เสฏฐวุฒิ ไกรศรี และสมจิตรา เรืองศรี, 2563)

สรุปผล

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบซิปปามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรายวิชาคณิตศาสตร์หลังเรียนสูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ที่ระดับนัยสำคัญ .01
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบซิปปามีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับสูง

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะจากงานวิจัย

1.1 การเตรียมตัวของครู ครูควรมีความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาเป็นอย่างดี มีการวางแผนงานอย่างเป็นขั้นตอน และสามารถดำเนินการอย่างเป็นระบบ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายและมีประสิทธิภาพมากขึ้น และครูจะต้องชี้แจงก่อนการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจรูปแบบและวัตถุประสงค์ของการจัดการเรียนรู้ เพื่อให้การเรียนรู้ดำเนินการเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ

1.2 การเตรียมตัวของผู้เรียน ครูควรปรับทัศนคติในบทบาทหน้าที่และการเรียนรู้ของผู้เรียน และผู้เรียนต้องได้รับการวางพื้นฐาน และฝึกทักษะที่จำเป็นในการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เช่น กระบวนการคิด การทำงานกลุ่ม การอภิปราย การนำเสนอผลงานและการประเมินผล

2. ข้อเสนอแนะการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรมีการศึกษาค้นคว้าของการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาที่มีต่อทักษะอื่น ๆ เช่น ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา พฤติกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ความคิดสร้างสรรค์ เป็นต้น

2.2 ควรนำการจัดการเรียนรู้แบบซิปปาไปใช้ร่วมกับการจัดการเรียนรู้ร่วมกับแนวคิดอื่นๆเพื่อให้ได้แนวทางการจัดการเรียนรู้ที่หลากหลายมากขึ้น

อ้างอิง

- ทศนา แหมมณี. (2548). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง CIPPA MODEL. วารสารครู
ศาสตร์, 24(5). 1 – 30.
- ปวีศา บุญจันทร์. (2562). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง ทศนิยมและเศษส่วน ชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 1 ระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบซิปปาที่ส่งเสริมการคิดวิเคราะห์กับการจัด
กิจกรรมการเรียนรู้แบบปกติ. บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 1-202.
- สำนักทดสอบทางการศึกษา. (2563). ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติด้านพื้นฐาน (O-NET) ปีการศึกษา
2562. สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ
- สุพัตรา เพ็ชรกาแหง, ยุภาดี ปณระราช, เสาวนีย์ บุญทอ. (2561). ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้CIPPA Model ที่
มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ทักษะการทำงาน เป็นทีม และเจตคติต่อคณิตศาสตร์

สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5. ใน : รายงานสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการระดับชาติ “ครุศาสตร์ศึกษา ครั้งที่ 1 2018. คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. กำแพงเพชร: คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏกำแพงเพชร. 798-807.

สุรีพร อนุศาสนนันท์. (2554). การวัดและการประเมินผลในชั้นเรียน. ชลบุรี. เกดก๊อดครีเอชั่น. 180.

เสถียรอุทัย ไกรศรีและสมจิตรา เรืองศรี. (2563). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง สมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว โดยการจัดการเรียนรู้แบบซิปปา (CIPPA MODEL) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วารสารคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง. 1-15.

ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และ
แมลงหนอนปลอกน้ำ ในน้ำตกศรีทักซินและน้ำตกบาละ
เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส
Diversity of Larvae of Mayflies, Stoneflies and Caddisflies
(Order Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in
Sritaksin and Bale Waterfalls, Hala-Bala Wildlife Sanctuary,
Narathiwat Province

ไชนับ มะเต็ง¹ ปัทมาพร ราชสุวรรณ¹ และกิตติยา ถาวโรฤทธิ์^{1*}
Sainab Madeng¹ Pattamaporn Rajsuwan¹ and Kitiya Thawarorit^{1*}

(Received: 15 November, 2022 ; Revised: 1 December, 2022 ; Accepted 15 December, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว อันดับ Ephemeroptera แมลงเกาะหิน อันดับ Plecoptera และแมลงหนอนปลอกน้ำ อันดับ Trichoptera (แมลงน้ำกลุ่ม EPT) ในน้ำตกศรีทักซินและน้ำตกบาละ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส เก็บตัวอย่างภาคสนามตั้งแต่เดือนมิถุนายนถึงกันยายน 2562 และกุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน 2563 โดยใช้สวิงปากรูปตัวดีและเก็บด้วยมือ พร้อมทั้งวัดค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ น้ำ ความลึกและความกว้างของลำธาร ความเร็วกระแสน้ำ ของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรด-ด่าง โดยใช้เครื่องมือวัดในภาคสนาม ผลการศึกษาพบตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ทั้งหมด 6,827 ตัว 24 วงศ์ 43 สกุล แมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายมากที่สุด พบ 17 วงศ์ 29 สกุล (67.44 %) รองลงมา คือ แมลงชีปะขาวพบ 4 วงศ์ 8 สกุล (18.60 %) และแมลงเกาะหิน 3 วงศ์ 6 สกุล (13.96 %) ตามลำดับ น้ำตกบาละพบแมลงน้ำกลุ่ม EPT 38 สกุล มากกว่าน้ำตกศรีทักซินพบ 36 สกุล โดยแมลงหนอนปลอกน้ำ วงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายมากที่สุด พบ 7 สกุล *Hydropsyche* มีความชุกชุมมากที่สุด 1,666 ตัว สกุล *Hydropsyche* และ *Chimarra* พบได้ทั่วไปและมีการกระจายตัวกว้างพบทั้งสองสถานี่และทุกเดือนที่ศึกษา แมลงหนอนปลอกน้ำสกุล *Hydroptila* (วงศ์ Hydroptilidae) มีการกระจายตัว

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

*Corresponding Author, E-mail: kitiya.t@pnu.ac.th

แคบ พบจำนวนน้อยและพบในน้ำตกบาเลเท่านั้น การศึกษาค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด อุณหภูมิ และความกว้างของลำธาร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติระหว่างสถานที่ศึกษา ($P<0.05$) การวิเคราะห์การจัดกลุ่มสถานที่ด้วย cluster analysis สามารถจัดสถานที่ศึกษาได้ 4 กลุ่ม และการวิเคราะห์การจัดอันดับด้วย canonical correspondence analysis (CCA) พบว่าค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำ มีความสัมพันธ์ต่อการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT

คำสำคัญ: ตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ลำธารต้นน้ำ พื้นที่ป่าอนุรักษ์

Abstract

The objective of this research was to study the diversity of larvae of mayflies: Ephemeroptera, stoneflies: Plecoptera and caddisflies: Trichoptera (EPT group) in Sritaksin and Bale Waterfalls, Hala-Bala Wildlife Sanctuary, Narathiwat Province. Field samplings were collected during June to September 2019 and February to June 2020. Samples were collected using a D-frame net and hand picking. Some physico-chemical parameters of water quality: water temperature, stream depth and width, velocity, total dissolved solid, electrical conductivity, dissolved oxygen and pH were also measured using water quality equipments. Six thousand, eight hundred and twenty-seven larvae were found. Twenty-four families and forty-three genera were identified. Trichoptera was the most diverse taxa including 29 genera 17 families (67.44%) followed by Ephemeroptera 8 genera 4 families (18.60%) and Plecoptera 6 genera 3 families (13.96%), respectively. Diversity of EPT was found in Bale Waterfall more than in Sritaksin Waterfall (38 and 36 genera), respectively. The results of this study also showed that Hydropsychidae (caddisflies) was the most diverse taxa including 7 genera which *Hydropsyche* was the most abundant with 1,666 individuals. *Hydropsyche* and *Chimarra* were common and widespread taxa, found at all sites and in every month of study duration. On the contrary, *Hydroptila* (Hydroptilidae) was narrowly distributed only in Bale Waterfall. The physico-chemical parameters of water quality including pH, dissolved oxygen, electrical conductivity, total dissolved solid, water temperature and stream width were significantly different between sampling sites ($P<0.05$). The cluster analysis could categorize the sampling sites into 4 groups

and the results of canonical correspondence analysis (CCA) showed that the physico-chemical parameters were correlated with the distribution of EPT larvae.

Key word: EPT larvae, headwater stream, protected area

บทนำ

แมลงน้ำ (aquatic insects) เป็นแมลงที่มีวงจรชีวิตอย่างน้อยช่วงหนึ่งอาศัยอยู่ในน้ำ พบได้ตามแหล่งน้ำธรรมชาติและที่มนุษย์สร้างขึ้น ส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำจืดและน้ำกร่อย พบน้อยที่อาศัยในน้ำเค็ม แมลงน้ำมีความสำคัญในแง่การถ่ายทอดพลังงาน และการหมุนเวียนของสารในระบบนิเวศน้ำ มีส่วนช่วยในกระบวนการฟื้นฟูของแหล่งน้ำ โดยทำหน้าที่กำจัดซากพืชและซากสัตว์ที่สะสมในน้ำ อีกทั้งเป็นตัวเชื่อมโยงระบบนิเวศน้ำและระบบนิเวศบก (Sangpradub, 2016) แมลงน้ำอันดับ Ephemeroptera (แมลงชีปะขาว) Plecoptera (แมลงเกาะหิน) และ Trichoptera (แมลงหนอนปลอกน้ำ) หรือแมลงน้ำกลุ่ม EPT มีความไวต่อการเปลี่ยนแปลงของสิ่งแวดล้อม และทนต่อมลพิษในแหล่งน้ำได้น้อย ด้วยคุณสมบัตินี้จึงมีการศึกษาแมลงน้ำกลุ่ม EPT เป็นดัชนีชีวภาพในการประเมินคุณภาพแหล่งน้ำ (Boonsoong, 2014)

เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง จังหวัดอุทัยธานี เป็นป่าดิบชื้นเขตร้อนที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยทรัพยากรพืชและสัตว์ นอกจากนี้ยังเป็นแหล่งกำเนิดของแม่น้ำที่สำคัญในพื้นที่ภาคใต้ตอนล่าง เช่น แม่น้ำโก-ลก แม่น้ำปัตตานี แม่น้ำสายบุรี เป็นต้น มีลำธารที่มีน้ำไหลตลอดปี ประกอบด้วยลานหินขนาดใหญ่ ก้อนหินหลายขนาด ตะกอนพื้นท้องน้ำมีกรวด หิน และซากอินทรีย์ที่เกิดจากการร่วงหล่นของใบไม้ริมลำธาร นับว่าเป็นแหล่งอาศัยที่เหมาะสมต่อแมลงน้ำกลุ่ม EPT ทั้งนี้ได้มีรายงานการศึกษาแมลงน้ำในพื้นที่ป่าอนุรักษ์แห่งนี้ Thawarorit, Suksupan & Sangpradub (2017) ศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำ จากน้ำตกสายรุ้ง น้ำตกสิรินธร น้ำตกบาละ และน้ำตกศรีทักษิณ พบ 39 สกุล 23 วงศ์ แมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายมากที่สุด รองลงมาคือ แมลงชีปะขาว และแมลงเกาะ-หิน ตามลำดับ วงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายที่สุด Rajsuan, Thawarorit & Puwaphut (2021) รายงานความหลากหลายของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae พบว่าสกุล *Cheumatopsyche*, *Hydropsyche* และ *Hydromanicus* เป็นสกุลเด่นที่พบในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง นอกจากนี้ Teh, Thawarorit & Suksupan (2021) ศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลง หนอนปลอกน้ำ ในน้ำตกป่าโจ อุทยานแห่งชาติบูโด-สุไหงปาดี จังหวัดนราธิวาส พบ 9 วงศ์ 14 สกุล วงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายมากที่สุด จะเห็นได้ว่าแมลงน้ำกลุ่ม EPT มีความหลากหลายในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ซึ่งได้รับการรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์น้อย ดังได้กล่าวมาแล้ว มีรายงานการศึกษาแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในพื้นที่เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าห้วยขาแข้ง Thawarorit et al.

(2017) พบ 12 วงศ์ 26 สกุล ในน้ำตกศรีทักษิณและบาละ โดยเก็บตัวอย่างเป็นระยะเวลา 3 เดือน (เดือนละ 1 ครั้ง) ซึ่งผู้วิจัยเห็นว่าอาจจะได้ข้อมูลยังไม่เพียงพอสำหรับการศึกษาความหลากหลายและการกระจายตัว ดังนั้นในการศึกษาครั้งนี้จึงสนใจศึกษาความหลากหลายของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา ซึ่งทั้งสองลำธารไม่ได้เป็นลำธารที่เกิดจากสายน้ำเดียวกัน มีลักษณะทางกายภาพของลำธารที่แตกต่างกันทั้งแหล่งอาศัย ขนาดความกว้างและการปกคลุมของต้นไมริมลำธาร รายงานการศึกษานี้จะเป็นข้อมูลพื้นฐานด้านความหลากหลายทางชีวภาพของแมลงน้ำในพื้นที่ป่าอนุรักษ์และเป็นประโยชน์ต่อผู้สนใจศึกษาแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในด้านอื่น ๆ ในอนาคตต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

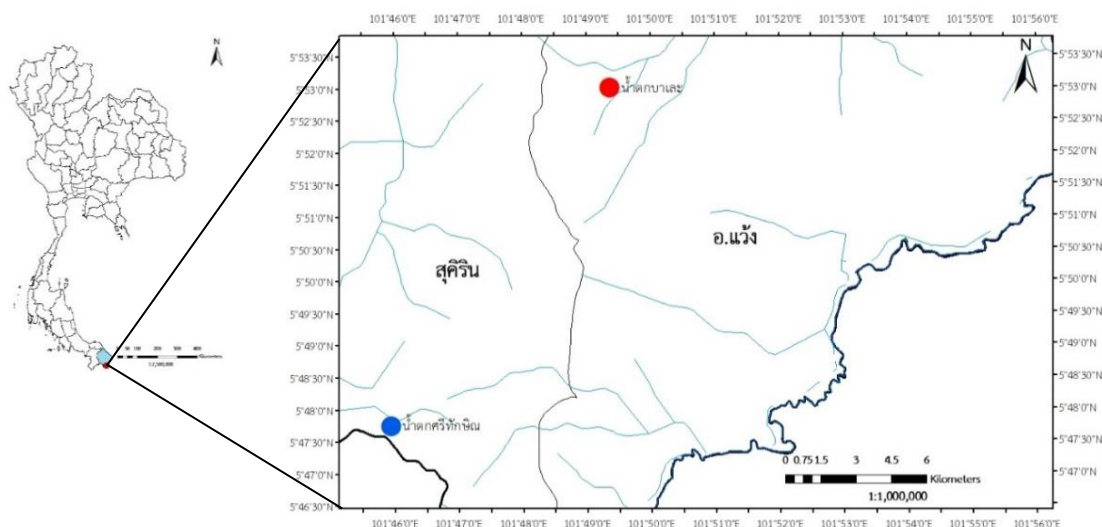
1. เพื่อศึกษาความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา
2. เพื่อศึกษาเปรียบเทียบปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำระหว่างสถานที่ศึกษา และความสัมพันธ์ต่อการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT

วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ระหว่างเดือนมิถุนายนถึงกันยายน พ.ศ. 2562 และ กุมภาพันธ์ถึงมิถุนายน พ.ศ. 2563 จำนวน 8 ครั้ง เป็นระยะเวลา 8 เดือน จากน้ำตกศรีทักษิณ พิกัด $05^{\circ} 47' 45.3''$ N, $101^{\circ} 45' 55.9''$ E มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 293 เมตร (ภาพที่ 1) ในลำธารมีก้อนหินขนาดใหญ่และขนาดกลางจำนวนมาก ตะกอนพื้นท้องน้ำมีกรวด และมีตะกอนการสะสมของเศษใบไม้มากเนื่องจากมีต้นไม้ใหญ่ปกคลุมริมลำธารและมีพื้นที่โดยรอบเป็นป่า และน้ำตกบาละ พิกัดที่ $05^{\circ} 53' 00.4''$ N, $101^{\circ} 49' 21.6''$ E มีความสูงจากระดับน้ำทะเล 80 เมตร พื้นท้องน้ำส่วนใหญ่เป็นกรวด หวาย บริเวณลำธารมีก้อนหินขนาดกลาง และก้อนหินขนาดใหญ่ มีตะกอนการสะสมของเศษใบไม้เล็กน้อย บริเวณริมฝั่งด้านหนึ่งของลำธารปรากฏร่องรอยการใช้ประโยชน์จากกิจกรรมของมนุษย์ เก็บตัวอย่างแมลงน้ำกลุ่ม EPT โดยใช้สวิงปากรูปตัวดี (D-frame net) ขนาดตาข่าย 450 ไมโครเมตรและเก็บด้วยมือ (hand picking) ให้ครอบคลุมพื้นที่แหล่งอาศัยย่อย โดยเก็บสถานีละ 20 สวิง คัดแยกตัวอย่างออกจากเศษใบไม้และตะกอนดิน แล้วรักษาสภาพด้วยแอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 ตรวจสอบเอกลักษณ์โดยพิจารณาจากลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกตามหลักอนุกรมวิธานถึงระดับสกุล ใช้คู่มือในการจำแนก ได้แก่ Sangpradub & Boonsoong (2006); Yule & Sen (2004); Morse Lian & Lixin (1994); Holzenthal, Blahnik, Prather & Kjer (2007) และวัดค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีของน้ำ (Physico-

chemical parameters) ได้แก่ ความเร็วกระแส น้ำ วัดด้วยเครื่องมือวัดการไหลของน้ำ (flow meter) รุ่น flowach FP111 อุณหภูมิ น้ำ ค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ (dissolved oxygen: DO) ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด (total dissolved solid: TDS) และค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ (electrical conductivity: EC) วัดด้วยเครื่อง Portable multi-parameter meter รุ่น BENTE 900P ความกว้างและความลึกของลำธารวัดด้วยตลับเมตร

การวิเคราะห์ผลทางสถิติ ศึกษาดัชนีความหลากหลายของ Shannon-Wiener's index (H') และดัชนีความสม่ำเสมอ (Evenness indices) วิเคราะห์ความแตกต่างของปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำระหว่างสถานที่ศึกษาในแต่ละเดือน โดยใช้การทดสอบ t-test ที่ระดับความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ($P < 0.05$) โดยใช้โปรแกรม SPSS และการวิเคราะห์หลายตัวแปร (multivariate analysis) จัดอันดับสถานที่ (ordination) จากข้อมูลชนิดและความชุกชุมของแมลงน้ำกลุ่ม EPT (EPT assemblages) วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำด้วยวิธี canonical correspondence analysis (CCA) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติหลายตัวแปรโดยใช้โปรแกรม PC-ORD version 5.10



ภาพที่ 1 แผนที่แสดงสถานที่ที่เก็บตัวอย่างตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักซิมและน้ำตกบาละ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส

ผลการวิจัย

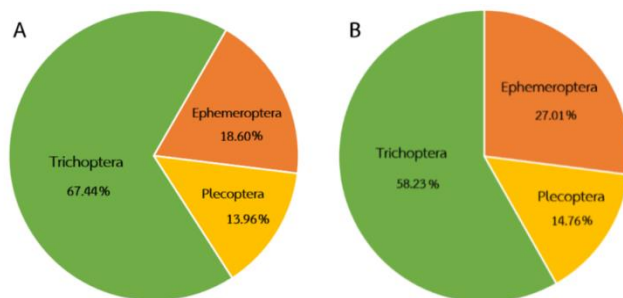
ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และหนอนปลอกน้ำในน้ำตกศรีทักซิมและน้ำตกบาละ พบจำนวน 6,827 ตัว จำแนกเป็น 24 วงศ์ 43 สกุล แมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายมากที่สุด พบ 17 วงศ์ 29 สกุล (ร้อยละ 67.44) รองลงมาคือ แมลงชีปะขาวพบ 4 วงศ์ 8 สกุล (ร้อยละ 18.60) และ

แมลงเกาะหิน 3 วงศ์ 6 สกุล (ร้อยละ 13.96) ตามลำดับ (ภาพที่ 2) แมลงหนอนปลอกน้ำมีความชุกชุมมากที่สุด พบ 3,975 ตัว (ร้อยละ 58.23) รองลงมาคือแมลงชีปะขาว พบ 1,844 ตัว (ร้อยละ 27.01) และแมลงเกาะหิน พบ 1,008 ตัว (ร้อยละ 14.76) ตามลำดับ (ภาพที่ 2) โดยน้ำตกบาและพบแมลงน้ำกลุ่ม EPT 38 สกุลมีความหลากหลายมากกว่าน้ำตกศรีทักษิณพบ 36 สกุล ความชุกชุมของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกบาและพบ 3,795 ตัว (ชุกชุมมากที่สุดในเดือนมีนาคม จำนวน 878 ตัว) มีความชุกชุมมากกว่าในน้ำตกศรีทักษิณซึ่งพบ 3,032 ตัว (ชุกชุมมากที่สุดในเดือนมิถุนายน 2563 จำนวน 554 ตัว) การศึกษาครั้งนี้มีค่าดัชนีความหลากหลายเท่ากับ 2.57 และค่าดัชนีความสม่ำเสมอเท่ากับ 0.68 (ตารางที่ 1)

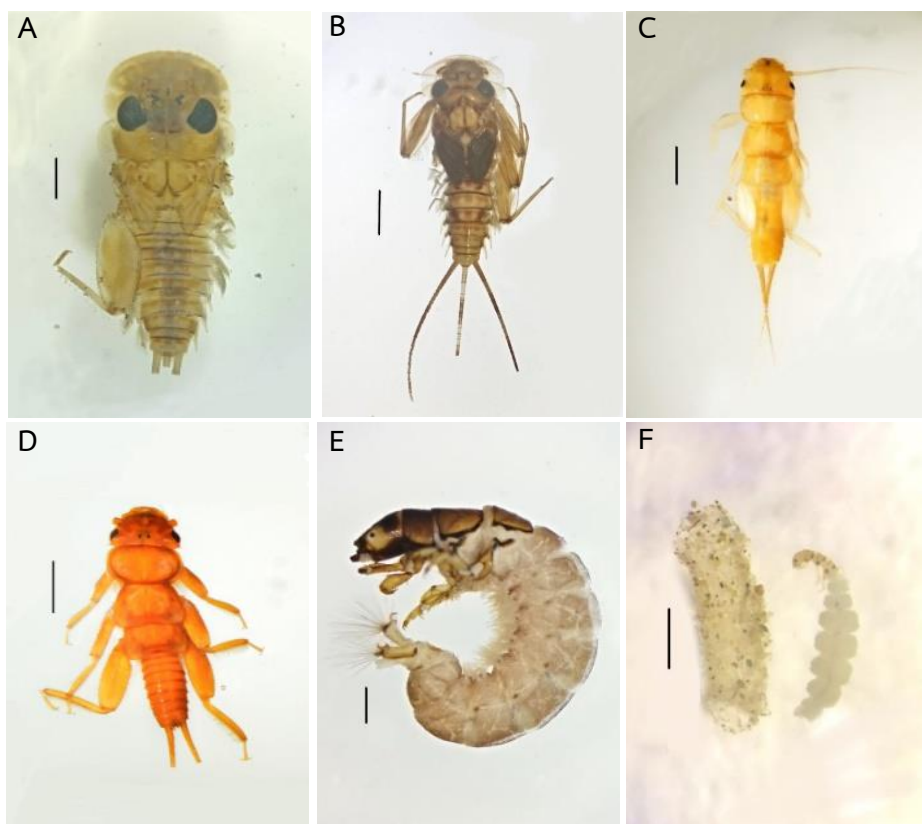
แมลงชีปะขาว อันดับ Ephemeroptera พบ 4 วงศ์ 8 สกุล สกุล *Trichogenia* (วงศ์ Heptageniidae) (ภาพที่ 3) และ *Teloganodes* (วงศ์ Teloganodidae) พบได้ทั่วไปและมีการกระจายตัวกว้าง พบทั้งสองลำธารและเกือบทุกเดือนที่เก็บตัวอย่าง สกุล *Acentrella* (วงศ์ Beatidae) มีความชุกชุมและเป็นสกุลเด่นในน้ำตกบาและ สกุล *Caenis* (วงศ์ Caenidae) กระจายตัวน้อยในน้ำตกบาและ พบในเดือนมิถุนายน 2562 เท่านั้น (ภาพที่ 3)

แมลงเกาะหิน อันดับ Plecoptera พบ 3 วงศ์ 6 สกุล วงศ์ Perlidae เป็นวงศ์เด่นพบ 3 สกุล สกุล *Neoperla* และ *Etrocorema* (ภาพที่ 3) มีการกระจายตัวกว้างพบทุกเดือนที่เก็บตัวอย่างในทั้งสองลำธาร สกุล *Cryptoperla* (วงศ์ Peltoperlidae) พบเกือบทุกเดือนที่เก็บตัวอย่างในน้ำตกศรีทักษิณ แต่พบน้อยในน้ำตกบาและ พบเพียง 1 ตัวในเดือนมีนาคม และสกุล *Amphinemoura* (วงศ์ Nemouridae) มีการกระจายตัวน้อย พบเพียง 3 ตัวเท่านั้นในเดือนมีนาคมจากทั้งสองน้ำตก

แมลงหนอนปลอกน้ำ อันดับ Trichoptera พบ 17 วงศ์ 29 สกุล วงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายมากที่สุดพบจำนวน 7 สกุล รองลงมาคือ วงศ์ Leptoceridae จำนวน 4 สกุล วงศ์ Glossosomatidae, Philopotamidae และ Calamoceratidae พบ 2 สกุล อีก 12 วงศ์พบเพียง 1 สกุล โดยสกุลที่มีความชุกชุมมากที่สุดคือ *Hydropsyche* จำนวน 1,666 ตัว (ภาพที่ 3) รองลงมาคือ *Cheumatopsyche* และ *Chimarra* ตามลำดับ สกุลที่มีจำนวนตัวน้อยที่สุดคือ *Hydroptila* (วงศ์ Hydroptilidae) พบเพียง 1 ตัว (ภาพที่ 3) ที่น้ำตกบาและในเดือนกันยายน



ภาพที่ 2 ร้อยละความหลากหลาย (A) และร้อยละความชุกชุม (B) ของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาและ เขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส



ภาพที่ 3 ตัวอย่างแมลงน้ำกลุ่ม EPT ระยะตัวอ่อน A: สกุล *Trichogenia*, B: *Rhithrogena* (Heptageniidae), C: *Neoperla*, D: *Etrocorema* (Perlidae), E: *Hydropsyche* (Hydropsychidae) และ F: *Hydroptila* (Hydroptilidae) (scale bar ขนาด 1 มิลลิเมตร)

ตารางที่ 1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ

Orders	Families	Genera	2019				2020				Total
Sritaksin Waterfall											
Ephemeroptera	Heptageniidae	<i>Rhithrogena</i>	0	0	0	0	1	7	0	1	9
		<i>Thalerosphyrus</i>	0	13	0	0	0	52	0	7	72
		<i>Trichogenia</i>	14	0	12	56	64	74	23	0	243
	Teloganodidae	<i>Teloganodes</i>	0	8	11	14	12	78	23	2	148
	Caenidae	<i>Caenis</i>	43	1	0	0	4	6	1	0	55
	Baetidae	<i>Platybaetis</i>	0	0	0	0	0	13	5	0	18
		<i>Acentrella</i>	7	2	0	12	12	0	0	0	33
		<i>Labiobaetis</i>	11	43	0	15	96	0	0	0	165
Plecoptera	Perlidae	<i>Etrocorema</i>	56	38	59	17	20	34	17	5	246
		<i>Neoperla</i>	12	9	59	21	21	11	11	1	145
		<i>Togoperla</i>	2	0	32	0	4	9	9	3	59
	Peltoperlidae	<i>Cryptoperla</i>	37	23	16	8	6	6	2	0	98
	Nemouridae	<i>Indonemoura</i>	0	0	0	0	2	6	1	0	9
		<i>Amphinemoura</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus</i>	0	0	0	0	4	8	0	0	12
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	37	25	8	102	34	33	35	20	294
		<i>Wormaldia</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	Calamoceratidae	<i>Anisocentropus</i>	0	2	2	0	0	1	1	0	6
		<i>Ganonema</i>	0	2	0	0	0	2	0	0	4
	Leptoceridae	<i>Triplectides</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1

ตารางที่ 1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ (ต่อ)

Orders	Families	Genera	2019				2020				Total
		<i>Leptocerus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
		<i>Oecetis</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	2
		<i>Molanna</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	1
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i>	0	1	0	1	0	0	1	0	3
	Goeridae	<i>Goera</i>	0	0	1	0	1	0	0	0	2
	Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i>	27	3	1	13	2	3	5	0	54
	Xiphocentronidae	<i>Melanotrichia</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	2
	Rhyacophilidae	<i>Rhyacophila</i>	0	0	0	0	1	1	1	2	5
	Hydropsychidae	<i>Diplectrona</i>	19	2	2	9	14	15	3	2	66
		<i>Cheumatopsyche</i>	1	0	0	20	0	0	0	2	23
		<i>Hydropsyche</i>	7	5	2	181	19	188	309	504	1,215
		<i>Trichomacronema</i>	1	2	0	0	0	1	0	0	4
Sritaksin Waterfall											
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Hydromanicus</i>	1	1	1	5	11	4	1	5	29
Bale Waterfall											
Ephemeroptera	Heptageniidae	<i>Rhithrogena</i>	2	0	1	2	0	4	4	0	13
		<i>Thalerosphyrus</i>	0	1	7	107	11	0	13	0	139
		<i>Trichogenia</i>	32	24	18	1	19	34	54	18	200
	Teloganodidae	<i>Teloganodes</i>	89	42	39	26	12	8	19	12	247
	Caenidae	<i>Caenis</i>	6	0	0	0	0	0	0	0	6

ตารางที่ 1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ (ต่อ)

Orders	Families	Genera	2019				2020				Total
Plecoptera	Baetidae	<i>Platybaetis</i>	1	0	0	0	5	0	0	0	6
		<i>Acentrella</i>	93	45	29	35	46	0	30	32	310
		<i>Labiobaetis</i>	61	0	2	0	33	0	4	20	120
	Perlidae	<i>Etrocorema</i>	9	3	4	15	17	9	9	2	68
		<i>Neoperla</i>	62	61	15	86	24	29	56	29	362
		<i>Togoperla</i>	2	0	0	1	4	7	0	0	14
	Peltoperlidae	<i>Cryptoperla</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Nemouridae	<i>Indonemoura</i>	0	0	0	0	0	3	0	0	3
		<i>Amphinemoura</i>	0	0	0	0	0	2	0	0	2
Trichoptera	Glossosomatidae	<i>Agapetus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	2
		<i>Glossosoma</i>	0	0	0	8	0	0	0	0	8
	Dipseudopsidae	<i>Pseudoneureclipsis</i>	0	1	0	0	3	1	0	0	5
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	43	50	6	47	8	84	85	41	364
		<i>Ganonema</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	1
	Leptoceridae	<i>Triplectides</i>	1	0	0	1	0	0	0	1	3
		<i>Leptocerus</i>	1	0	0	8	0	0	0	0	9
		<i>Setodes</i>	3	1	1	3	0	2	0	0	10
		<i>Oecetis</i>	0	0	0	10	1	0	0	0	11
		<i>Molanna</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	1	0	0	2	0	0	0	0	3

ตารางที่ 1 ความหลากหลายของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักขินและน้ำตกบาละ (ต่อ)

Orders	Families	Genera	2019				2020				Total
	Stenopsychidae	<i>Stenopsyche</i>	7	7	1	87	9	8	8	6	133
	Goeridae	<i>Goera</i>	0	0	0	18	0	0	0	0	18
	Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i>	0	0	0	0	2	8	0	0	10
	Ecnomidae	<i>Ecnomus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	2
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1
	Xiphocentronidae	<i>Melanotrichia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1
	Hydropsychidae	<i>Diplectrona</i>	31	3	3	12	23	62	10	9	153
Bale Waterfall											
Trichoptera	Hydropsychidae	<i>Cheumatopsyche</i>	173	53	27	179	79	351	58	89	1,009
		<i>Hydropsyche</i>	15	8	6	51	17	219	33	102	451
		<i>Macrostemum</i>	6	4	0	23	2	3	0	5	43
		<i>Trichomacronema</i>	0	0	0	1	0	2	0	0	3
		<i>Polymorphanisus</i>	0	0	0	2	0	0	0	0	2
Total number of individuals							6,827				
Total number of genera							43				
Diversity index (H^J)							2.57				
Evenness							0.68				

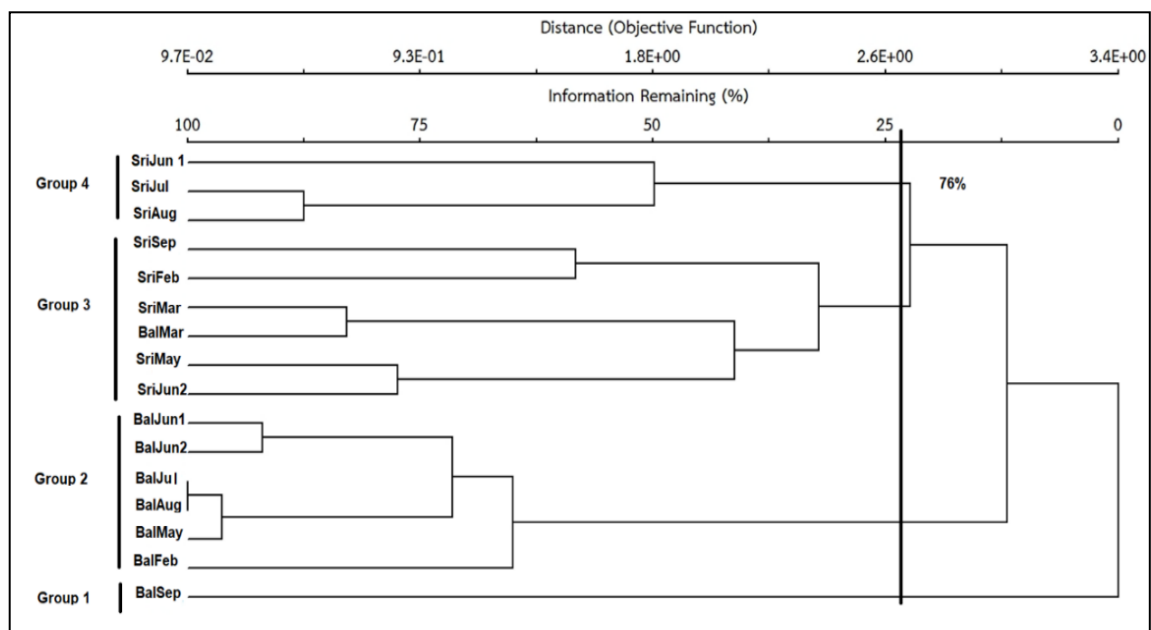
การศึกษาตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ ผลการวิเคราะห์การจัดกลุ่มและการจัดอันดับสถานียาจากข้อมูลสัตว์ด้วย bray-curtis similarity มีค่า percent chaining เท่ากับ 21.13 โดยพิจารณาการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในแต่ละสถานีและเดือนที่ศึกษา ผลการจัดกลุ่มที่ระดับความแตกต่าง 76% สามารถแยกกลุ่มสถานียาออกเป็น 4 กลุ่ม สกูลที่พบได้ทั่วไปและมีการกระจายตัวในทุกเดือนที่ศึกษา ได้แก่ สกูล *Hydropsyche*, *Cheumatopsyche*, *Chimarra*, *Diplectrona*, *Stenopsyche*, *Etrocorema*, *Neoperla*, *Trichogenia*, *Teloganodes*, และ *Acentrella* (ภาพที่ 4)

กลุ่มที่ 1 น้ำตกบาละ (กันยายน 2562) พบสกูล *Glossosoma*, *Ecnomus*, *Hydroptila*, *Polymorphanisus* ที่พบในกลุ่มนี้เท่านั้น

กลุ่มที่ 2 น้ำตกบาละ (มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม 2562 และกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และมิถุนายน 2563) พบการกระจายตัวสกูล *Stenopsyche* มากที่สุด

กลุ่มที่ 3 น้ำตกศรีทักษิณ (กันยายน 2562 และกุมภาพันธ์ มีนาคม พฤษภาคม และ มิถุนายน 2563) และน้ำตกบาละ (มีนาคม 2563) ซึ่งกลุ่มนี้มีความหลากหลายของแมลงน้ำกลุ่ม EPT มาก โดยเฉพาะสกูลที่พบในกลุ่มนี้เท่านั้น คือ *Indonemoura*, *Platybaetis*, *Amphinemoura*, *Rhyacophila*, *Helicopsyche* และ *Wormaldia* (พบที่น้ำตกศรีทักษิณ กันยายน 2562)

กลุ่มที่ 4 น้ำตกศรีทักษิณ (มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม 2562) พบสกูล *Togoperla*, *Cryptoperla*, *Etrocorema*, *Melanotrichia*, *Lepidostoma*, *Anisocentropus* และ *Caenis*



ภาพที่ 4 เดนโดแกรมแสดงการจัดกลุ่ม (cluster analysis) ตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT (percent chaining = 21.13)

หมายเหตุ: ตัวอักษรชุดหน้าคือ สถานีเก็บตัวอย่าง Sri = Sritaksin และ Ba = Bale และตัวอักษรชุดหลังคือ เดือนที่เก็บตัวอย่าง Jun = มิถุนายน Jul = กรกฎาคม Aug = สิงหาคม Sep = กันยายน Feb = กุมภาพันธ์ Mar = มีนาคม May = พฤษภาคม และ Jul2 = มิถุนายน2

ผลการวิเคราะห์ความแตกต่างของค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำระหว่างสถานีที่ศึกษาในแต่ละเดือน โดยใช้การทดสอบ t-test พบว่า ความเป็นกรดต่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด อุณหภูมิและความกว้างของลำธาร ในทั้งสองสถานีมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ในขณะที่ความเร็วของกระแสน้ำ และความลึกของลำธาร ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$) (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean $\pm$ SD) ค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำระหว่างสถานีที่ศึกษาในแต่ละเดือน โดยใช้การทดสอบ t-test ที่ระดับ $P < 0.05$

Physicochemical parameters	Sritaksin Waterfall	Bale Waterfall	t	P-value
Water temperature ($^{\circ}\text{C}$)	22.67 $\pm$ 0.78	26.16 $\pm$ 1.21	-11.844	0.000*
Stream depth (cm)	19.90 $\pm$ 7.76	20.87 $\pm$ 9.24	-0.396	0.694
Stream width (m)	5.06 $\pm$ 0.61	6.44 $\pm$ 2.54	-2.580	0.016**
Velocity (m/s)	0.56 $\pm$ 0.33	0.50 $\pm$ 0.20	0.779	0.440
Total dissolved solid, TDS (mg/l)	9.76 $\pm$ 0.51	12.61 $\pm$ 0.49	-19.570	0.000*
Electrical conductivity, EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	19.64 $\pm$ 0.84	25.22 $\pm$ 1.08	-19.893	0.000*
Dissolved oxygen, DO (mg/l)	8.47 $\pm$ 0.44	7.80 $\pm$ 0.48	4.935	0.000*
pH	7.52 $\pm$ 0.92	6.90 $\pm$ 0.71	2.607	0.012**

หมายเหตุ * แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ ** แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

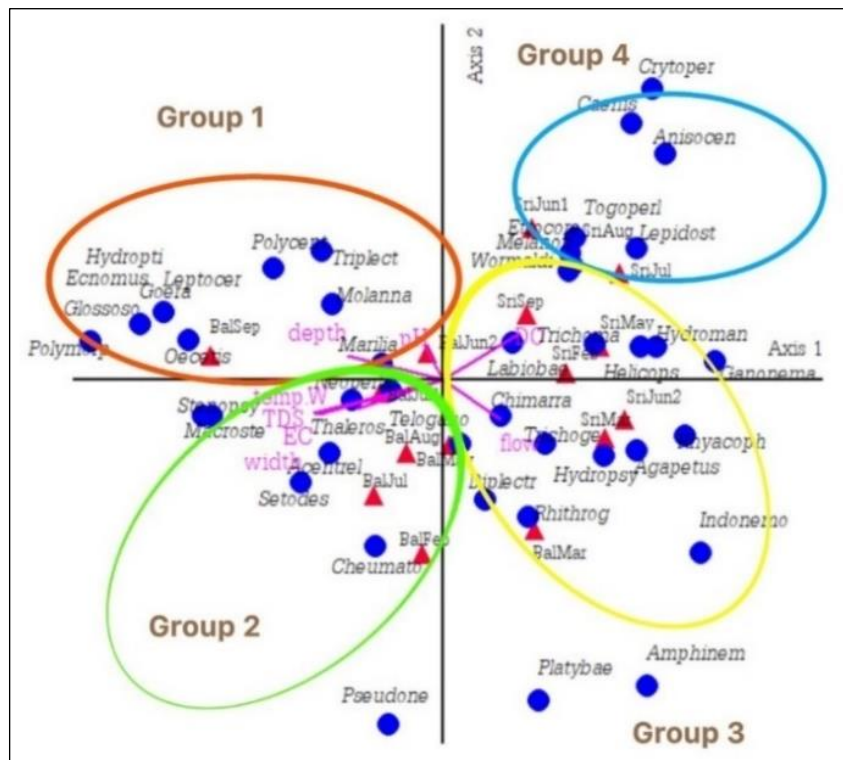
วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำกับการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในแต่ละเดือนและสถานีที่ศึกษาด้วยวิธี CCA พบว่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำ ได้แก่ อุณหภูมิ ความกว้างและความลึกของลำธาร ความเร็วกระแสน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำและความเป็นกรดต่าง มีความสัมพันธ์ต่อการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ซึ่งแบ่งออกได้ 4 กลุ่มดังนี้ (ภาพที่ 5)

กลุ่มที่ 1 น้ำตกบาละ (กันยายน 62) มีค่าความลึกของลำธารสูง พบสกุล *Marilia*, *Ecnomus*, *Hydroptila*, *Goera*, *Glossosoma*, *Oecetis*, *Polymorphanisus*, *Molanna*, *Triplectides* และ *Polycentropus*

กลุ่มที่ 2 น้ำตกบาละ (มิถุนายน กรกฎาคม สิงหาคม 2562 และกุมภาพันธ์ พฤษภาคม และมิถุนายน 2563) มีอุณหภูมิ น้ำ ค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และความกว้างของลำธารมีค่าสูง พบความชุกชุมของสกุล *Teloganodes* *Acentrella* และ *Neoperla* มาก

กลุ่มที่ 3 น้ำตกศรีทักษิณ (กันยายน 2562 และกุมภาพันธ์ มีนาคม พฤษภาคม และมิถุนายน 2563) และน้ำตกบาละ (มีนาคม 2563) มีปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเร็วของกระแสน้ำสูง พบสกุล *Rhithrogena*, *Chimarra*, *Agapetus*, *Hydropsyche* และ *Hydromanicus* มีความชุกชุมมาก

กลุ่มที่ 4 น้ำตกศรีทักษิณ (มิถุนายน กรกฎาคม และสิงหาคม 2562) มีค่าการนำไฟฟ้าของน้ำ ปริมาณของแข็งละลายน้ำทั้งหมด และค่าความกว้างของลำธารน้อย พบสกุล *Caenis*, *Etrocorema*, *Cryptoperla*, *Togoperla* และ *Lepidostoma* มีความชุกชุมมาก และสกุล *Chumatopsyche* พบน้อย



ภาพที่ 5 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ของปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำกับการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักษิณและน้ำตกบาละ ด้วยวิธี CCA

อภิปรายผล

จากผลการศึกษาแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในครั้งนี้พบว่าแมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายมากที่สุด รองลงมาคือ แมลงชีปะขาว และแมลงเกาะหิน ตามลำดับ ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำมีการกระจายตัวได้กว้างเนื่องจากสามารถอาศัยในแหล่งอาศัยย่อยที่หลากหลาย มีการสร้างรังและปลอกจากไหม ทราย กรวด และเศษพืชเพื่อป้องกันตัวจากผู้ล่าและเพิ่มน้ำหนักทำให้ไม่ถูกพัดพาไปกับกระแสน้ำ ช่วยพรางตัวรวมทั้งเอื้ออำนวยให้กระแสน้ำไหลผ่านเหงือกสำหรับการหายใจ ตัวอ่อนบางพวกสร้างที่อยู่อาศัยแบบตรึงอยู่กับที่ โดยจะปั่นใยสานเป็นตาข่ายเพื่อใช้ดักจับและกรองอาหารที่ปนมากับกระแสน้ำ (Wiggins, 1996; Morse, Frandsen, Graf & Thomas 2019) การศึกษาครั้งนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Toyatmak (2011) ศึกษาแมลงน้ำกลุ่ม EPT เป็นตัวบ่งชี้ทางชีวภาพของคุณภาพน้ำในน้ำตกโตนงาช้าง จังหวัดสงขลา พบแมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายมากที่สุด 13 วงศ์ 27 สกุล รองลงมาคือแมลงชีปะขาว 6 วงศ์ 15 สกุล และแมลงเกาะหิน 3 วงศ์ 6 สกุล Thawarorit et al. (2017) ศึกษาความหลากหลายของแมลงชีปะขาว แมลงเกาะหิน และแมลงหนอนปลอกน้ำ ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส พบแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายที่สุด และสกุล *Stenopsyche* (วงศ์ Stenopsychidae) เป็นสกุลเด่น สอดคล้องกับการศึกษาในครั้งพบวงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายมากที่สุดแต่แตกต่างที่การศึกษาครั้งนี้พบว่าสกุล *Hydropsyche* เป็นสกุลเด่นและมีความชุกชุมมาก ซึ่งสอดคล้องกับการศึกษาของ Thawarorit & Sangpradub (2016) ศึกษาความหลากหลายชนิดและการกระจายตัวของตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำในพื้นที่ป่าอนุรักษ์อุทยานแห่งชาติภูกระดึง จังหวัดเลย และเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าภูเขียว จังหวัดชัยภูมิ พบวงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายมากที่สุด สกุล *Hydropsyche* เป็นสกุลที่มีความชุกชุมมาก นอกจากนี้ Teh et al. (2021) รายงานการศึกษาความหลากหลายแมลงหนอนปลอกน้ำในน้ำตกป่าโจ อุทยานแห่งชาติบูโด-สุไหงปาตี จังหวัดนราธิวาส พบว่าวงศ์ Hydropsychidae มีความหลากหลายมากที่สุด ตัวอ่อนแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์นี้เป็นวงศ์เด่นมีความหลากหลายและกระจายตัวได้ดีในทุกภูมิภาคของประเทศไทย ตัวอ่อนสร้างรังเปิดสวนทางกับทิศทางการไหลของกระแสน้ำและอาศัยอยู่ในแหล่งน้ำที่ไหลแรง โดยลักษณะของพื้นที่ท้องน้ำและความเร็วของกระแสน้ำเป็นปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อการกระจายตัวและความชุกชุม พฤติกรรมโดยส่วนมากมักจะเกาะตามใต้หินในกระแสน้ำไหลปานกลางจนถึงแรง (Boonsoong, 2014) ผลการศึกษานี้พบแมลงน้ำกลุ่มกรองกินอนุภาคอินทรีย์ขนาดเล็กมากที่สุด เนื่องจากลำธารทั้งสองเป็นลำธารน้ำไหล มีลานหินขนาดใหญ่ ก้อนหินขนาดกลางและเล็ก พื้นที่ท้องน้ำส่วนใหญ่เป็นกรวด ทราย มีเศษซากอินทรีย์ ซึ่งเป็นแหล่งที่อยู่และแหล่งอาหารของแมลงหนอนปลอกน้ำวงศ์ Hydropsychidae, Philopotamidae และ Stenopsychidae ซึ่งพบมีความชุกชุมมาก สอดคล้องกับการศึกษาของ Kraiphet, Payakka & Prommi (2011) ศึกษาอาหารและบทบาทการกินอาหารของกลุ่มแมลงน้ำในลำห้วยแม่ตาว อำเภอแม่สวด จังหวัดตาก พบแมลงน้ำกลุ่มที่มีการกินแบบกรองกินอนุภาคสารอินทรีย์วงศ์ Hydropsychidae เป็นกลุ่มเด่น

จากผลการศึกษาพบแมลงชีปะขาว 4 วงศ์ 8 สกุล ซึ่ง Boonsoong (2022) ได้รายงานความหลากหลายของแมลงชีปะขาวในประเทศไทยมีจำนวน 19 วงศ์ 73 สกุล 165 ชนิด Thawarorit et al. (2017) รายงานการศึกษาตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา พบว่าสกุลที่มีการกระจายตัวได้น้อยได้แก่ *Caenis* พบจำนวน 2 ตัว ที่น้ำตกบาละ และ *Rhithrogena* จำนวน 1 ตัวที่น้ำตกศรีทักษิณ แต่ผลการศึกษาครั้งนี้พบว่าทั้งสองสกุลมีกระจายตัวในทั้งสองลำธาร สกุล *Caenis* พบ 61 ตัวและ *Rhithrogena* พบ 22 ตัว ดังนั้นการเพิ่มระยะเวลาในการเก็บตัวอย่าง ส่งผลให้พบความหลากหลายและการกระจายตัวของแมลงชีปะขาวได้มากขึ้น แมลงชีปะขาววงศ์ Caenidae กระจายตัวกว้างพบได้ทั่วไปในประเทศไทย พบในลำธารที่มีใบไม้คลุมกับกรวดทราย ตัวอ่อนเก็บกินอนุภาคสารอินทรีย์ขนาดเล็ก เป็นกลุ่มชอบคลาน สกุล *Caenis* มีรายงาน 12 ชนิดในประเทศไทย แมลงชีปะขาวสกุลนี้มีการกระจายตัวกว้างพบได้ทั้งแหล่งน้ำนิ่งและแหล่งน้ำไหล (Boonsoong, 2022) นอกจากนี้ Sangpradub (2016) กล่าวว่าตัวอ่อนแมลงชีปะขาวแต่ละชนิดจะอาศัยบนพื้นที่ที่มีลักษณะของพื้นที่อาศัย ความลึก และความเร็วของน้ำที่เฉพาะเจาะจง

การศึกษาค้นพบแมลงเกาะหินวงศ์ Perlidae มีความหลากหลาย สกุล *Etrocorema* และ *Neoperla* กระจายตัวกว้าง Tangpairojwong (2020) กล่าวว่า แมลงเกาะหินวงศ์ Perlidae ในประเทศไทยมีความหลากหลายชนิด พบจำนวน 12 สกุล โดยสกุลที่พบบ่อยและมีความหลากหลายชนิดคือ *Neoperla* มีรายงาน 14 ชนิด ซึ่งผลการศึกษาครั้งนี้พบแมลงเกาะหินสกุลนี้มีความชุกชุมมากที่สุด นอกจากนี้ Jaihao & Phalaraksh (2013) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคุณภาพน้ำและการกระจายของตัวอ่อนแมลงเกาะหิน ในพื้นที่ซึ่งไม่ถูกรบกวนของอุทยานแห่งชาติห้วยน้ำดัง จังหวัดเชียงใหม่ พบตัวอ่อนแมลงเกาะหิน 15 สกุล 4 วงศ์ วงศ์ Perlidae พบจำนวนตัวมาก Pimthong & Sangpradub (2016) รายงานความหลากหลายของแมลงเกาะหินในลำธารห้วยหญ้าเครือและห้วยพรหมแล้ง อุทยานแห่งชาติน้ำหนาว จังหวัดเพชรบูรณ์ พบตัวอ่อนแมลงเกาะหิน จำนวน 10 สกุล 4 วงศ์ ซึ่งมีความหลากหลายของทั้ง 2 ลำธารเท่ากัน สกุล *Amphinemura* วงศ์ Nemouridae เป็นสกุลเด่น และพบจำนวนตัวมากที่สุด ซึ่งต่างจากผลการศึกษาในครั้งนี้ที่พบสกุลนี้เพียง 3 ตัวเท่านั้น และพบว่าความชุกชุมของแมลงเกาะหินที่น้ำตกศรีทักษิณ มีความชุกชุมมากกว่าน้ำตกบาละ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับค่าปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำ พบว่าน้ำตกศรีทักษิณมีอุณหภูมิที่ต่ำกว่า กระแสน้ำที่ไหลเร็วกว่าและค่าออกซิเจนละลายน้ำที่มากกว่า เนื่องจากในระยะตัวอ่อนของแมลงเกาะหินมักต้องการปริมาณออกซิเจนละลายน้ำที่มาก มีอุณหภูมิต่ำ และกระแสน้ำไหลที่ค่อนข้างเร็ว (Hynes, 1976; Stewart & Stark, 2002)

น้ำตกบาละมีความหลากหลายและความชุกชุมของแมลงน้ำกลุ่ม EPT มากกว่าน้ำตกศรีทักษิณ เนื่องจากลักษณะลำธารมีความกว้าง แสงสามารถส่องถึงได้ มีลานหินขนาดใหญ่ ขนาดกลาง ขนาดเล็ก พื้นท้องน้ำมีกรวด ทราย กล่าวคือ มีแหล่งที่อยู่อาศัยย่อย (microhabitat) ที่หลากหลายเอื้อต่อการดำรงชีวิตของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ซึ่งปัจจัยเหล่านี้เหมาะแก่การดำรงชีวิต อย่างไรก็ตามเมื่อพิจารณาโดยภาพรวม ทั้งสองลำธารมีความหลากหลายและความชุกชุมของตัวอ่อนแมลงน้ำกลุ่ม EPT ไม่แตกต่างกันมากนัก เนื่องจากเป็น

ลำธารต้นน้ำที่อยู่ในพื้นที่ป่าอนุรักษ์ ถึงแม้ว่าจะถูกรบกวนจากกิจกรรมของมนุษย์บ้างแต่ลำธารก็ยังคงมีสภาพเป็นแหล่งน้ำตามธรรมชาติ

สรุปผลการศึกษา

ความหลากหลายของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในน้ำตกศรีทักซิมและน้ำตกบาละ พบทั้งหมด 6,827 ตัว 24 วงศ์ 43 สกุล แมลงหนอนปลอกน้ำมีความหลากหลายมากที่สุด พบ 17 วงศ์ 29 สกุล (ร้อยละ 67.44) รองลงมาคือ แมลงชีปะขาวพบ 4 วงศ์ 8 สกุล (ร้อยละ 18.60) และแมลงเกาะหิน 3 วงศ์ 6 สกุล (ร้อยละ 13.96) ตามลำดับ ดัชนีความหลากหลายมีค่าเท่ากับ 2.57 และดัชนีความสม่ำเสมอมีค่าเท่ากับ 0.68

น้ำตกบาละมีความหลากหลายและความชุกชุมมากกว่าน้ำตกศรีทักซิม พบ 38 สกุล (3,795 ตัว) และ 36 สกุล (3,032 ตัว) ตามลำดับ สกุลเด่นและมีความชุกชุมมากที่สุด คือ *Hydropsyche* และสกุล *Hydroptila* มีความชุกชุมน้อยและกระจายตัวแคบ

การศึกษาปัจจัยทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำพบว่า ความเป็นกรด-ด่าง ปริมาณออกซิเจนที่ละลายน้ำ ค่าการนำไฟฟ้า ปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำทั้งหมด อุณหภูมิและความกว้างของลำธาร มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P < 0.05$) ส่วนความลึกของลำธารและความเร็วของกระแสน้ำ ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P > 0.05$)

การวิเคราะห์การจัดกลุ่มสถานีด้วย cluster analysis สามารถจัดกลุ่มแมลงน้ำกลุ่ม EPT ที่พบในแต่ละเดือนและสถานีที่ศึกษาได้ 4 กลุ่ม และการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีบางประการของน้ำกับการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ด้วยวิธี CCA พบว่าอุณหภูมิ ความกว้างและความลึกของลำธาร ความเร็วกระแสน้ำ ปริมาณของแข็งรวมละลายน้ำทั้งหมด การนำไฟฟ้า ปริมาณออกซิเจนละลายน้ำ และความเป็นกรดต่าง มีความสัมพันธ์ต่อการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT

ข้อเสนอแนะ

สำหรับการศึกษาในอนาคตควรมีการวางแผนการเก็บตัวอย่างให้ครอบคลุมตลอดทั้งปี เพื่อให้ได้จำนวนชนิดที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น และได้ข้อมูลยืนยันชนิดที่มีการกระจายตัวได้กว้างหรือแคบได้ชัดเจนยิ่งขึ้น นอกจากนี้ควรเพิ่มพื้นที่ศึกษา เช่น ลำธารจากแหล่งต้นน้ำอื่นๆ ในภาคใต้ตอนล่างของประเทศไทย หรือลำธารต้นน้ำจากประเทศมาเลเซียที่เป็นประเทศข้างเคียง เพื่อเป็นฐานข้อมูลของความหลากหลายและการกระจายตัวของแมลงน้ำกลุ่ม EPT ในประเทศไทยและในเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ให้เพิ่มมากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ที่ให้งบประมาณสนับสนุนงานวิจัยโครงการทางชีววิทยาประยุกต์ของนักศึกษา ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2564 และขอขอบคุณกรมอุทยานแห่งชาติ สัตว์ป่า และพันธุ์พืช กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม ที่อนุญาตให้คณะผู้วิจัยทำการศึกษาวิจัยในเขตรักษาพันธุ์สัตว์ป่าฮาลา-บาลา จังหวัดนราธิวาส

อ้างอิง

- Boonsoong, B. (2014). *Field Guide to Larvae of Mayflies, Stoneflies and Caddisflies in Thailand*. Kasetsart University Press, Bangkok. (in Thai).
- Boonsoong, B. (2022). *Mayfly Larvae in Thailand*. Pre one Press, Bangkok. 469 pp. (in Thai).
- Holzenthal, R. W., Blahnik, R. J., Prather, A. L. & Kjer, K. M. (2007). Order Trichoptera Kirby, 1813 (Insecta), Caddisflies. *Zootaxa*, 639-698.
- Hynes, H.B.N. (1976). Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology*, 21: 135-153.
- Jaihao, R. & Phalaraksh, C. (2013). Relationship between Water Quality and Distribution of Stonefly Larvae in Pristine Areas at Huai Nam Dung National Park, Thailand. *Khon Kaen University Science Journal*, 41(3), 709-722. (in Thai).
- Kraiphet, S., Payakka, A. & Prommi, T. (2011). Diet and Trophic Groups of an Aquatic Insect Community in Mae Tao Creek, Mae Sot District, Tak Province. *Suleyman Demiral University Research Journal*, 7(1), 83-104. (in Thai).
- Morse, J. C., Frandsen, P. B., Graf, W. & Thomas, J. A. (2019). Review: Diversity and ecosystem services of Trichoptera. *Insects*, 10(5), 1-25.
- Morse, J. C., Lian, Y. & Lixin, T. (eds). (1994). *Aquatic Insects of China Useful for Monitoring Water Quality*. Nanjing: Hohai University Press. 570 pp.
- Pimthong, T. & Sangpradub, N. (2016, January 15). Diversity of Stoneflies Larvae in Yakruae and Phromlaeng Streams, Nam Nao National Park, Phetchabun Province. *The 22nd National and International Graduate Research Conference 2016*. 564-572. Pote Sarasin Building, Khon Kaen University. (in Thai).
- Rajsuan, P., Thawarorit, K. & Puwaphut, R. (2021). Diversity and Distribution of Hydropsychidae (Insecta: Trichoptera) in Hala-Bala Wildlife Sanctuary, Narathiwat Province. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 13(3), 308-326. (in Thai).

- Sangpradub, N & Boonsoong, B. (2006). *Identification of Freshwater Invertebrates of the Mekong River and its Tributaries*. Vientiane: Mekhong River Commission.
- Sangpradub, N. (2016). *Common aquatic insects of Sakaerat Environmental Research Station. Center of Excellence on Biodiversity*. Chulalongkorn University, Bangkok, Thailand. 130 pp. (in Thai).
- Stewart, K. W. & Stark, B. P. (2002). *Nymphs of North American Stonefly Genera (Plecoptera)*. (2nd edition). Columbus: The Caddis Press.
- Tangpaiojwong, N. (2020). *Interesting Aquatic Insects in Thailand*. Khon Kaen University Press, Khon Kaen. 402 pp. (in Thai).
- Teh, N., Thawarorit, K. & Suksupan, P. (2021). Diversity of Caddisflies (Insecta: Trichoptera) in Pacho Waterfall, Budo-Su Ngai Padi National Park, Narathiwat Province. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 13(3), 327-343. (in Thai).
- Thawarorit, K. & Sangpradub, N. (2016). Diversity and Distribution of Larval Caddisflies in the Protected Areas; Phu Kradueng National Park, Loei Province and Phu Khieo Wildlife Sanctuary, Chaiyaphum Province. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 8(1), 101-110. (in Thai).
- Thawarorit, K., Suksupan, P. & Sangpradub, N. (2017). Diversity of Mayflies, Stoneflies and Caddisflies (Order Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in Hala-Bala Wildlife Sanctuary, Narathiwat Province. *Princess of Naradhiwas University Journal*, 9(3), 149-161. (in Thai).
- Toyatmak, P. (2011). *The Use of EPT group as bioindicator of water quality at Ton Nga Chang Waterfall, Songkhla Province*. (Master's Thesis). Thesis, Prince of Songkhla University. (in Thai).
- Wiggins, G.B. (1996). *Larvae of the North American caddisfly genera (Trichoptera)*. (2nd edition). Toronto: University of Toronto Press. 147 pp.
- Yule, C.M. & Sen, Y. H. (2004). *Freshwater Invertebrates of the Malaysian Region*. Malaysia: Academy of Science Malaysia.

การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่ง

Product Development of Crispy Riceberry Snack Bar

อุษา พันฤทธิ์ดำ^{1*}, ภาณิต งามสัมฤทธิ์¹, และอุมพร อาลัย¹
Usa Panritdam^{1*}, Parnit Ngamsamrit¹, and Aumaporn Arlai¹

(Received: 15 November, 2022 ; Revised: 1 December, 2022 ; Accepted 15 December, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่ง ที่ 4 ระดับ คือ 100:0 50:50 60:40 และ 40:60 โดยพิจารณาจากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสด้วยวิธี 9 – point hedonic scale ลักษณะทางด้านเนื้อสัมผัส ค่าสี ค่า a_w ปริมาณความชื้น และองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งจากผลการศึกษาพบว่าสูตรที่มีปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัม 60:40 ผู้ทดสอบชิมให้การยอมรับความชอบโดยรวมมากที่สุด เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ลักษณะเนื้อสัมผัสด้านความแข็ง (Hardness) เท่ากับ 119.96 กรัม ส่วนค่าความสว่าง (L^*) ค่าสีแดง (a^*) และค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น ปริมาณความชื้นเท่ากับ 3.93 เปอร์เซ็นต์ และค่า a_w เท่ากับ 0.38 มีองค์ประกอบทางเคมี คือ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต โปรตีน ไขมัน เส้นใย และเถ้า ร้อยละ 37.35 14.30 25.13 11.22 และ 20.15 ตามลำดับ และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 432.87 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม

คำสำคัญ: ข้าวไรซ์เบอร์รี่ อินทผลัม ค่าความแข็ง

Abstract

The research aimed to study the ratio of Thai - colored indica rice (*Oryza sativa* cv. Riceberry) and dried date plum (*Diospyros lotus* L.) fruits for the development of a crispy

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม นครปฐม 73000

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Pathom Rajabhat University, Nakhon Pathom, 73000

*Corresponding Author, E-mail: usap@webmail.npru.ac.th

riceberry snack bar. Four ratios of riceberry rice and dried date plum fruits used in this study were 100 : 0, 50 : 50, 60 : 40 and 40 : 60. Sensory evaluation in terms of 9 – point hedonic scale were carried out. Quality characteristic, including textural properties, color, moisture content water activity and chemical composition were evaluated. The results showed that the optimum ratio of riceberry rice and dried date plum fruits was 60:40 with the highest overall acceptability ($p \leq 0.05$) when compared to control. The hardness of the developed snack bar from riceberry rice mixed with dried date plum fruits was 119.96 g. A color value of L^* a^* and b^* were increased as the addition level of dried date plum fruits. The water activity (a_w) of the product was 0.38. The content of moisture, carbohydrate, protein, fat, fiber and ash was 3.93, 37.35, 14.30, 25.13, 11.22 and 20.15 percent and would yield energy of 432.87 Kcal per 100 g, respectively.

Keywords: Riceberry rice, Date plum, Hardness

บทนำ

ปัจจุบันผลิตภัณฑ์ธัญพืชธัญชาติชนิดแท่ง (Cereal bar) หรือสแน็กบาร์ (Snack bar) ในท้องตลาดได้รับความนิยมเพิ่มขึ้น โดยเฉพาะในกลุ่มของเด็กจนถึงวัยรุ่น และกลุ่มคนรักสุขภาพ เนื่องจากขนมอบกรอบอัดแท่ง มีรสชาติหวานมัน เนื้อสัมผัสกรอบ เป็นขนมเคี้ยวเล่น และรับประทานได้ง่าย โดยส่วนมากธัญชาติชนิดแท่งจะมีส่วนผสมหลักคือ แป้งจากข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต หรือข้าวกล้องพอง ผสมกับสารให้ความหวาน เช่น น้ำผึ้ง น้ำตาล และกลูโคสไซรัป เป็นต้น (Intharathirach, Waewkum, Lao-ong, Payakta & Singtjong, 2021) นอกจากนี้ยังมีรายงานการวิจัยของ Lainumngen, Saengprakai, Tanjor, Phanpho, & Phodsoongnoen (2020) ได้ศึกษาการนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาผลิตขนมอบกรอบอัดแท่งร่วมกับข้าวเหนียวดำลิ้มผิว และข้าวเหนียวขาว ซึ่งจากผลการทดลองพบว่า ขนมอบอัดแท่งจากข้าวเหนียวดำลิ้มผิวมีปริมาณแอนโทไซยานินสูงที่สุด รองลงมาคือ ข้าวไรซ์เบอร์รี่ ซึ่งข้าวไรซ์เบอร์รี่อุดมไปด้วยสารอาหารที่มีประโยชน์ต่อร่างกายมากมายหลายชนิด ได้แก่ เบต้าแคโรทีน แกมมาโอไรซานอล วิตามินอี วิตามิน บี 1 ลูทีน แทนนิน สังกะสี โอเมก้า 3 เหล็ก โพลีฟีนอล และเส้นใย ซึ่งสารอาหารเหล่านี้ มีส่วนช่วยในการบำรุงร่างกาย บำรุงสายตา บำรุงระบบประสาท และลดความเสี่ยงต่อการเกิดมะเร็ง (Vanavichit, 2021)

อินทผลัมเป็นผลไม้ที่อุดมไปด้วยแร่ธาตุหลากหลายชนิด เช่น แคลเซียม ซัลเฟอร์ เหล็ก โปตัสเซียม ฟอสฟอรัส แมกนีเซียม ทองแดง แมกนีเซียม วิตามินต่างๆ ได้แก่ วิตามินเอ วิตามินบี 1 บี 2 บี 16 และวิตามินเค กรดโฟลิก มีสารไฟโตนิวเทรียนท์ (Phytonutrients) ได้แก่ ฟลาโวนอยด์ แคโรทีนอยด์ และสารประกอบ

ฟีนอลิก นอกจากนี้ยังมีใยอาหาร ที่ช่วยกระตุ้นระบบขับถ่าย มีโปรตีน และน้ำตาลซึ่งให้ประโยชน์กับสุขภาพ (Gao et al., 2014)

ดังนั้นงานวิจัยมีเรื่องนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่ง โดยศึกษาอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมในปริมาณต่างๆ ที่เหมาะสมต่อการผลิตขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบโดยการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสที่ผู้บริโภคให้การยอมรับ การทดสอบทางด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ค่าสี ปริมาณความชื้น ค่า a_w และองค์ประกอบทางเคมี

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่ง โดยแปรปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมที่อัตราส่วนต่างๆกัน
2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งที่มีอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งโดยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

1.1 การเตรียมข้าวไรซ์เบอร์รี่

นำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการขัดสีเรียบร้อยแล้วไปทอดภายใต้สภาวะสุญญากาศ อุณหภูมิ 140 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที ที่ความดัน -85.33 kPa และที่ความเร็วของการปั่นเหวี่ยงน้ำมัน 580 รอบ/นาที่ นาน 1 นาที จากนั้นนำข้าวไรซ์เบอร์รี่ไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที รอให้เย็น แล้วนำข้าวไรซ์เบอร์รี่มาบรรจุในถุงลามิเนตที่ปิดสนิท และเก็บรักษาไว้ในที่แห้ง

1.2 การเตรียมถั่วลิสงและงาขาว

นำเมล็ดถั่วลิสงและงาขาวมาล้างน้ำ ผึ่งให้สะเด็ดน้ำ แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 160 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 15 นาที รอให้เย็น แล้วนำถั่วลิสงและงาขาวมาบรรจุในถุงลามิเนตที่ปิดสนิท และเก็บรักษาไว้ในที่แห้ง

1.3 การเตรียมอินทผลัม

นำผลอินทผลัมแบบแห้งมาหั่นให้มีขนาด 1x1 เซนติเมตร ก่อนนำไปใช้ในการทดลอง

1.4 การผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบ

1.4.1. การพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบได้ทำการปรับสูตรพื้นฐานจากขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบที่จำหน่ายในท้องตลาด (ตารางที่ 1)

1.4.2. เติมน้ำตาลทรายกับข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบต่ออินทผลัมในอัตราส่วน 4 ระดับ คือ 100 : 0 50 : 50 60 : 40 และ 40 : 60

1.4.3. กรรมวิธีการทำขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบ

- ชั่งส่วนผสมทุกอย่างตามสูตร (ตารางที่ 1) โดยขั้นตอนแรกใส่น้ำเปล่า น้ำตาลทราย และแบะแซ ลงในกระทะทองเหลือง ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส หลังจากนั้นสังเกตว่าส่วนผสมทั้งหมดละลายเป็นเนื้อเดียวกัน ความหนืดเพิ่มขึ้น และเกิดฟองละเอียดทั่วทั้งสารละลาย

- นำส่วนผสมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบ ถั่วลิสง งาขาว และอินทผลัม ลงไปคลุกเคล้าให้เข้ากัน คนส่วนผสมโดยใช้ไฟอ่อนๆ ประมาณ 3 นาที จากนั้นตักผลิตภัณฑ์ใส่แม่พิมพ์ขนาด 10x9x2.5 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว x สูง) อัดให้แน่นและทิ้งไว้ให้เย็น

- นำมาตัดให้มีขนาด 3x5 เซนติเมตร (กว้าง x ยาว) แล้วนำไปใส่ถาดอบที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 5 นาที รอให้เย็น และบรรจุในถุงลามิเนต ปิดปากถุงให้สนิทเก็บในที่แห้ง

1.5 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

นำผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบทั้ง 4 สูตร มาทดสอบทางด้านประสาทสัมผัส ด้วยวิธี 9 - point hedonic scale โดยบุคคลทั่วไปที่ยังไม่ผ่านการฝึกฝนการชิมเป็นผู้ทดสอบชิม จำนวน 50 คน ที่มีช่วงอายุระหว่าง 18-34 ปี โดยแบ่งเป็นเพศชายจำนวน 21 คน และเพศหญิงจำนวน 29 คน ซึ่งปัจจัยที่ทำการศึกษา ได้แก่ ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยให้คะแนน 9=ชอบมากที่สุด 8=ชอบมาก 7=ชอบปานกลาง 6=ชอบเล็กน้อย 5=เฉยๆ 4=ไม่ชอบเล็กน้อย 3=ไม่ชอบปานกลาง 2=ไม่ชอบมาก 1=ไม่ชอบเลย

ตารางที่ 1 สูตรการทำผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบพื้นฐาน (ดัดแปลงจากขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบที่จำหน่ายในท้องตลาด)

ส่วนผสม	น้ำหนัก (กรัม)
	สูตรพื้นฐาน
ข้าวไรซ์เบอร์รี่	46.74
ถั่วลิสง	16.00
งาขาว	14.29
น้ำตาล	7.94
น้ำเปล่า	7.94
แบะแซ	7.09

1.6 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลการศึกษการทดสอบการยอมรับทางประสาทสัมผัสมีการวางแผนการทดลองแบบสุ่มในบล็อกสมบูรณ์ (Randomized Complete Block Design, RCBD) นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 17.0

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแห้งที่มีอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมแตกต่างกัน

นำขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบมาวิเคราะห์ร้อยละขององค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ ปริมาณความชื้น โปรตีน ($N \times 6.25$) ไขมัน เถ้า ใยอาหารทั้งหมด (AOAC, 2000) คาร์โบไฮเดรตคำนวณจาก $100 - (\text{ร้อยละของปริมาณเถ้า} + \text{เส้นใย} + \text{โปรตีน} + \text{ไขมัน})$ ส่วนพลังงานทั้งหมดโดยการคำนวณจาก กิโลแคลอรีต่อ 100 กรัม = $4 (\text{ร้อยละปริมาณโปรตีน} + \text{ร้อยละปริมาณคาร์โบไฮเดรต}) + 9 (\text{ร้อยละปริมาณไขมัน})$ ทางกายภาพ ได้แก่ วัดค่าสีในระบบ CIE L^* , a^* และ b^* ด้วยเครื่อง Hunter lab รุ่น Color Quest XE ค่าอว

เตอร์แอคทิวิตี้ (Water activity, a_w) โดยใช้เครื่อง Aqualab รุ่น 3 (Decagon, USA) และวัดความแข็งด้วยเครื่อง texture analyzer รุ่น TA.XT2 โดยใช้หัววัดเบอร์ HDP/BS แรงกด 5 mm ความเร็วในการกด 10 mm/s ระยะกดจากผิวผลิตภัณฑ์ 30 mm (ดัดแปลงตามวิธีของ Khuenpet, Chunsributh & Likitsittikul, 2018)

2.1 การวางแผนการทดลองและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวางแผนการทดลองแบบสุ่มอย่างสมบูรณ์ (Completely Randomized Design, CRD) โดยทำการทดลอง 3 ซ้ำ นำข้อมูลที่ได้ไปวิเคราะห์ความแปรปรวนทางสถิติ (Analysis of Variance, ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยแต่ละชุดการทดลองโดยวิธี Duncan's New Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่นร้อยละ 95 โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูป SPSS Version 17.0

ผลการวิจัย

1. เพื่อศึกษาปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่งโดยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

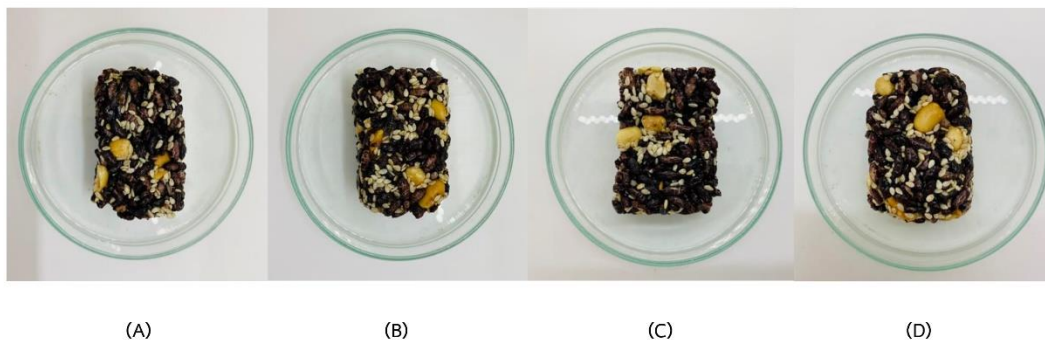
จากการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่งด้วยวิธี 9 – point hedonic scale ทำการทดสอบการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส โดยบุคคลทั่วไปที่ยังไม่ผ่านการฝึกฝนการชิม เป็นผู้ทดสอบชิมจำนวน 50 คน ซึ่งในแต่ละสูตร มีปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่และอินทผลัมที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่งแต่ละสูตร คือ 100 : 0 50 : 50 60 : 40 และ 40 : 60 ตามลำดับ (ตารางที่ 2 และภาพที่ 1) เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร พบว่าสูตร 60:40 ผู้ทดสอบชิมส่วนใหญ่ให้การยอมรับในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.80 7.89 8.45 8.61 และ 8.49 ตามลำดับ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) ส่วนคุณลักษณะด้านสีทุกสูตรไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

ตารางที่ 2 การประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งที่มีอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่ออินทผลัมต่างๆกันด้วยวิธี 9 - point hedonic scale

อัตราส่วน ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบ : อินทผลัม	ลักษณะ ปรากฏ	สี ^{ns}	กลิ่น	รสชาติ	เนื้อสัมผัส	ความชอบ โดยรวม
100 : 0 (สูตรควบคุม)	7.69 ^b ±0.24	7.58±0.22	7.14 ^b ±0.24	6.54 ^c ±0.25	7.25 ^b ±0.21	7.20 ^c ±0.20
50 : 50	7.26 ^b ±0.21	7.59±0.18	7.20 ^b ±0.20	7.30 ^b ±0.18	6.48 ^c ±0.25	7.25 ^c ±0.24
60 : 40	7.80 ^a ±0.18	7.65±0.15	7.89 ^a ±0.17	8.45 ^a ±0.19	8.61 ^a ±0.18	8.49 ^a ±0.15
40 : 60	7.70 ^b ±0.21	7.62±0.22	7.17 ^b ±0.22	7.43 ^b ±0.25	7.45 ^b ±0.20	7.75 ^b ±0.25

หมายเหตุ : ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

^{ns} ในแนวดิ่งแสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)



ภาพที่ 1 ลักษณะของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งที่มีอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่และอินทผลัมต่างๆดังนี้ (A) ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบต่ออินทผลัมอัตราส่วน 100 : 0 (B) ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบต่ออินทผลัมอัตราส่วน 50 : 50 (C) ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบต่ออินทผลัม 60 : 40 และ (D) ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบต่ออินทผลัมอัตราส่วน 40 : 60

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งที่มีอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมแตกต่างกัน

จากการวัดลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งแต่ละสูตร คือ 100 : 0 50 : 50 60 : 40 และ 40 : 60 ตามลำดับ (ตารางที่ 3) เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งทุกสูตรมีค่าความแข็ง (Hardness) แตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยค่า Hardness ที่ต่ำแสดงถึงความนิ่มและไม่กรอบของผลิตภัณฑ์ ดังนั้นสูตรที่มีอัตราส่วนของข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่ออินทผลัม 60 : 40 จึงมีค่าความกรอบมากที่สุด

ตารางที่ 3 ลักษณะเนื้อสัมผัสของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งที่อัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่ออินทผลัมต่างๆกัน

อัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบ : อินทผลัม	Hardness(g)
100 : 0 (สูตรควบคุม)	$22.71^c \pm 0.62$
50 : 50	$85.91^b \pm 19.17$
60 : 40	$119.96^a \pm 6.68$
40 : 60	$29.89^c \pm 43.40$

หมายเหตุ : ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)

จากการวัดปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบเมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร พบว่าปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งจะมีความชื้นเพิ่มขึ้นโดยมีปริมาณความชื้นอยู่ที่ร้อยละ 2.97–5.39 การวิเคราะห์ค่า a_w โดยเครื่อง Water Activity ของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่งแต่ละสูตร คือ 100 : 0 50 : 50 60 : 40 และ 40 : 60 ตามลำดับ เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร พบว่า มีค่า a_w อยู่ที่ร้อยละ 0.33–0.47 (ตารางที่ 4) เพราะมีการลดปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่และเพิ่มปริมาณอินทผลัมขณะที่ส่วนประกอบอื่นๆ มีปริมาณคงที่ มีผลทำให้ปริมาณความชื้นอิสระเพิ่มขึ้นซึ่งไม่ส่งผลต่อผลิตภัณฑ์ ส่วนค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบ (ตารางที่ 5) เมื่อทำการเปรียบเทียบทั้ง 4 สูตร พบว่าสูตรควบคุมมี ค่าความสว่าง (L^*) ต่ำกว่าสูตรที่เติมอินทผลัมและมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) เนื่องจากข้าวไรซ์เบอร์รี่มีสารแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สีม่วงเข้ม สีแดง และ สีน้ำเงิน จะมีค่า pH ประมาณ 7-8 โดยแอนโทไซยานินจะมีสีม่วงเข้ม ค่าสีแดง (a^*) ไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) และค่าสีเหลือง (b^*) ของสูตรควบคุมมีค่าต่ำกว่าสูตรที่เติมอินทผลัม (ตารางที่ 5)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่อบกรอบชนิดแท่ง ซึ่งได้นำสูตรที่ดีที่สุดจากการทดสอบทางประสาทสัมผัสมาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น ถ้า โปรตีน เส้นใย ไขมัน

คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด ดังตารางที่ 6 ทั้งนี้จากผลการทดลองพบว่า ขนมห้าวไรซ์เบอร์รี่รอบกรอบมีปริมาณเถ้า โปรตีน เส้นใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรต ร้อยละ 20.15 14.30 11.22 25.13 37.35 ตามลำดับ และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 432.87 กิโลแคลอรี ต่อตัวอย่าง 100 กรัม

ตารางที่ 4 ปริมาณความชื้น และค่า a_w ของผลิตภัณฑ์ขนมห้าวไรซ์เบอร์รี่รอบกรอบชนิดแบ่งที่อัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่ออินทผลัมต่างกัน

อัตราส่วน ข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบกรอบ : อินทผลัม	ความชื้น (%)	a_w
100 : 0 (สูตรควบคุม)	$2.97^c \pm 0.14$	$0.33^b \pm 0.00$
50 : 50	$4.94^a \pm 0.06$	$0.45^a \pm 0.02$
60 : 40	$3.93^b \pm 0.24$	$0.38^b \pm 0.00$
40 : 60	$5.39^a \pm 0.91$	$0.47^a \pm 0.04$

หมายเหตุ : ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

ตารางที่ 5 ค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมห้าวไรซ์เบอร์รี่รอบกรอบชนิดแบ่งที่อัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่ออินทผลัมต่างกัน

อัตราส่วน ข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบกรอบ : อินทผลัม	ค่าสี		
	ค่าความสว่าง (L^*)	ค่าสีแดง ^{ns} (a^*)	ค่าสีเหลือง (b^*)
100 : 0 (สูตรควบคุม)	$31.01^c \pm 1.00$	2.58 ± 0.24	$5.06^c \pm 0.46$
50 : 50	$35.78^b \pm 0.78$	2.84 ± 0.09	$8.56^b \pm 0.76$
60 : 40	$41.04^a \pm 1.83$	2.71 ± 0.35	$9.46^b \pm 0.88$
40 : 60	$41.75^a \pm 1.08$	3.61 ± 0.97	$11.17^c \pm 1.03$

หมายเหตุ : ^{a-c} ที่แตกต่างกันในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$)

^{ns} ในแนวตั้งแสดงความแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ ($p > 0.05$)

ตารางที่ 6 การวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งที่มีข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบต่ออินทผลัมอัตราส่วน 60 : 40¹

คุณสมบัติทางเคมี	อัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบ : อินทผลัม (60 : 40)
ความชื้น (%)	3.05 ± 0.05
เถ้า (%)	20.15 ± 0.03
โปรตีน (%)	14.30 ± 0.32
เส้นใย (%)	11.22 ± 0.28
ไขมัน (%)	25.13 ± 0.41
คาร์โบไฮเดรต (%)	37.35 ± 0.06
พลังงานทั้งหมด (กิโลแคลอรี)	432.87 ± 2.16

หมายเหตุ : ¹ ค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งที่แสดงค่าความแตกต่างทางสถิติที่ระดับนัยสำคัญ ($p \leq 0.05$)

อภิปรายผล

1. ศึกษาปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมที่เหมาะสมต่อการผลิตผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้ง โดยการประเมินคุณภาพทางด้านประสาทสัมผัส

ผลการทดสอบทางด้านประสาทสัมผัสด้านคะแนนความชอบโดยรวม พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งทุกสูตรมีคะแนนที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$) โดยผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งสูตรที่มีอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบต่ออินทผลัม (60 : 40) คะแนนความชอบโดยรวมสูงสุด เท่ากับ 8.49 คะแนน ทั้งนี้ผู้ทดสอบชิมให้ความเห็นว่าชอบในด้านลักษณะปรากฏ กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัสที่ไม่แข็งและนิ่มเกินไป ผลิตภัณฑ์มีลักษณะพองตัวและกรอบ เมื่อเปรียบเทียบกับสูตรควบคุม ซึ่งพบว่ามีความกรอบ และความหวานน้อยที่สุด

2. เพื่อศึกษาคุณสมบัติทางกายภาพและเคมีของผลิตภัณฑ์ข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งที่มีอัตราส่วนข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมแตกต่างกัน

จากผลการทดลองพบว่าผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้ง สูตร 60 : 40 มีค่าความกรอบมากที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับสูตรอื่นๆ (50 : 50, 40 : 60) รวมถึงสูตรควบคุม (100 : 0) ซึ่งมีค่าความกรอบลดลง ทั้งนี้เนื่องจากมีความโปร่งและเกิดช่องว่างภายในข้าวพองมาก ทำให้แรงที่ต้องใช้ในการกดต่ำ (Chuaiphat & Athinuwat, 2020) การวัดค่าสีของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งของสูตรควบคุมมีค่าต่ำกว่าสูตรที่เติมอินทผลัม เนื่องจากการเติมอินทผลัมในปริมาณที่เพิ่มขึ้น ทำให้ค่าความสว่าง (L^*) ลดลง ค่าสีเหลือง (b^*) เพิ่มขึ้น เพราะสารเบต้าแคโรทีน ซึ่งเป็นสารให้สีในกลุ่มแคโรทีนอยด์ที่อยู่ภายในอินทผลัมนี้ออกฤทธิ์ และสีส้ม (นิธิยา, 2545) ปริมาณความชื้นของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งแต่ละสูตรอยู่ที่ร้อยละ 2.97–5.39 เนื่องจากในสูตรที่มีการเติมอินทผลัมเพิ่มมากขึ้น ทำให้ปริมาณความชื้นเพิ่มขึ้นตามไปด้วย ดังนั้นจึงส่งผลให้ลักษณะเนื้อสัมผัสของสูตรที่เติมอินทผลัมมีความกรอบลดลง และค่า A_w มีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งความชื้นในผลิตภัณฑ์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางเคมีหรือปฏิกิริยาที่เร่งด้วยเอนไซม์ และส่งผลให้จุลินทรีย์เจริญเติบโต จึงทำให้ระยะเวลาการเก็บรักษาผลิตภัณฑ์ลดลง (นิธิยา, 2545) ส่วนค่า A_w เมื่อมีการลดปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่และเพิ่มปริมาณอินทผลัมนั้นทำให้ค่า A_w เพิ่มขึ้น ซึ่งค่า A_w ของขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบอยู่ระหว่าง 0.33–0.47 ซึ่งไม่ส่งผลต่อการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์ เนื่องจาก ค่า A_w ของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งอยู่ในช่วงที่จุลินทรีย์ทุกชนิดไม่สามารถเจริญได้ โดยมาตรฐานธัญพืชอัดแห้ง ซึ่งกำหนดให้มีค่า a_w ต้องไม่เกิน 0.85 (Thai Industrial Standards Institute, 2016) นอกจากนี้ค่า a_w เป็นปัจจัยสำคัญในการควบคุมและป้องกันการเสื่อมเสียของผลิตภัณฑ์อาหาร มีผลโดยตรงต่ออายุการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์ และยังเป็นตัวชี้ระดับปริมาณน้ำอิสระที่เชื้อจุลินทรีย์สามารถนำไปใช้ในการเจริญเติบโต (Intharathirach et.al., 2021)

จากการวิเคราะห์คุณสมบัติทางเคมีของผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบชนิดแห้งสูตรที่ดีจากการทดสอบทางประสาทสัมผัส (สูตรข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบ 60 : อินทผลัม 40) มาวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น เถ้า โปรตีน เส้นใย ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และพลังงานทั้งหมด พบว่าขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบมีปริมาณเถ้าเท่ากับ 20.15 เปอร์เซ็นต์ เนื่องจากในข้าวไรซ์เบอร์รี่ ถั่วลิสง และงาขาว และอินทผลัม มีแร่ธาตุหลายชนิด เช่น ธาตุเหล็ก สังกะสี แมกนีเซียม แคลเซียม และฟอสฟอรัส เป็นต้น จึงส่งผลให้เถ้ามีปริมาณที่สูง (Gao et al., 2014) ปริมาณโปรตีน เท่ากับ 14.30 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 11.22 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 25.13 เปอร์เซ็นต์ ปริมาณคาร์โบไฮเดรต 37.35 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 432.87 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม ดังนั้นขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่รอบรอบจัดว่าเป็นขนมบาร์พลังงาน (bar energy) ที่มีประโยชน์

ต่อสุขภาพและให้พลังงานเหมาะสมสำหรับผู้บริโภคที่ออกกำลังกายและต้องการพลังงานอย่างรวดเร็วรวมทั้งกลุ่มคนที่รักสุขภาพ (Lobphu & Buakam, 2016; Renaldi, Jannu, & Samakrandhamrongthai, 2021)

ข้อเสนอแนะ

จากการศึกษาการพัฒนาผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่งนั้นสามารถทำได้ง่าย ใช้วิธีการไม่ยุ่งยาก และยังสามารถเพิ่มมูลค่าให้กับผลผลิตทางการเกษตร ดังนั้นผู้ประกอบการสามารถนำไปต่อยอดเพื่อผลิตในทางการค้าได้ โดยอาจจะต้องศึกษาเพิ่มเติมเรื่อง อายุการเก็บรักษา และกิจกรรมการต้านออกซิเดชัน

สรุปผล

จากการศึกษาปริมาณอัตราส่วนระหว่างข้าวไรซ์เบอร์รี่กับอินทผลัมในปริมาณที่ต่างกัน พบว่าผลิตภัณฑ์ขนมข้าวไรซ์เบอร์รี่กรอบชนิดแท่ง สูตรที่มีปริมาณข้าวไรซ์เบอร์รี่ต่ออินทผลัมในอัตราส่วน 60 : 40 ได้รับการยอมรับมากที่สุดทางด้านประสาทสัมผัส ลักษณะปรากฏ สี กลิ่น รสชาติ เนื้อสัมผัส และความชอบโดยรวม ดังนี้ 7.96 7.64 7.88 8.36 8.20 และ 8.44 คะแนน ตามลำดับ ด้านลักษณะเนื้อสัมผัส ด้านความแข็ง (Hardness) เท่ากับ 119.96 กรัม ค่าความสว่าง (L^*) เท่ากับ 41.04 ค่าสีแดง (a^*) เท่ากับ 2.71 และค่าสีเหลือง (b^*) เท่ากับ 9.46 ปริมาณความชื้นเท่ากับ 3.93 เปอร์เซ็นต์ และค่า a_w เท่ากับ 0.38 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมี พบว่ามีปริมาณคาร์โบไฮเดรต 37.35 เปอร์เซ็นต์ โปรตีน 14.30 เปอร์เซ็นต์ ไขมัน 25.13 เปอร์เซ็นต์ เส้นใย 11.22 เปอร์เซ็นต์ และปริมาณเถ้า 20.15 เปอร์เซ็นต์ และพลังงานทั้งหมดเท่ากับ 432.87 กิโลแคลอรีต่อตัวอย่าง 100 กรัม จึงเหมาะสำหรับผู้บริโภคที่ต้องการความรวดเร็ว สามารถทดแทนอาหารในมื้อหลักหรือรับประทานเป็นอาหารว่าง รวมทั้งให้พลังงานและใยอาหารจากธรรมชาติ

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณมหาวิทยาลัยราชภัฏนครปฐม ที่สนับสนุนทุนวิจัยครั้งนี้ของโครงการพัฒนาผลิตภัณฑ์ชุมชนท้องถิ่น ภายใต้ยุทธศาสตร์มหาวิทยาลัยราชภัฏเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น

และขอขอบคุณ คุณปรารณา ม่วงงาม ประธานวิสาหกิจชุมชนโชนันต์ข้าวเพื่อสุขภาพ ต.วังยาง อ.ศรีประจันต์ จ.สุพรรณบุรี ที่ให้การสนับสนุนข้าวไรซ์เบอร์รี่อินทรีย์สำหรับการทดลอง

อ้างอิง

- นิธิยา รัตนปนนท์. (2545). *เคมีอาหาร*. สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์. กรุงเทพฯ. 487 หน้า.
- AOAC. (2000). *Official Methods of Analysis*. 17th ed, Association of Official Analytical Chemists Inc., Gaithersburg, MD, USA.
- Chuaiphat, W. & Athinuwat, D. (2020). Development of Puffed Rice Product from Organic Kiaw Ngoo Sticky Rice. *Thai Journal of Science and Technology*, 9(3), 397-406. (In Thai).
- Gao, H., Cheng, N., Zhou, J., Wang, B., Deng, J., & Cao, W. (2014). Antioxidant activities and phenolic compounds of date plum persimmon (*Diospyros lotus* L.) fruits. *Journal of food science and technology*, 51(5), 950-956.
- Intharathirach, D., Waewkum, P., Lao-ong, T., Payakta, P., & Singtjong, J. (2021). Development of cereal bar from rice with mango syrup. Proceedings of the 15th Future trends of research and innovation, Ubon Ratchathani University, 154-162. (In Thai).
- Khuenpet, K., Chunsributh, N., & Likitsittikul, P. (2018). Formulation and Process Development of Crispy Rice Coated with Riceberry Solution. *Thai Journal of science and technology*, 8(4), 411-428. (In Thai).
- Lainumngen, N., Saengprakai, J., Tanjor, S., Phanpho, W., & Phodsoongnoen, A. (2020). Development of high anthocyanin crispy rice bar. *Journal of Suan sunandha science and technology*, 7(1), 34-42.
- Lobphu, T. & Buakam, P. (2016). Development of low calories bar from brown rice, pineapple and stevioside. *Journal of FST CMU Research. Exercise*, 1(1), 1-16. (In Thai).

Renaldi, G., Jannu, T., & Samakrandhamrongthai, S.R. (2021). Physicochemical properties and sensory evaluation of high energy cereal bar and its consumer acceptability. *Heliyon*,7(8), e07776.

Thai industrial standards institute. (2016). Thai Community product standards of fruit, vegetable and cereal bar, No.920/2016. (In Thai).

Vanavichit Apichart. (2021). Riceberry: the Key to Innovative Nutraceutical Rice-based Products. **Retrieved** July 15, from <https://dna.kps.ku.ac.th>. (In Thai).

ผลของคลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) ต่อการทำให้ปลอดเชื้อและการเจริญเติบโตของข้าวเล็บนกปัตตานี

Effect of Chlorine Dioxide (ClO₂) on Sterilization and Growth of Leb Nok Pattani Rice

อานนท์ แพงมี¹ และปานจันท์ สุจริตธรรการ^{2*}
Arnon Pangme¹ and Panjan Sujjaritthurakarn^{2*}

(Received: 15 November, 2022 ; Revised: 1 December, 2022 ; Accepted 15 December, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้เปรียบเทียบการฆ่าเชื้อในอาหารสังเคราะห์ด้วยวิธีการใช้หม้อนึ่งแรงดันไอน้ำกับการเติม ClO₂ ความเข้มข้นต่าง ๆ เพื่อศึกษาผลของการทำให้ปลอดเชื้อต่อการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าวเล็บนกปัตตานี โดยนำต้นอ่อนของข้าว อายุ 4 สัปดาห์ ที่ได้จากการเพาะเมล็ดในหลอดทดลอง บนอาหารสูตร Murashige และ Skoog (MS) วางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม Benzyladenine (BA) ความเข้มข้น 0 และ 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO₂ ความเข้มข้น 0 5 10 15 20 25 มิลลิกรัมต่อลิตร วางเลี้ยงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ พบว่าอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อนร้อยละ 26.7 อัตราการรอดชีวิตสูงสุดร้อยละ 73.3 และจำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด 2.8 ยอดต่อชิ้นส่วน ในขณะที่อาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO₂ ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด 12.3 เซนติเมตร แต่อาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ให้จำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด 9.9 รากต่อชิ้นส่วน และความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด 5.4 เซนติเมตร

คำสำคัญ: ข้าวเล็บนกปัตตานี คลอรีนไดออกไซด์ การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืช

¹คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ปัตตานี 94000

¹Faculty of Education, Prince of Songkla University, Pattani Campus, Pattani, 94000

²คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี ปัตตานี 94000

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

*Corresponding Author, E-mail: panjan.s@psu.ac.th

Abstract

In this research, media sterilization by autoclaving and adding Chlorine Dioxide (ClO_2) at different concentrations were compared to study the effect of sterilization procedures on the micropropagation of Leb Nok Pattani Rice. Four weeks old seedlings from seed culture on Murashige and Skoog (MS) medium were cultured on MS medium supplemented with the combination of 0 and 2 mg/l Benzyladenine (BA) with various concentration of ClO_2 (0, 5, 10, 15, 20 and 25 mg/l) for 1 week. It was found that MS medium supplemented with a combination of 2 mg/l BA and 25 mg/l ClO_2 gave the contamination (26.7%) the highest survival rate (73.3%) and the highest average number of shoots 2.8 shoots/explant. The highest shoot length 12.3 cm. was observed on MS medium supplemented the combination 2 mg/l BA with 20 mg/l ClO_2 . The highest average root number 9.9 roots/explant and the highest average root length 5.4 cm. were obtained on MS medium supplemented with 2 mg/l BA sterilization by autoclaving.

Keywords: Leb Nok Pattani Rice, Chlorine Dioxide, Plant tissue culture

บทนำ

ข้าว (*Oryza sativa* L.) เป็นพืชล้มลุกที่อยู่ในตระกูลหญ้าที่มีความสำคัญต่อชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์นับตั้งแต่อดีตจนถึงปัจจุบัน คนเอเชียประมาณ 3,000 ล้านคนบริโภคข้าวเป็นอาหารหลัก ข้าวจึงนับว่ามีความสำคัญและมีคุณประโยชน์ต่อชีวิต ซึ่งมีการกระจายพันธุ์ใน จีน อินเดีย อินโดนีเซีย รวมถึงประเทศไทย ด้วย ข้าวมีการรับประทานกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีคุณประโยชน์ต่อร่างกาย ปลูกได้ง่ายในหลายพื้นที่ นอกจากจะบริโภคเป็นข้าวสวยแล้ว ยังใช้เป็นวัตถุดิบในการทำอาหารได้หลากหลาย เช่น แปรรูปเป็นแป้งขนมไทย ส่วนต่าง ๆ ของข้าวสามารถนำมาใช้ประโยชน์มากมาย ข้าวจึงเป็นพืชที่มีประโยชน์และมีคุณค่ากับมนุษย์ ไม่ว่าจะเป็นอาหารหลัก ทำขนม ใช้รักษาโรค บำรุงใช้ เครื่องประดับ ฯลฯ (สิทธรา, 2552)

ข้าวเล็บนกปัตตานี เป็นข้าวประเภทไวต่อช่วงแสง หากปลูกให้ได้รับแสงแดดมากกว่า 10-12 ชั่วโมงต่อวันจะไม่แตกช่อออกรวงแต่จะแตกใบอ่อนแทน จึงทำให้ปลูกได้ยากมากและปลูกได้เพียงปีละครั้งเดียว

เท่านั้น เป็นผลทำให้ข้าวเล็บนกปัตตานีเป็นข้าวที่มีคุณภาพเยี่ยมที่สุด ถือเป็นข้าวชั้น 1 เกรด A ระดับพรีเมียม และมีราคาสูงกว่าข้าวสายพันธุ์อื่น ๆ มาก เพราะเป็นข้าวที่มีคุณภาพ และที่สำคัญคืออร่อย เมื่อนำมาหุงแล้ว ข้าวจะขึ้นหม้อ ข้าวสุกจะอ่อน นุ่มนวล มีกลิ่นหอม รสชาติดี เคี้ยวนุ่มปาก เป็นที่นิยมของผู้บริโภคและตลาดมีความต้องการมาก (ยุพวัลย์, 2557) ข้าวเล็บนกปัตตานีดั้งเดิมนั้นนิยมปลูกในแถบจังหวัดภาคใต้ ตั้งแต่สุราษฎร์ธานี นครศรีธรรมราช พัทลุง สงขลา สตูล นราธิวาส ข้าวเล็บนกมีสารอาหารครบถ้วนที่เป็นประโยชน์แก่สมองและร่างกายมากกว่าข้าวกล้องธรรมดาถึง 15 เท่า มีคุณค่าทางโภชนาการดังนี้ โปรตีน คาร์โบไฮเดรต (มีแป้งในปริมาณที่สูงมาก) ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ (ธาตุเหล็ก และแคลเซียมสูง) ไฟเบอร์ โยอาหาร สารกาบา เป็นต้น มีส่วนช่วยในการป้องกันโรคเหน็บชา บำรุงสมอง ท้องผูก ช่วยระบบขับถ่าย ลดไขมันในเส้นเลือด ป้องกันมะเร็งในลำไส้ ช่วยรักษาสมดุลในสมองและร่างกาย (กรมการข้าว, 2561)

รูปแบบห่วงโซ่อุปทานการผลิตข้าวของจังหวัดปัตตานี ผลการสัมภาษณ์ชาวนาในจังหวัดปัตตานี 224 ราย พบว่า พันธุ์ข้าวที่ชาวนาปลูกมีความหลากหลายและแตกต่างกันตามจุดประสงค์ของการปลูกข้าว โดยพันธุ์ข้าวที่ชาวนาปลูกมากที่สุด ได้แก่ พันธุ์เล็บนกปัตตานี และยังมีชาวนาร้อยละ 27 ขายข้าวให้ผู้บริโภคโดยตรงและผ่านช่องทางต่าง ๆ ได้แก่ ตลาดนัดชุมชน ตลาดประชารัฐ และงานจัดแสดงสินค้า (OTOP) ในรูปข้าวเปลือกแห้ง ราคา 10-12 บาทต่อกิโลกรัม ข้าวสาร 25 บาทต่อกิโลกรัม และข้าวกล้องบรรจุสุญญากาศ 45 บาทต่อกิโลกรัม พันธุ์ข้าวที่ชาวนาขายให้ผู้บริโภคมากที่สุด ได้แก่ เฉียงพัทลุงและเล็บนกปัตตานี (ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี, 2562)

การขยายพันธุ์ข้าวทำได้ 5 วิธี ได้แก่ นาดำ นาหว่าน นาหยอด และนาขึ้นบันได โดยวิธีข้างต้นพบข้อจำกัด ได้แก่ การปักดำต้นข้าวต้องใช้เวลาานาน หากฝนตกในวันที่หว่านเมล็ดข้าว เมล็ดข้าวก็จะลอยหายไปกับน้ำได้ และการปลูกข้าวในธรรมชาติจะไม่สามารถควบคุมโรคได้ เช่น โรคใบไหม้ เพราะฉะนั้นวิธีการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าว จึงเป็นวิธีที่สามารถแก้ไขปัญหาดังกล่าวได้ รวมทั้งประโยชน์ในการขยายพันธุ์ต้นกล้าได้ปริมาณที่มากกว่าในระยะเวลานั้น (กรมการข้าว, 2561)

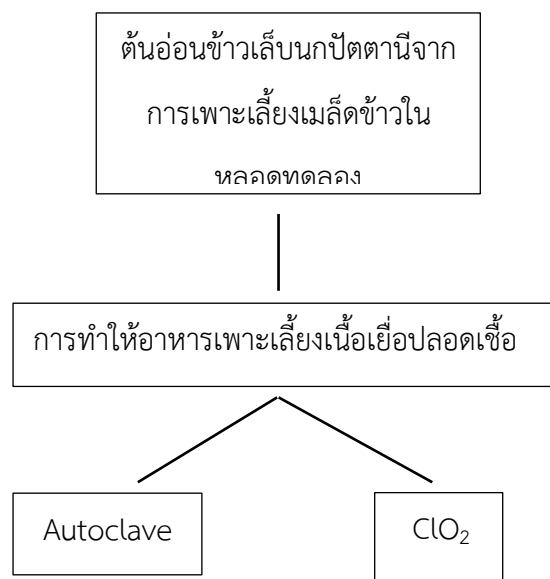
ClO_2 เป็นสารประกอบอนินทรีย์ที่ประกอบด้วยออกซิเจนและคลอรีน สารประกอบของออกซิเจนและคลอรีน เกิดขึ้นจากสององค์ประกอบทางไฟฟ้า คุณสมบัติทางเคมีของ ClO_2 นี้ทำให้สามารถปล่อยออกซิเจนเมื่อสลายตัวระหว่างทำหน้าที่เป็นสารต้านจุลชีพหรือเชื้อโรค (Srebernich, 2007) เนื่องด้วย ClO_2 มีการใช้มากในกระบวนการผลิตน้ำประปา อุตสาหกรรมอาหาร และด้านสาธารณสุข นอกจากนี้ยังใช้ ClO_2 เพื่อทำให้อาหารสังเคราะห์ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อพืชชนิดต่าง ๆ เช่น การใช้ ClO_2 ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไวท์ฮอโนเปียส (วรางคณา มณีรัตน์ และ นงนุช, 2563) การขยายพันธุ์ข้าว

หอมกระดังงาโดยการเพาะเลี้ยงปลายยอดภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ (อรุณี และ สมปอง, 2558) และการใช้ ClO_2 เพื่อให้ปลอดเชื้อในอาหารสังเคราะห์และการขยายพันธุ์มวงเพชรต้น (วุฒิชัย และ สุพัฒน์, 2560) นอกจากนี้ ClO_2 ยังช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ลดต้นทุนค่าแก๊ส และลดระยะเวลาในการนิ่งฆ่าเชื้อ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงสนใจศึกษาการใช้ ClO_2 ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อข้าวเล็บนกปัตตานี

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของอาหารเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อที่ทำให้ปลอดเชื้อโดย ClO_2 ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวเล็บนกปัตตานี

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเก็บตัวอย่างพืช

เมล็ดข้าวเล็บนกปัตตานีที่ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี 128/1 หมู่ที่ 7 ตำบลมะกรูด อำเภอโคกโพธิ์ จังหวัดปัตตานี

2. ศึกษาประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดข้าว

นำเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกปัตตานี มาแกะเปลือกหุ้มเมล็ดออก นำเมล็ดไปล้างน้ำแล้วเลือกเมล็ดข้าวที่ลอยอยู่บนผิวน้ำทิ้ง จากนั้นนำไปวางในจานเพาะเชื้อที่มีกระดาษทิชชูวางอยู่ พร้อมทั้งปิดฝาจานเพาะเชื้อ วางไว้ในที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 สัปดาห์ โดยทำการทดลอง 10 ซ้ำ ซ้ำละ 10 เมล็ดต่อจานเพาะเชื้อ และนับการงอกเมื่อเมล็ดมีรากแรกเกิดยาวตั้งแต่ 2 มิลลิเมตรขึ้นไป บันทึกเปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด

$$\text{เปอร์เซ็นต์การงอกของเมล็ด} = (\text{จำนวนเมล็ดที่งอก} / \text{จำนวนเมล็ดทั้งหมด}) \times 100$$

3. การเตรียมชิ้นส่วนพืช

นำเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกปัตตานี มาฟอกฆ่าเชื้อด้วย Clorox 20% หยด Tween 20 1-2 หยด นาน 20 นาที ล้างด้วยน้ำกลั่นหนึ่งฆ่าเชื้อ 3 ครั้ง จากนั้นนำมาเพาะเลี้ยงบนอาหารแข็งสูตร MS เพาะเลี้ยงต้นข้าวเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ ให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน และบันทึกอัตราการรอดชีวิต จำนวนยอดเฉลี่ย ความยาวยอดเฉลี่ย และความยาวรากเฉลี่ย

$$\text{อัตราการรอดชีวิต} = (\text{จำนวนต้นข้าวที่รอดเชื้อ} / \text{จำนวนต้นข้าวทั้งหมด}) \times 100$$

4. การทำให้อาหารสังเคราะห์ปลอดเชื้อด้วยวิธี Autoclave กับการใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO_2)

นำต้นอ่อนข้าวสภาพปลอดเชื้ออายุ 4 สัปดาห์ จากนั้นนำไปเพาะเลี้ยงบนอาหารสูตรต่าง ๆ ดังนี้

1. อาหารสูตร MS ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย Autoclave
2. อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย Autoclave
3. อาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 ความเข้มข้น 0 5 10 15 20 และ 25 มิลลิกรัมต่อลิตร

ทำการทดลอง 1 ซ้ำ ความเข้มข้นละ 15 ขวด วางเลี้ยงเป็นเวลา 1 สัปดาห์ ที่อุณหภูมิ 25 ± 2 องศาเซลเซียส ให้ความเข้มแสง 2,000 ลักซ์ ให้แสงเป็นเวลา 16 ชั่วโมงต่อวัน และบันทึกอัตราการรอดชีวิต จำนวนยอดเฉลี่ย ความยาวยอดเฉลี่ย จำนวนรากเฉลี่ย และความยาวรากเฉลี่ย

การวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ

วางแผนการทดลองแบบสุ่มตลอด Completely Randomized Design (CRD) และวิเคราะห์ผลการทดลองทางสถิติโดย Duncan's Multiple Range Test (DMRT) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์

ผลการวิจัย

1. การศึกษาประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดข้าว

จากการทดสอบประสิทธิภาพของการงอกของเมล็ดข้าวพันธุ์เล็บนกปัตตานี พบว่ามีเปอร์เซ็นต์การงอกเป็น 35%

2. การเตรียมชิ้นส่วนพืช

การนำเมล็ดข้าวที่ปลอดเชื้อมาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS พบว่าการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนมีเปอร์เซ็นต์การงอก 50.3% ให้ความยาวยอดเฉลี่ย 11.9 เซนติเมตร จำนวนยอด 1 ยอดต่อชิ้นส่วน และความยาวรากเฉลี่ย 7.1 เซนติเมตร

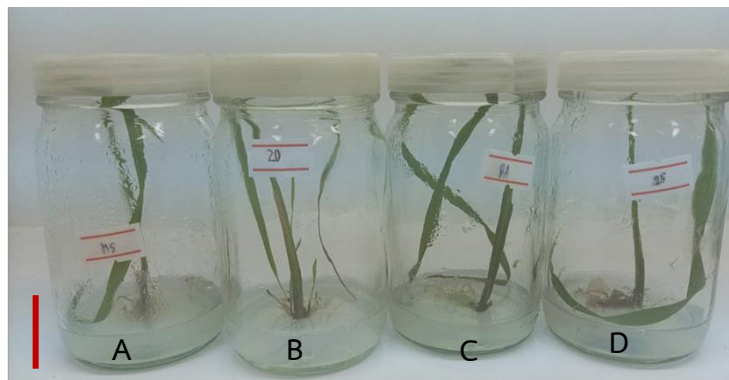
3. การทำให้อาหารสังเคราะห์ปลอดเชื้อด้วยวิธี Autoclave กับการใช้ ClO_2

นำต้นอ่อนข้าวอายุ 4 สัปดาห์ มาเลี้ยงในอาหารสูตรต่าง ๆ (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 1) พบว่าอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อน 26.7% ให้อัตราการรอดชีวิตสูงสุดร้อยละ 73.3 และจำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด 2.8 ยอดต่อชิ้นส่วน (ภาพที่ 3) ในขณะที่อาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด 12.3 เซนติเมตร แต่บนอาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตรที่ทำให้ปลอดเชื้อด้วยวิธี Autoclave ให้จำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด 9.9 รากต่อชิ้นส่วน และความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด 5.4 เซนติเมตร ส่วนต้นอ่อนข้าวที่ย้ายเลี้ยงบนอาหาร MS เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 0 5 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อน 100% (ตารางที่ 1 และ ภาพที่ 4)

ตารางที่ 1 การทำให้อาหารสังเคราะห์ปลอดเชื้อด้วยวิธี Autoclave กับการใช้ ClO_2 ของต้นข้าวบนอาหารสูตรต่าง ๆ หลังวางเลี้ยง 1 สัปดาห์

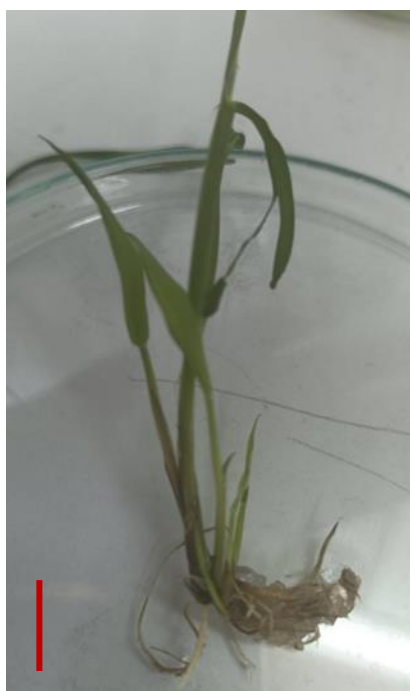
อาหารสูตร MS	การปนเปื้อน (%)	อัตราการรอดชีวิต (%)	จำนวนยอดเฉลี่ย/ ชิ้นส่วน (Mean $\pm$ SD)	ความยาวยอด เฉลี่ย/ชิ้นส่วน (ชม.) (Mean $\pm$ SD)	จำนวนรากเฉลี่ย/ ชิ้นส่วน (Mean $\pm$ SD)	ความยาวราก เฉลี่ย/ชิ้นส่วน (ชม.) (Mean $\pm$ SD)
Control	26.7	73.3	1 $\pm$ 0 ^b	10.1 $\pm$ 1.2 ^b	8.6 $\pm$ 1.9 ^a	3.7 $\pm$ 0.4 ^b
BA 2 mg/l	33.3	66.7	1 $\pm$ 0 ^b	12.1 $\pm$ 1.4 ^a	9.9 $\pm$ 2.1 ^a	5.4 $\pm$ 0.9 ^a
BA 2 mg/l+ ClO_2 0 mg/l	100	0	0	0	0	0
BA 2 mg/l+ ClO_2 5 mg/l	100	0	0	0	0	0
BA 2 mg/l+ ClO_2 10 mg/l	100	0	0	0	0	0
BA 2 mg/l+ ClO_2 15 mg/l	100	0	0	0	0	0
BA 2 mg/l+ ClO_2 20 mg/l	33.3	66.7	2.4 $\pm$ 0.9 ^a	12.3 $\pm$ 0.7 ^a	6.7 $\pm$ 0.7 ^b	3.2 $\pm$ 0.3 ^c
BA 2 mg/l+ ClO_2 25 mg/l	26.7	73.3	2.8 $\pm$ 1.07 ^a	11.9 $\pm$ 1.3 ^a	5.8 $\pm$ 1.1 ^b	3.2 $\pm$ 0.3 ^c

ค่าเฉลี่ย $\pm$ SD ที่มีตัวอักษรเหมือนกัน มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p \leq 0.05$)



ภาพที่ 1 การย้ายเลี้ยงต้นข้าวบนอาหารสูตรต่าง ๆ หลังวางเลี้ยง 1 สัปดาห์ (bar = 3 ซม.)

A. Control B. MS + BA 2 mg/l + ClO_2 20 mg/l C. MS + BA 2 mg/l D. MS + BA 2 mg/l + ClO_2 25 mg/l



ภาพที่ 2 ต้นอ่อนข้าวที่วางเลี้ยงในบนอาหารสูตร MS + BA 2 mg/l + ClO_2 25 mg/l

(bar = 1.8 ซม.)



ภาพที่ 3 ต้นอ่อนข้าวที่ปนเปื้อนเชื้อบนอาหารสูตร MS + BA 2 mg/l + ClO₂ 15 mg/l
(bar = 3 ซม.)

อภิปรายผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพการงอกของเมล็ดข้าวเล็บนกปัตตานี พบว่ามีอัตราการงอกคิดเป็นร้อยละ 35 ซึ่งเป็นเมล็ดที่มีประสิทธิภาพการงอกที่ต่ำ อาจเนื่องมาจากเมล็ดถูกเก็บไว้นานเกินไป เมล็ดที่ใช้ในการทดลองนี้มีอายุมากกว่า 5 เดือน

จากการเปรียบเทียบวิธี Autoclave กับการใช้ ClO₂ ต่อการเจริญเติบโตของต้นข้าวและการทำให้ปลอดเชื้อในอาหารสังเคราะห์ พบว่าอาหารสูตร MS เดิม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อน 26.7% อัตราการรอดชีวิตสูงสุดร้อยละ 73.3 และจำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด 2.8 ยอดต่อชิ้นส่วน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรุณี และ สมปอง (2558) ศึกษาการขยายพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาโดยการเพาะเลี้ยงปลายยอดภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ พบว่าการเติม ClO₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ผลดีที่สุด โดยให้จำนวนยอดรวม 12.60 ยอด และความสูงของยอดเฉลี่ย 9.51 เซนติเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Cardoso & Silva (2012) ซึ่งทดลองขยายพันธุ์และเพิ่มจำนวนยอดเยอร์ปี่ราในอาหารเหลวสูตร MS เดิมสารควบคุมการเจริญเติบโต BA ความเข้มข้น 0.5 มิลลิกรัมต่อลิตร NAA ความเข้มข้น 0.01 มิลลิกรัมต่อลิตร และ ClO₂ ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่าสามารถเพิ่มจำนวนยอดได้สูงสุด 5.63 ยอด และให้ความยาวยอดสูงสุด 6.92 เซนติเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของวรางคณา และคณะ (2563) ศึกษาการใช้ ClO₂ ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ

ไวท์อนุเบียส โดยการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อตายอดไวท์อนุเบียสที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 5 ระดับ คือ 0 25 50 75 และ 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นเวลา 8 สัปดาห์ พบว่าการใช้ ClO_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้อัตราการรอดชีวิตร้อยละ 80 แต่การใช้ ClO_2 ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร ส่งเสริมการสร้างยอดสูง 1.26 เซนติเมตร และรากยาว 7.36 เซนติเมตร ในขณะที่อาหารสูตร MS เติม BA ความเข้มข้น 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 ความเข้มข้น 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด 12.3 เซนติเมตร ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรุณี และ สมปอง (2558) ศึกษาการขยายพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาโดยการเพาะเลี้ยงปลายยอดภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ พบว่าการเติม ClO_2 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดรวม 6.6 ยอด และความสูงของยอดเฉลี่ย 5.81 เซนติเมตร และสอดคล้องกับงานวิจัยของโสภา มนทิรา และ ไกรรัตน์ (2562) ศึกษาการใช้ ClO_2 ต่อการเจริญเติบโตของหน่อข้าวหม้อแกงลิงพันธุ์แบล็คมิราเคิลในสภาพปลอดเชื้อ พบว่าการใช้ ClO_2 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้จำนวนยอดเฉลี่ย 5.92 ยอดต่อชิ้นส่วน จำนวนรากเฉลี่ย 2.67 รากต่อชิ้นส่วน และความยาวยอดเฉลี่ย 2.45 เซนติเมตร แต่การศึกษาในครั้งนี้ต้นอ่อนข้าวที่ย้ายเลี้ยงบนอาหาร MS เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 ความเข้มข้น 0 5 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร พบว่ามีการปนเปื้อน 100% และทำให้ต้นข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของอรุณี และ สมปอง (2558) ศึกษาการขยายพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาโดยการเพาะเลี้ยงปลายยอดภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์ พบว่าการเติม ClO_2 ความเข้มข้น 0 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อนเชื้อ 100% ต้นข้าวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของวราภรณ์ สุรรัตน์ และ สมปอง (2561) ศึกษาการใช้ ClO_2 ต่อการปลอดเชื้อและการเพิ่มปริมาณยอดรวมของกล้วยหอมเขียวในหลอดทดลอง พบว่าการเติม ClO_2 ความเข้มข้น 5 และ 10 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อนเชื้อ 100% ต้นกล้วยหอมเขียวไม่สามารถเจริญเติบโตได้ แต่การศึกษานี้ไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของวุฒิชัย และ สมปอง (2557) ศึกษาการเพาะเลี้ยงสับปะรดทุแลในอาหารเหลว MS เติม ClO_2 ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ให้ต้นสับปะรดมีความสูง จำนวนใบ ความยาวใบ และการสร้างยอดสูงกว่าการเพาะเลี้ยงในอาหารที่ผ่านการทำให้ปลอดเชื้อด้วยความร้อนสูงโดยหม้อนึ่งความดันไอน้ำ และไม่สอดคล้องกับงานวิจัยของวุฒิชัย และ สุพัฒน์ (2560) ศึกษาการใช้ ClO_2 เพื่อทำให้ปลอดเชื้อในอาหารสังเคราะห์และการขยายพันธุ์ม่วงเทพรัตน์ พบว่าบนอาหารสังเคราะห์ที่ทำให้ปลอดเชื้อโดย ClO_2 ความเข้มข้น 5 10 15 มิลลิกรัมต่อลิตร สามารถฆ่าเชื้อได้ 100% ต้นม่วงเทพรัตน์สามารถเจริญเติบโตได้ จากงานวิจัยที่ได้กล่าวมาข้างต้นและการศึกษาในครั้งนี้พบว่าพืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อระดับความเข้มข้นของ ClO_2 ที่แตกต่างกัน เช่น ข้าวหอมกระดังงามีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 100 ให้จำนวนยอดรวมและความสูงของยอดเฉลี่ยดีที่สุดบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อในทุกการทดลองที่

เติม ClO_2 (อรุณี และ สมปอง, 2558) ไวท์อนุเปียมมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 100 การปนเปื้อน 3.33% ให้ความยาวรอดและความยาวรากได้ดีที่สุดบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 75 มิลลิกรัมต่อลิตร (วรางคณา และคณะ, 2563) หม้อข้าวหม้อแกงลิงพันธุ์ แบล็คมิราเคิลให้จำนวนยอดเฉลี่ย จำนวนรากเฉลี่ย และความยาวยอดเฉลี่ยได้ดีบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 5 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อในทุกลอง (โสภา และคณะ, 2562) ม่วงเทพรัตน์มีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 100 บนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 5 10 และ 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อในทุกลอง (วุฒิชัย และ สุพัฒน์, 2560) สับปะรดภูแลให้ความสูง จำนวนใบ ความยาวใบ และการสร้างยอดสูงได้ดีบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 15 มิลลิกรัมต่อลิตร และไม่พบการปนเปื้อนเชื้อราบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร (วุฒิชัย และ สมปอง, 2557) กล้วยหอมเขียวมีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 100 การปนเปื้อนเชื้อ 0% และการเพิ่มปริมาณยอดรวมสูงสุดบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 35 มิลลิกรัมต่อลิตร (วราภรณ์ และคณะ, 2561) และเยอร์ปี่รามีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 60 เพิ่มจำนวนยอดได้สูงสุดและให้ความยาวยอดสูงสุดบนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 25 มิลลิกรัมต่อลิตร แต่บนอาหารที่เติม ClO_2 ความเข้มข้น 100 มิลลิกรัมต่อลิตร เยอร์ปี่รามีอัตราการรอดชีวิตร้อยละ 70 (Cardoso & Silva, 2012) การที่พืชแต่ละชนิดมีการตอบสนองต่อความเข้มข้นของ ClO_2 ที่แตกต่างกัน อาจเนื่องมาจาก ClO_2 ที่ใช้ในการฆ่าเชื้ออาหารสังเคราะห์เพื่อทำให้ปลอดเชื้อได้นั้น คลอรีนมีคุณสมบัติเป็นตัวออกซิไดซ์ที่รุนแรง เมื่อละลายน้ำจะเกิดปฏิกิริยากับน้ำไฮโปคลอไรต์ภายหลังละลายในน้ำจะแตกตัวให้ Hypochlorite Ion (OCl^-) และ Hypochlorous Acid (HOCl) ซึ่ง HOCl จะออกฤทธิ์ได้รุนแรงกว่า OCl^- ประมาณ 80-200 เท่า ซึ่งสามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ รวมทั้งสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในน้ำ สามารถทำให้พันธะเคมีในโมเลกุลของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์แตกออก และเกิดเป็นโมเลกุลขนาดเล็กที่ละลายน้ำได้ จึงช่วยเพิ่มความเร็วและประสิทธิภาพในการทำมาความสะอาด ดังนั้นความเข้มข้นของคลอรีนที่ใช้จะออกฤทธิ์ฆ่าเชื้อได้ดีต้องมีปริมาณความเข้มข้นที่เหมาะสม เพราะ ClO_2 ออกฤทธิ์กว้างไม่มีความจำเพาะต่อเชื้อ หากใช้ที่ความเข้มข้นสูงจะส่งผลให้สามารถทำลายเนื้อเยื่อพืชได้ แต่หากใช้ที่ความเข้มข้นต่ำจะส่งผลให้ไม่สามารถทำลายเชื้อจุลินทรีย์ได้และทำให้อาหารสังเคราะห์มีการปนเปื้อน จากการศึกษาในครั้งนี้ การย้ายเลี้ยงข้าวเล็บนกปัดตานีบนอาหารสังเคราะห์ที่เติม ClO_2 มีอัตราการรอดชีวิตจำนวนยอด ความยาวยอด สูงกว่าบนอาหารสังเคราะห์ที่ทำให้ปลอดเชื้อด้วยวิธี Autoclave อาจเป็นไปได้ว่าการฆ่าเชื้อในอาหารสังเคราะห์โดยไม่ผ่านความร้อน (Autoclave) ทำให้สารอาหารที่มีอยู่ไม่เกิดการสูญเสีย และการเติม ClO_2 เพื่อทำให้ปลอดเชื้อเป็นสารที่ไม่ทำปฏิกิริยากับสารอินทรีย์ และช่วยกระตุ้นการเจริญเติบโตของต้นพืชได้ตัว

สรุปผล

การชักนำให้เกิดยอด โดยการนำเมล็ดข้าวที่ปลอดเชื้อมาวางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS พบว่าการเพาะเลี้ยงเมล็ดข้าวเจริญเติบโตเป็นต้นอ่อนมีอัตราการงอกคิดเป็นร้อยละ 50.3 ให้ความยาวยอดเฉลี่ย 11.9 เซนติเมตร จำนวนยอด 1 ยอดต่อชิ้นส่วน และความยาวรากเฉลี่ย 7.1 เซนติเมตร

อาหารสูตร MS เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 25 มิลลิกรัมต่อลิตร มีการปนเปื้อน 26.7%ให้อัตราการรอดชีวิตสูงสุดร้อยละ 73.3 และจำนวนยอดเฉลี่ยสูงสุด 2.8 ยอดต่อชิ้นส่วน ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่ฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ในขณะที่อาหารสูตร MS เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ร่วมกับ ClO_2 20 มิลลิกรัมต่อลิตร ให้ความยาวยอดเฉลี่ยสูงสุด 12.3 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารชุดควบคุมที่ฆ่าเชื้อด้วย Autoclave แต่อาหารสูตร MS เติม BA 2 มิลลิกรัมต่อลิตร ที่ผ่านการฆ่าเชื้อด้วย Autoclave ให้จำนวนรากเฉลี่ยสูงสุด 9.9 รากต่อชิ้นส่วน และความยาวรากเฉลี่ยสูงสุด 5.4 เซนติเมตร ซึ่งแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติกับอาหารที่เติม ClO_2

ข้อเสนอแนะ

1. ควรเลือกใช้เมล็ดข้าวที่มีอายุน้อยกว่า 5 เดือน เพราะเมล็ดที่ใช้ในการทดลองนี้ใช้เมล็ดที่มีอายุมากกว่า 5 เดือน ทำให้อัตราการงอกของเมล็ดต่ำ
2. ควรเพิ่มความเข้มข้นของ ClO_2 ให้สูงกว่า 25 มิลลิกรัมต่อลิตร อาจจะทำให้เปอร์เซ็นต์การปนเปื้อนลดต่ำลง

อ้างอิง

- กรมการข้าว. 2561. *ข้าวเล็บนกปัตตานี*. สืบค้นจาก: <http://www.ricethailand.go.th/rkb3/title-index.php?content.php&id=36.html> [15 สิงหาคม 2564]
- ยุพวัลย์ ทองใบอ่อน. 2557. *ข้าวเล็บนก*. สืบค้นจาก: <https://agkb.lib.ku.ac.th> [14 ธันวาคม 2565]
- วรางคณา กาซิม มณีรัตน์ หวังวิบูลย์กิจ และ นางนุช เลาหะวิสุทธิ. 2563. ผลของคลอรีนไดออกไซด์

- ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อไวท์อนุเบียส. *วารสารวิจัยเทคโนโลยีการประมง*, 14, หน้า 65-72.
- วรารณ หิตนิม สุริรัตน์ เย็นซ้อน และ สมปอง เตชะโต. 2561. ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อการปลอดเชื้อและการเพิ่มปริมาณยอดรวมของกล้วยหอมเขียวในหลอดทดลอง. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 5(2), 1-7.
- วุฒิชัย ศรีช่วย และ สุพัฒน์ ศรีสวัสดิ. 2560. การใช้คลอรีนไดออกไซด์ (ClO₂) เพื่อทำให้ปลอดเชื้อในอาหารสังเคราะห์และการขยายพันธุ์ม่วงเทพรัตน์ (*Exacum affine* Balf.f. ex Regel) ในหลอดทดลอง. *รายงานผลการวิจัยที่ได้รับทุนวิจัยแห่งชาติ ประจำปี 2560*, หน้า 8-23.
- วุฒิชัย ศรีช่วย และ สมปอง เตชะโต. 2557. ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อการทำให้ปลอดเชื้อในการเพาะเลี้ยงสับปะรดฤดูแลด้วยระบบไบโอรีแอคเตอร์. *วารสารแก่นเกษตร*, 42(3), 75-80.
- ศูนย์วิจัยข้าวปัตตานี. 2562. ศูนย์ข้อมูลข้าวตลาดเฉพาะ. สืบค้นจาก: <https://www.thairicedb.com/rice-detail.php?id=38> [15 สิงหาคม 2564]
- สิทธา พรรณสมบูรณ์. 2552. *ข้าวของเรา*. มุลนิธิข้าวไทย ในพระบรมราชูปถัมภ์. กรุงเทพมหานคร. หน้า 2-3.
- โสภา ชูเพ็ง มนทิรา ไชยตะยากร และ ไกรรัตน์ ปลิดโรค. 2562. ผลของคลอรีนไดออกไซด์ต่อการเจริญเติบโตของหน่อข้าวหม้อแกงลิงพันธุ์แบล็คมิราเคิลในสภาพปลอดเชื้อและการอนุบาล. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 6(3), 27-33.
- อรุณี ยูโซ๊ะ และ สมปอง เตชะโต. 2558. การขยายพันธุ์ข้าวหอมกระดังงาโดยการเพาะเลี้ยงปลายยอดภายใต้ระบบไบโอรีแอคเตอร์. *วารสารพืชศาสตร์สงขลานครินทร์*, 2(3), 12-16.
- Cardoso, J.C. & Silva, J.A.T. 2012. Micropropagation of gerbera using chlorine dioxide (ClO₂) to sterilize the culture medium. *Journal In Vitro Cellular and Developmental Biology*, 48, 362–368.
- Srebernich, S.M. 2007. Using chlorine dioxide and peracetic acid as substitutes for sodium hypochlorite in the sanitization of minimally processed green seasoning. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 27(4), 744–750.

ผลของระยะเวลาในการชงชาสมุนไพรต่อปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพร 3 ชนิด

The Effect of Herbal Tea Infusion Time on Active Constituents

Contents in Three Herbal Plants

นุรามาลี ดีนามอ^{1*}, นาริสา บินหะยี้ดิง¹, รอฮานี ยูโซ๊ะ¹, นูอัยนี ปี¹, ซูไรนี โต๊ะนาบอ¹, อภิชัย มาลีกัน²
 Nuramalee Deenamo^{1*}, Narisa Binhayeeding¹, Rohanee Yusoh¹, Nu-ainee Pi¹, Surainee Tohnabo¹,
 Aphichai Maleekan²

(Received: 15 November,2022 ; Revised: 1 December,2022 ; Accepted 15 December,2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการชงชาสมุนไพรต่อปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน และทดสอบฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในชาชงจากพืชสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วดาวอินคา ใบชาเหงา และส้มแขก เตรียมชาโดยนำใบสดของพืชทั้งสามชนิดมาทำให้แห้งด้วยตู้อบลมร้อน ที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำใบแห้งมาบดอย่างหยาบและบรรจุ 1 กรัม/ซองชา เตรียมน้ำชาโดยแช่ชา 1 ซองในน้ำที่มีอุณหภูมิ 100°C ปริมาตร 100 มิลลิลิตร เป็นเวลา 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที ความเข้มข้นของสีชาวัดด้วยเครื่องสเปกโตรโฟโตมิเตอร์ ให้ผลค่าสี $L^* a^* b^*$ พบว่า สีของชาสมุนไพรทั้งสามชนิดมีค่าความสว่างน้อย ซึ่งใบชาใบดาวอินคาและใบชาเหงามีสีเหลืองถึงน้ำตาล ตรงข้ามกับใบชาใบส้มแขกที่มีสีชมพู-น้ำตาล โดยความเข้มข้นของสีเรียงลำดับตามระยะเวลาการชงชาที่มากขึ้น ผลการศึกษาปริมาณสารสำคัญด้วยเทคนิคสเปกโตรโฟโตเมตรี พบว่าที่เวลา 10 นาที สารสำคัญเหล่านี้มีค่าสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p < 0.05$) ปริมาณสารฟีนอลิกและ ฟลาโวนอยด์ในใบชาใบดาวอินคา เท่ากับ 20.33 ± 0.12 และ 3.39 ± 0.04 mg/g.dw ตามลำดับ ซึ่งมีปริมาณสูงกว่าในใบชาใบเหงาและใบส้มแขก ตามลำดับ ในขณะที่สารแทนนินพบในใบชาใบเหงามีปริมาณสูงสุด เท่ากับ 3.01 ± 0.11 mg/g.dw ส่วนผลการทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity พบว่าชาสมุนไพร 3 ชนิด มี

คำสำคัญ: ปริมาณสารสำคัญ ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระชาสมุนไพร ใบชาใบดาวอินคา ใบชาใบเหงา ใบส้มแขก

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

²สำนักงานสภาเกษตรกรจังหวัดนราธิวาส

²Narathiwat Farmers Council Office

*Corresponding Author, E-mail: nuramalee.d@pnu.ac.th

ความสามารถต้านอนุมูลอิสระ เท่ากับ 82.26% 81.82% และ 68.55% ตามลำดับ ดังนั้นจากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการชงชาจากใบพืชสมุนไพรนี้มีผลต่อปริมาณสารสำคัญทั้งสามชนิด ซึ่งสัมพันธ์กับการเปลี่ยนแปลงความเข้มของสีชาและประสิทธิภาพการต้านออกซิเดชันด้วย

Abstract

The purpose of this research was to investigate the effect of infusion times on total active constituents such as phenolic, flavonoid and tannin and to study antioxidative activity of 3 herbal plants, including *Plukenetia volubilis* L. (Sacha inchi), *Gymnanthemum extensum* L. (Bitter leaf tree) and *Garcinia atroviridis* (Garcinia). All leaves were dried with hot air oven at 50°C for 48 h, then leaf samples were coarsely ground and packed in 1 gram per a tea bag. Tea samples were infused in 100 ml of boiling water at 100°C for 2, 4, 6, 8 and 10 min. The color intensity of teas was detected by using colorimeter and representation of color with L*, a* and b* values. Three herbal teas were visualized in a low brightness color. Sacha inchi and Bitter leaf teas showed yellow-brown color, in contrast Garcinia leaf tea exhibited pink-brown color. The color intensity of tea was dependent on the brewing time. The active constituents contents were analyzed by using spectrophotometric method. At 10 minutes, the contents of these active constituents in three herbal teas were significant highest ($p < 0.05$). Phenolic and flavonoid contents in Sacha inchi leaf were 20.33 ± 0.12 and 3.39 ± 0.04 mg/g.dw, respectively, that were higher than Bitter leaf and Garcinia leaf. In addition, tannin content in Bitter leaf was highest level with 3.01 ± 0.11 mg/g.dw. Moreover, antioxidative activity was tested at 10 min after infusion time by following the method of 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity assay. The result showed that antioxidant potential of three herbal teas (Sacha inchi leaf, Bitter leaf and Garcinia leaf teas) was 82.26% 81.82% and 68.55%, respectively. Thus, this result indicated that the infusion time of three herbal teas caused significant enhance in contents of active constituents which significantly correlated with the color variation of leaf tea and capacity of antioxidants.

Keywords: Active constituents, Antioxidant Herbal tea, *Plukenetia volubilis* L. leaves, *Gymnanthemum extensum* L. leaves, *Garcinia atroviridis* leaves

บทนำ

ชาสมุนไพรเป็นเครื่องดื่ม ที่ผลิตจากการแช่หรือต้มส่วนต่างๆ ของพืช (ที่ไม่ใช่ต้นชา) เช่น ใบ ดอก ราก เมล็ด ลำต้นหรือเปลือกของต้นในน้ำร้อน มีประโยชน์ต่อร่างกายและได้รับความนิยมอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีผลการวิจัยที่แสดงถึงคุณประโยชน์ของสารพฤกษเคมี มีสารโพลีฟีนอล (polyphenols) ที่มีสมบัติการต้านปฏิกิริยาออกซิเดชัน ป้องกันโรคมะเร็ง ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ลดความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหัวใจ และยับยั้งการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ เป็นต้น (จีรพงษ์ เทพภรณ์, 2556) นอกจากนี้ยังมีสรรพคุณบำรุงสุขภาพ เช่น ช่วยย่อยอาหาร ช่วยขับลม และยังมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ (ชมพูท สันธิพิบูลยกิจ, ญัฐติยา กลั่นวารี, ธีรวิศม ศรีวิศาลจรัส, ชนันทพร เดชขุน, และพูนภัทร จันทระแซมช้อย, 2558) โดยอนุมูลอิสระ (free radical) เป็นอะตอมหรือโมเลกุลที่สามารถทำปฏิกิริยากับอะตอมอื่นๆ ในร่างกายหรือเซลล์ได้อย่างรวดเร็ว อนุมูลอิสระนี้ถูกสร้างขึ้นในร่างกายโดยธรรมชาติ มีหน้าที่สำคัญหลายกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ หากสารอนุมูลอิสระมีความเข้มข้นสูงอาจเป็นอันตรายต่อร่างกายและสร้างความเสียหายต่อส่วนประกอบของเซลล์ ดีเอ็นเอ โปรตีน รวมถึงเยื่อหุ้มเซลล์ อาจพัฒนาให้เกิดโรคต่างๆ ตามมา เช่น มะเร็ง โรคหลอดเลือดหัวใจ อัลไซเมอร์ พาร์กินสัน เบาหวาน ต้อกระจก และจอประสาทตาเสื่อม เป็นต้น

สารต้านอนุมูลอิสระ มีฤทธิ์ในการทำปฏิกิริยากับอนุมูลอิสระ ช่วยปกป้องหรือยับยั้งความเสียหายของเซลล์ที่เกิดขึ้นจากสารอนุมูลอิสระ ซึ่งร่างกายของมนุษย์สามารถผลิตสารต้านอนุมูลอิสระขึ้นมาได้จำนวนหนึ่งอยู่แล้ว แต่ทั้งนี้ต้องอาศัยสารต้านอนุมูลอิสระจากนอกร่างกายอย่างการรับประทานอาหารด้วยจึงจะเพียงพอ สารต้านอนุมูลอิสระมีทั้งที่เป็นสารจากธรรมชาติ เช่น กรดอะมิโน (amino acid), กรดแอสคอร์บิก (ascorbic acid), แคโรทีนอยด์ (carotenoids), ฟลาโวนอยด์ (flavonoids), แทนนิน (tannins) และโทโคเฟอร์รอล (tocopherols) เป็นต้น (บังอร วงศ์รักษ์ และศศิลักษณ์ ปิยะสุวรรณ, 2549) และการรับประทานอาหารที่มีสารต้านอนุมูลอิสระเป็นองค์ประกอบจะช่วยป้องกันและลดโอกาสการเกิดโรคจากการเกิดอนุมูลอิสระภายในร่างกาย ดังนั้นการได้รับสารต้านอนุมูลอิสระจะทำให้ร่างกายมีความสามารถในการดักจับอนุมูลอิสระได้ดีขึ้น (Mourao, Umeo, Takemura, Linde, & Colauto, 2011)

ถั่วดาวอินคา (*Plukenetia volubilis* L.) เป็นพืชที่มีต้นกำเนิดในแถบประเทศอเมริกาใต้ มีประโยชน์หลากหลาย เช่น เมล็ดคั่วสุกใช้ทำชอส สก๊ตน้ำมัน หรือรับประทานเป็นอาหารขบเคี้ยว ส่วนใบสามารถนำมาประกอบอาหารได้ นอกจากนี้ถั่วดาวอินคายังมีสรรพคุณช่วยแก้ปัญหาเรื่องสุขภาพด้านต่างๆ ได้ เช่น เบาหวาน สะเก็ดเงิน หลอดเลือดตีบ อัมพฤกษ์ อัมพาต เป็นต้น ถั่วดาวอินคาเป็นพืชที่อุดมไปด้วยคุณค่าทาง

โภชนาการที่สำคัญ คือ มีกรดไขมันไม่อิ่มตัวที่ประกอบด้วยสารโอเมก้า 3 6 9 มีกรดอะมิโนที่จำเป็น มีโปรตีนสูง มีสารต้านอนุมูลอิสระหลายชนิด เช่น วิตามินซี วิตามินอี ฟลาโวนอยด์ นอกจากนี้ยังมีรายงานว่าพบสารในกลุ่มโพลีฟีนอลอีกด้วย (ขมัยพร รอดกลิ่น, เอกรัฐ ศรีสุข และกล่าวขวัญ ศรีสุข, 2560)

ป่าช้าเหงา หรือหนานเฉาเหว่ย (*Gymnanthemum extensum* L.) เป็นพืชวงศ์ทานตะวัน เป็นสมุนไพรที่มีฤทธิ์แรง มีรายงานวิจัยพบว่า สารสกัดน้ำของใบป่าช้าเหงามีฤทธิ์กระตุ้นระบบภูมิคุ้มกันในผู้ป่วยโรคเอดส์ ในขณะที่บางงานวิจัยแสดงให้เห็นว่าป่าช้าเหงามีฤทธิ์ยับยั้งเซลล์มะเร็ง ลดระดับน้ำตาลในเลือด ยับยั้งเชื้อมาลาเรีย และต้านอนุมูลอิสระ

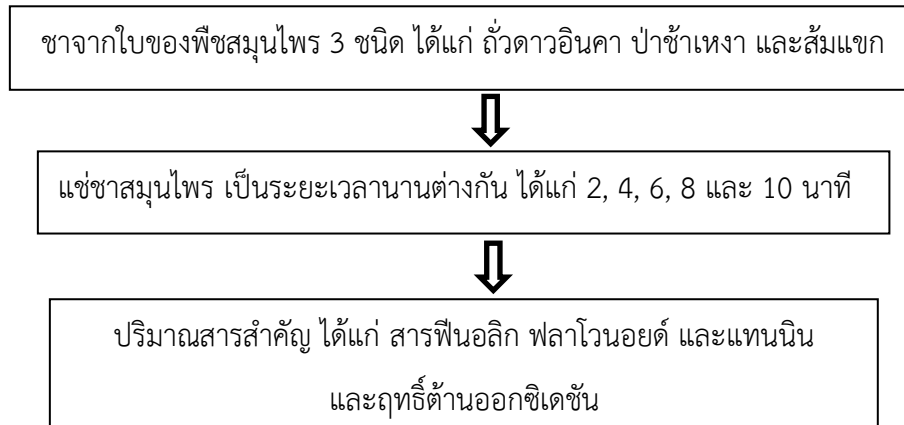
ส้มแขก (*Garcinia atrovirdis*) เป็นพืชประจำถิ่นที่พบมากในภาคใต้ตอนล่าง (Tongboona, Suwanno, & Saowapark, 2012) สามารถใช้ประโยชน์ได้หลายอย่าง ผลส้มแขกนิยมนำมาใช้ปรุงแต่งอาหารให้มีรสเปรี้ยว มีสรรพคุณช่วยลดน้ำหนักเนื่องจากมีกรดไฮดรอกซีซิตริก (hydroxycitric acid; HCA) ซึ่งมีคุณสมบัติช่วยยับยั้งเอนไซม์ในกระบวนการสร้างไขมันจากการบริโภคอาหารประเภทคาร์โบไฮเดรตสูง นอกจากนี้ยังมีกรดอินทรีย์อื่นๆ เช่น กรดซิตริก (citric acid), กรดโดเดคาโนอิก (dodecanoic acid), กรดออกตะเตคาโนอิก (octadecanoic acid) และกรดเพนเตเตคาโนอิก (pentadecanoic acid) เป็นต้น

จากข้อมูลข้างต้นนี้ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจที่จะศึกษาปริมาณสารสำคัญต่างๆ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในชาสมุนไพรจากพืช 3 ชนิด ได้แก่ ใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นความรู้ทางด้านโภชนาการในการเลือกบริโภคสมุนไพรในรูปแบบของชาชงเพื่อดูแลสุขภาพและเป็นข้อมูลในการวิจัยต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาผลของระยะเวลาในการชงชาสมุนไพรต่อปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน และฤทธิ์ต้านออกซิเดชันในชาชงจากใบของพืชสมุนไพร 3 ชนิด ได้แก่ ถั่วดาวอินคา ป่าช้าเหงา และส้มแขก ที่ระยะเวลาในการชงชาสมุนไพร 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมชาสมุนไพร: นำพืชสมุนไพร 3 ชนิด คือ ใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา ใบส้มแขก (ใช้เฉพาะใบแก่) มาล้างให้สะอาด และผึ่งใบให้สะเด็ดน้ำ นำมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปชั่งและอบด้วยตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 50°C นาน 48 ชั่วโมง นำสมุนไพรตัวอย่างที่อบแห้งแล้วไปชั่งอีกครั้ง และนำมาบดให้ละเอียดที่ขนาด 60 เมช จากนั้นนำไปบรรจุใส่ในซองชาแบบเยื่อกระดาษปริมาณซองละ 1 กรัม เก็บไว้ในภาชนะกันแสงที่สะอาดและปิดสนิท

2. การชงชาสมุนไพร: นำชาจากสมุนไพรตัวอย่างเตรียมได้โดย เทน้ำร้อนที่อุณหภูมิ 100°C ปริมาตร 100 มิลลิลิตร ในปิกเกอร์ ใช้ระยะเวลาในการแช่ชาที่ต่างกัน คือ 2, 4, 6, 8 และ 10 นาที จากนั้นนำชาที่ได้มากรองด้วยกระดาษกรองเบอร์ 1 และนำไปวิเคราะห์หาปริมาณสารสำคัญและทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระต่อไป

3. การวัดสี (Color Measuring): นำตัวอย่างน้ำชาสมุนไพรทั้งสามชนิดใส่ในภาชนะใส เพื่อวัดสีของน้ำชา โดยใช้เครื่อง Colorimeter รุ่น CR-400 ผลของการวัดสีที่ได้แสดงในภาพ L^* a^* b^* ทำการทดลอง 3 ซ้ำ โดยที่

- แกน L^* บ่งบอกถึงความสว่าง (lightness) จากสีดำ ($-L^*$) จนถึงสีขาว ($+L^*$)
- แกน a^* บรรยายแกนสี จากสีเขียว ($-a^*$) จนถึงสีแดง ($+a^*$)
- แกน b^* บรรยายแกนสี จากสีน้ำเงิน ($-b^*$) จนถึงสีเหลือง ($+b^*$)

4. การหาปริมาณสารฟีนอลิกรวม: ปริมาณสารฟีนอลิกรวมในน้ำชาจากสมุนไพรตัวอย่าง วิเคราะห์โดยดัดแปลงตามวิธีของ Torres, Mau-Lastovicka, & Rezaaiyan (1987) นำน้ำชาตัวอย่าง ปริมาตร 50 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ ทำปฏิกิริยากับ Folin-Ciocalteu's phenol reagent เจือจาง 1:2

ปริมาตร 200 ไมโครลิตร เขย่าเบาๆ และบ่มที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 5 นาที แล้วเติมสารละลายโซเดียมคาร์บอเนต ความเข้มข้น 20% (w/v) ปริมาตร 1,000 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 10 นาที เพื่อให้เกิดสี หลังจากนั้นนำมาวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 760 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานสารละลายกรดแกลลิก ความเข้มข้น 1–5 ไมโครกรัม/มิลลิลิตร ปริมาณสารฟีนอลิกที่ได้แสดงในหน่วย mg gallic acid equivalent/g.dw

5. การหาปริมาณฟลาโวนอยด์รวม: ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมในใบพืชตัวอย่าง วิเคราะห์ด้วยวิธี aluminium chloride colorimetry โดยดัดแปลงจากวิธีของ Zhishen, Mengcheng, & Jianming (1999) นำน้ำชาตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ เติมสารละลายอะลูมิเนียมคลอไรด์ ความเข้มข้น 2.5% (w/v) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร และสารละลายโซเดียมอะซิเตต ความเข้มข้น 10% (w/v) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ผสมให้เข้ากัน แล้วตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 15 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 430 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่วัดได้กับกราฟมาตรฐานสารละลาย เควอซิติน ความเข้มข้น 2.5–12.5 ไมโครกรัม /มิลลิลิตร ปริมาณสารฟลาโวนอยด์รวมที่ได้แสดงในหน่วย mg quercetin equivalent /g.dw

6. การหาปริมาณแทนนินรวม: ปริมาณสารแทนนินรวมในใบพืชตัวอย่าง โดยดัดแปลงจากวิธีของ Sze-Tao, Schrimpf, Teuber, Kenneth, & Shridhar (2001) นำน้ำชาตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร ใส่ในหลอดไมโครเซนตริฟิวจ์ ผสมกับ vanillin ในเมทานอล ความเข้มข้น 4% (w/v) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร เติมกรดไฮโดรคลอริก ความเข้มข้น 37% (v/v) จำนวน 5 หยด จากนั้นบ่มในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายผสม ที่ความยาวคลื่น 500 นาโนเมตร ทำการทดลอง 3 ซ้ำ ปริมาณสารแทนนินรวมหาได้จากการนำค่าการดูดกลืนแสงของสารตัวอย่างเทียบกับกราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแทนนิก ความเข้มข้น 2–10 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ปริมาณที่ได้แสดงในหน่วย mg tannic acid equivalent/g.dw

7. การวิเคราะห์ฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity: การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยดัดแปลงตามวิธีของ Perez, Caleron, & Croci (2007) เริ่มด้วยการผสมน้ำชาตัวอย่าง 500 ไมโครลิตร ทำปฏิกิริยากับ DPPH ความเข้มข้น 0.01 M ปริมาตร 500 ไมโครลิตร ตั้งทิ้งไว้ในที่มืดเป็นเวลา 10 นาที และนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร เปรียบเทียบค่าการดูดกลืนแสงที่ได้กับกราฟมาตรฐานของสารมาตรฐานไทโรลอคซ์ ความเข้มข้น 0.5-2.5 ไมโครกรัมต่อมิลลิลิตร จากนั้นสร้างกราฟความสัมพันธ์ระหว่าง %Scavenging activity กับความเข้มข้นของสารละลายตัวอย่าง ตามสมการดังนี้

$$\% \text{Scavenging activity} = \frac{(A_0 - A_s) \times 100}{A_0}$$

โดยที่ A_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างควบคุม (ใช้น้ำกลั่นแทนสารตัวอย่าง)

A_s คือ ค่าการดูดกลืนแสงของสารละลายตัวอย่างที่ทำปฏิกิริยากับสารละลาย DPPH

8. การวิเคราะห์ทางสถิติ: ประมวลผลข้อมูลทั้งหมดด้วยโปรแกรม SPSS โดยเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยด้วยวิธี One way ANOVA ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% และวิเคราะห์ข้อมูลเปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยตามวิธี Duncan's Multiple Range Test (DMRT)

ผลและอภิปรายการวิจัย

1. ผลของระยะเวลาในการชงชาต่อค่าสีของน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา ป่าช้าเหงา และใบส้มแขก

จากการแช่ผงชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°C พบว่า น้ำชาที่ได้จากสมุนไพรแต่ละชนิด ให้ค่าสีที่มีความสว่างน้อย ให้สีที่แตกต่างกัน โดยน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคาและใบป่าช้าเหงา มีแนวโน้มสีไปทางสีเหลือง-น้ำตาล ส่วนน้ำชาจากใบส้มแขกมีแนวโน้มสีไปทางสีชมพู-น้ำตาล เมื่อแช่ผงชาที่ระยะเวลานานขึ้น ได้แก่ 2 4 6 8 และ 10 นาที น้ำชาที่ได้จะให้สีเข้มขึ้นตามเวลาแช่ที่เพิ่มขึ้น ดังค่าสีในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ค่าสีของน้ำชาสมุนไพร 3 ชนิด

ระยะเวลาชงชา (นาที)	ค่าสี	ใบถั่วดาวอินคา ($\pm\text{SD}$)	ใบป่าช้าเหงา ($\pm\text{SD}$)	ใบส้มแขก ($\pm\text{SD}$)
2	L^*	-7.35 ± 0.16	-8.58 ± 0.57	1.86 ± 0.43
	a^*	4.88 ± 0.20	8.23 ± 0.59	4.47 ± 0.04
	b^*	16.10 ± 0.78	22.02 ± 1.33	-1.86 ± 0.17
4	L^*	-9.02 ± 0.14	-11.66 ± 0.65	1.06 ± 0.12
	a^*	5.99 ± 0.42	9.99 ± 0.65	5.29 ± 0.56
	b^*	19.53 ± 1.03	24.28 ± 0.74	-1.35 ± 0.10
6	L^*	-10.25 ± 0.36	-13.38 ± 0.50	0.32 ± 0.08

ตารางที่ 1 ค่าสีของน้ำชาสมุนไพร 3 ชนิด (ต่อ)

ระยะเวลาชงชา (นาทีก)	ค่าสี	ใบถั่วดาวอินคา ($\pm$ SD)	ใบป่าช้าเหงา ($\pm$ SD)	ใบส้มแขก ($\pm$ SD)
8	a*	7.09 $\pm$ 0.43	1.93 $\pm$ 0.09	5.86 $\pm$ 0.62
	b*	21.28 $\pm$ 0.56	21.54 $\pm$ 1.27	-0.39 $\pm$ 0.05
	L*	-11.16 $\pm$ 0.11	-14.58 $\pm$ 0.30	0.23 $\pm$ 0.05
10	a*	7.11 $\pm$ 0.22	3.79 $\pm$ 0.68	6.19 $\pm$ 0.40
	b*	21.53 $\pm$ 0.27	26.41 $\pm$ 0.91	-0.36 $\pm$ 0.11
	L*	-12.18 $\pm$ 0.15	-17.83 $\pm$ 1.24	-1.25 $\pm$ 0.18
10	a*	7.78 $\pm$ 0.29	5.91 $\pm$ 0.73	5.83 $\pm$ 0.25
	b*	22.62 $\pm$ 0.71	27.18 $\pm$ 0.80	-1.04 $\pm$ 0.10

หมายเหตุ การวัดสีได้แสดงในภาพ L* a* b* โดยที่ L* คือความสว่างมีค่า 0-100 (ดำ-ขาว), a* คือ ค่าสีเขียว (-a*) จนถึงสีแดง (+a*) และ b* คือ ค่าสีน้ำเงิน (-b*) จนถึงสีเหลือง (+b*)

2. ผลของระยะเวลาในการชงชาต่อปริมาณสารฟีนอลิกในชาชงจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขกด้วยวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric (Torres, Mau-Lastovicka, & Rezaaiyan, 1987)

จากการนำน้ำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มาทดลองตามวิธี Folin-Ciocalteu colorimetric เพื่อหาปริมาณสารฟีนอลิก โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก ($y=0.0917x$, $R^2=0.9997$) ปริมาณที่ได้นั้นมาจากการเทียบเท่าปริมาณสารฟีนอลิกชนิดกรดแกลลิก ซึ่งถือว่าเป็นสารฟีนอลิกจากพืชที่ประกอบด้วยหมู่ฟีนอลิก จากผลการนำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ชงหรือแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°C ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ได้แก่ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่า ในน้ำชาสมุนไพรนี้มีสารฟีนอลิกอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา มีปริมาณสารฟีนอลิกสูงกว่าใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ตามลำดับ

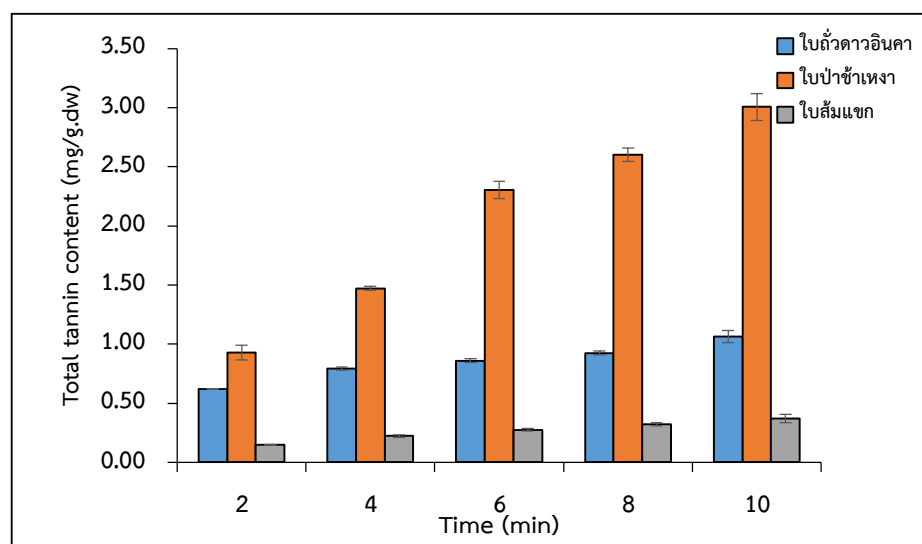
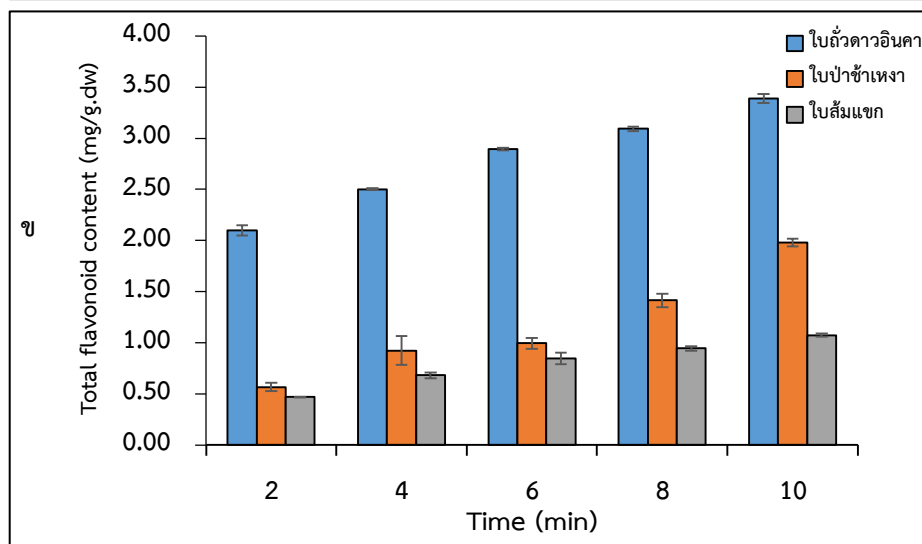
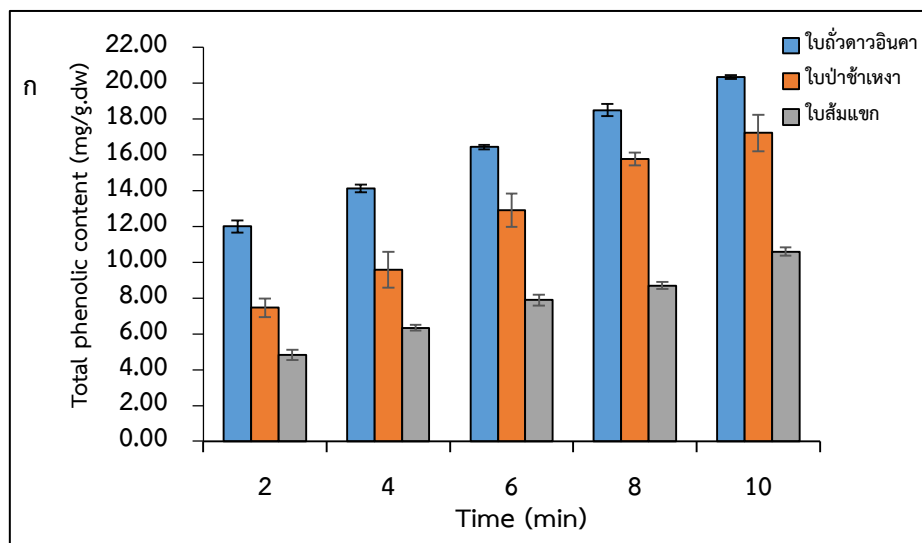
(ภาพที่ 1ก) และชาทั้ง 3 ชนิดนี้ ให้สารฟีนอลิกสูงสุด ที่ระยะเวลาชงชา 10 นาที แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารฟีนอลิกที่ได้แปรผันตรงกับระยะเวลาที่ชงชา

3. ผลของระยะเวลาในการชงชาต่อปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในชาชงจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก

จากการนำน้ำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มาทดลองตามวิธี Aluminium chloride colorimetric แล้วหาปริมาณสารฟลาโวนอยด์ในน้ำชาดังกล่าว โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานเคอเวอเซติน ($y=0.0498x$, $R^2=0.9974$) ปริมาณที่ได้นั้นมาจากการเทียบเท่าปริมาณสารฟลาโวนอยด์กับสารเคอเวอเซติน จากผลการนำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ชงหรือแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°C ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ได้แก่ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่า ในน้ำชาสมุนไพรนี้ มีสารฟลาโวนอยด์อยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน น้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา มีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงกว่าใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ตามลำดับ (ภาพที่ 1ข) และชาทั้ง 3 ชนิด ให้สารฟีนอลิกสูงสุด ที่ระยะเวลาชงชา 10 นาที แสดงให้เห็นว่า ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ที่ได้แปรผันตรงกับระยะเวลาที่ชงชา

4. ผลของระยะเวลาในการชงชาต่อปริมาณสารแทนนินในชาชงจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก

เมื่อนำน้ำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด มาทดลองตามวิธีของ Sze-Tao et al. (2001) แล้วหาปริมาณสารแทนนินในน้ำชาดังกล่าว โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแทนนิก ($y=0.0156x$, $R^2=0.9927$) ปริมาณที่ได้ นั้นมาจากการเทียบเท่าปริมาณสารแทนนินกับกรดแทนนิก จากผลการนำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ชงหรือแช่ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°C ที่ระยะเวลาต่างๆ กัน ได้แก่ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่า ในน้ำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดนี้ มีสารแทนนินอยู่ในปริมาณที่แตกต่างกัน โดยน้ำชาจากใบป่าช้าเหงา มีปริมาณสารแทนนินสูงกว่าใบถั่วดาวอินคา และใบส้มแขก ตามลำดับ (รูปที่ 1ค) และให้สารแทนนินสูงสุด ที่ระยะเวลาชงชา 10 นาที แสดงให้เห็นว่า ปริมาณของสารแทนนินที่ได้แปรผันตรงกับระยะเวลาที่ชงชา



ภาพที่ 1 ปริมาณฟีนอลิกรวม (ก) ปริมาณสารฟลาโวนอยด์ (ข) และปริมาณสารแทนนิน (ค) ในน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ที่ระยะเวลาในการชงต่างๆ ได้แก่ 2 4 6 8 และ 10 นาที

5. ผลของระยะเวลาในการชงชาต่อฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในชาชงจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ด้วยวิธี 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radical scavenging activity

เมื่อนำน้ำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด การทดสอบฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยดัดแปลงตามวิธีของ Perez et al. (2007) โดยเทียบกับกราฟมาตรฐานโทรลอคซ์ จากนั้นทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 นาโนเมตร จำนวน 3 ซ้ำ และนำค่าการดูดกลืนแสงเฉลี่ย มาคำนวณเป็นร้อยละความสามารถในการยับยั้งอนุมูลอิสระ DPPH ของน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ดังตารางที่ 2 พบว่า น้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก มีความสามารถทำให้ค่าการดูดกลืนแสงของอนุมูลอิสระ DPPH ลดลงได้ในปริมาณที่แตกต่างกัน แสดงให้เห็นว่าน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา ใบและผลส้มแขกมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระได้แตกต่างกัน ที่ระยะเวลาการชงชา 10 นาที ในน้ำร้อนอุณหภูมิ 100°C

ตารางที่ 2 ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 515 nm และ %scavenging activity (%SA) ของน้ำชาจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก ที่ชงระยะเวลา 10 นาที เมื่อใช้น้ำชาปริมาตรต่างกัน

ปริมาตร น้ำชา (μl)	ใบถั่วดาวอินคา		ใบป่าช้าเหงา		ใบส้มแขก	
	OD515 (±SD)	%SA	OD515(±SD)	%SA	OD515(±SD)	%SA
100	0.345 ± 0.003	34.84	0.368 ± 0.004	30.50	0.369 ± 0.011	30.38
200	0.270 ± 0.002	49.06	0.259 ± 0.008	52.77	0.317 ± 0.007	40.13
300	0.188 ± 0.002	64.59	0.180 ± 0.008	66.10	0.267 ± 0.005	49.56
400	0.137 ± 0.005	74.15	0.105 ± 0.008	80.19	0.210 ± 0.008	60.31
500	0.094 ± 0.003	82.26	0.096 ± 0.003	81.82	0.167 ± 0.009	68.55

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาหาปริมาณสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และแทนนิน และศึกษาฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน ในชาชงสมุนไพรจากใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขก โดยนำใบสดมา

อบที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำมาขังเป็นน้ำชา โดยใช้ชาแต่ละชนิดปริมาณ 1 กรัม ต่อน้ำร้อน 100 มิลลิลิตร ที่อุณหภูมิ 100°C แช่ผงชาที่ระยะเวลาต่างกัน คือ 2 4 6 8 และ 10 นาที พบว่า ผลค่าสีของชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิดมีค่าความสว่างน้อย โดยใบถั่วดาวอินคาและใบป่าช้าเหงา มีแนวโน้มสีไปทางสีเหลือง-น้ำตาล ส่วนชาจากใบส้มแขกมีแนวโน้มสีไปทางสีชมพู-น้ำตาล ผลการศึกษาปริมาณสารสำคัญและฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH พบว่ามีปริมาณสารสำคัญที่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยใบดาวถั่วอินคา มีสารฟีนอลิกและฟลาโวนอยด์ ปริมาณสูงกว่าใบป่าช้าเหงาและใบส้มแขกตามลำดับ ในขณะที่แทนนินพบในใบป่าช้าเหงาสูงกว่าในใบถั่วดาวอินคาและใบส้มแขก ตามลำดับ ส่วนฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระ พบว่าใบถั่วดาวอินคา ใบป่าช้าเหงา และใบส้มแขกมีค่าใกล้เคียงกัน จากการวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่า ระยะเวลาในการชงชา มีผลต่อปริมาณสารสำคัญต่างๆ โดยที่เวลา 10 นาที จะมีปริมาณสารสำคัญดังกล่าวสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคุชฎี ทรัพย์บัว (2559) ที่ได้รายงานว่าอัตราส่วนระหว่างดอกดาหลาและเวลาในการชงชา มีผลต่อปริมาณสารสำคัญและการยอมรับของผู้บริโภค เมื่อชงชาด้วยน้ำเปล่าที่อุณหภูมิ 100°C โดยใช้เวลาในการชงชา 5 และ 10 นาที พบว่า ชาดาหลา 5 กรัม ชง 10 นาที มีปริมาณโพลีฟีนอลรวม ปริมาณแอนโทไซยานิน ปริมาณวิตามินซี และฤทธิ์การต้านออกซิเดชันสูงสุดอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เช่นเดียวกับงานวิจัยของพรหทัย พุทธรวัน, สัมฤทธิ์ รักพนาลี และอานันท์ ณ หนองคาย (2561) ที่ได้วิเคราะห์สารสำคัญและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรท้องถิ่นในภาคเหนือ 10 ชนิด ได้แก่ เปล้าใหญ่ เปล้าน้อย ตองแตก ตูน (อ้อดิบ) ไม้ ป่านรามิ ราชพฤกษ์ กล้วยติบ หล้าคา และหล้าไซ เพื่อพัฒนาเป็นชาสมุนไพรสำเร็จรูป และพบสภาวะที่เหมาะสมในการชงชาสมุนไพรชนิดนี้ คือ อุณหภูมิ 100°C และเวลา 20 นาที ให้ปริมาณโพลีฟีนอลสูงที่สุด คือ 130.88 µgGAE/ml ซึ่งมีผลต่อปริมาณกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระสูงตามไปด้วย ดังนั้นในการวิเคราะห์สารสำคัญของพืชสมุนไพรในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีฤทธิ์ทางยา เพื่อใช้คุณสมบัติในการรักษาโรค รวมทั้งประโยชน์เชิงสุขภาพ มีงานวิจัยมากมายได้รายงานผลดังนี้ การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของใบถั่วดาวอินคา พบสารสำคัญในกลุ่มฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์ และสารอื่นๆ ที่มีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระและต้านการเพิ่มจำนวนของเซลล์มะเร็ง (Souza, Pereira, Queiroz, Borges, & Carneiro, 2012) เมื่อนำใบถั่วดาวอินคา มาสกัดด้วยตัวทำละลายต่างๆ ได้แก่ น้ำ เอทานอล เมทานอล คลอโรฟอร์ม และเฮกเซน จากนั้นวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีด้วยเทคนิค Thin layer chromatography พบว่ามีสารซาโปนิน (saponins) สารประกอบฟีนอลิก (phenolic) ฟลาโวนอยด์ (flavonoids) ผลการทดสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH มีค่าประมาณ 62.8%-88.3% อีกทั้งสารสกัดที่สกัดด้วยเมทานอลและเฮกเซน สามารถลดการกระจายตัวของ Hela cell ได้สูงถึง 54.3 และ 48.5% ตามลำดับ ในทางกลับกัน สารสกัดที่สกัดด้วยเฮกเซนและน้ำสามารถเหนี่ยวนำการกระจายตัวของเซลล์ Normal fibroblast-3T3 ได้ (Nascimento et al., 2013) นอกจากนี้ยังพบว่าในเมล็ดของถั่วดาวอินคายังเป็นแหล่งของสารสำคัญอีกหลายชนิด ได้แก่ กรดไขมัน (fatty acid, FA) ไฟโตสเตอรอล (phytosterols) แคโรทีนอยด์รวม (total carotenoids) ตลอดจนสารประกอบฟีนอลิก ซึ่งมีคุณสมบัติต้านอนุมูลอิสระอีกด้วย ส่วนใบป่าช้าเหงาหรือ

หนานเฉาเหว่ย มีผลวิจัยด้านพฤกษศาสตร์พื้นบ้านที่รายงานการใช้พืชนี้ในประเทศแถบแอฟริกา ทั้งในรูปแบบสมุนไพรเดี่ยวและตำรับยาสมุนไพรว่าสามารถต้านเบาหวาน รักษาอาการคลื่นไส้ อาเจียน เบื่ออาหารได้ (Yeap et al., 2010) แต่หากใช้สมุนไพรนี้ในขนาดสูงๆ พบว่าในสัตว์ทดลอง คือ หนูขนาด 2,000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลลดจำนวนเม็ดเลือดแดงลงอย่างมีนัยสำคัญ และเมื่อใช้ยาในขนาดน้อยลง คือ 500 และ 1000 มิลลิกรัมต่อกิโลกรัม มีผลทำให้เพิ่มระดับกรดยูริกเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบจากกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญ ในหญิงตั้งครรภ์ควรหลีกเลี่ยงการใช้สมุนไพรนี้ เนื่องจากมีงานวิจัยได้รายงานว่าสมุนไพรนี้สามารถเพิ่มการบีบตัวของท่อนำไข่ (ศรีสมพร ปรีเปรม, ม.ป.ป) ส่วนการศึกษาในสัมผัสทั้งใบและลำต้น พบสารสำคัญ ได้แก่ สารฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และแทนนิน โดยสารฟีนอลิกมีปริมาณสัมพันธ์กับฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ แต่ไม่สัมพันธ์กับฟลาโวนอยด์และแทนนิน (Abdullah, Bakhari, & Morat, 2013) นอกจากนี้ในสัมผัสยังมีสารสำคัญอื่นๆ ที่อยู่ในรูปอนุพันธ์เอสเทอร์ ประเภทกรดส้มแขก (garcinia acid) อีกทั้งส่วนต่างๆ ของสัมผัสยังสามารถใช้เป็นสมุนไพรสำหรับบรรเทาอาการปวดหู ปวดท้อง ไอ ระคายเคืองในลำคอ และมีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาด้วย ได้แก่ ฤทธิ์ต้านออกซิเดชัน (antioxidant) ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรีย (antibacterial) ต้านเนื้องอก ระยะส่งเสริม (antitumour-promoting) ต้านการอักเสบ (anti-inflammation) ลดไขมัน (antihyperlipidemic) และต้านอาการแพ้ (anti-allergic effects) (Mackeen et al., 2012; Lim, 2012; Amran, Zsiton, Faizah, & Morat, 2009) ทั้งนี้การใช้ใบสมุนไพรทั้งสามชนิดเป็นชาสมุนไพรเพื่อประโยชน์ด้านสุขภาพ จึงควรคำนึงถึงกระบวนการผลิตเพื่อรักษาคุณภาพและฤทธิ์ของสารสำคัญต่างๆ ด้วย อย่างไรก็ตามการต่อยอดในเชิงพาณิชย์ควรได้รับการวิจัยเพิ่มเติม เพื่อพัฒนาผลิตภัณฑ์ให้มีรสชาติเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภคต่อไป

ข้อเสนอแนะ

1. เนื่องจากชาจากสมุนไพรมีรสชาติที่เป็นเอกลักษณ์ คือ ขม เปรี้ยว มีกลิ่นเหม็นเขียว ทำให้รับประทานค่อนข้างยาก หากนำมาทำเป็นผลิตภัณฑ์เครื่องดื่ม ควรได้รับการพัฒนาให้มีกลิ่นหอมและรสชาติดีขึ้น
2. การตรวจสอบฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระควรใช้วิธีอื่นร่วมด้วย เช่น Ferric Reducing Antioxidant Power (FRAP), Oxygen Radical Antioxidant Capacity (ORAC), Thiobarbituric acid reactive substances (TBARS), 2, 2'-azinobis-(3-ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid) (ABTS)
3. ควรทำการแยกสารสำคัญให้บริสุทธิ์ และนำไปวิเคราะห์หาองค์ประกอบทางเคมีด้วยเครื่องมือขั้นสูงต่อไป
4. นำชาสมุนไพรทั้ง 3 ชนิด ที่ผลิตได้ไปแนะนำให้ผู้ที่สนใจบริโภค พร้อมทั้งให้ความรู้ที่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพต่อไป

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์ ที่ให้ทุนสนับสนุนโครงการวิจัยประจำปีงบประมาณ 2563 และอนุเคราะห์สถานที่และอุปกรณ์ในการดำเนินการวิจัยครั้งนี้

อ้างอิง

- ชมพูนุท สันธิพิบูลยกิจ, ณัฐติญา กลั่นวารี, ธัญรัศม์ ศรีวิศาลจรัส, ชนันทพร เดชขุน, และพูนภัทร จันทระมขอย. (2558). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์ชาสมุนไพรชนิดปรุงสำเร็จรูปพรมบรีโกลและชนิดอบแห้ง บรรจุซองพรมขง. *งานประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6*. กรุงเทพฯ. 165-172.
- ชัยพร รอดกลิ่น, เอกรัฐ ศรีสุข, และกล่าวขวัญ ศรีสุข. (2560). ผลของสภาวะการสกัดต่อปริมาณสารประกอบฟีนอลิก สารประกอบฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของส่วนต่างๆ ของส้มซ่า. *วารสารวิทยาศาสตร์บูรพา*, 22, 211-225.
- ดุษฎี ทรัพย์บัว. (2559). รายงานการวิจัยเรื่องผลของการชงชาต่อปริมาณสารต้านออกซิเดชันและการยอมรับของผู้บริโภคของน้ำชาจากดอกดาหลา. มหาวิทยาลัยสวนดุสิต.
- ธีรพงษ์ เทพกรณ์. (2556). คาเทชินในชาเขียวและความคงตัวระหว่างเก็บรักษา. *วารสารวิทยาศาสตร์มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 41(1), 46-55.
- บังอร วงศ์รัก และศศิลักษณ์ ปะสุวรรณ. (2549). ฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของผักพื้นบ้าน. โครงการพิเศษของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาเภสัชศาสตรบัณฑิต คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พรหทัย พุทธวัน, สัมฤทธิ์ รักพนาลี, และอนันท์ หนองคาย. (2561). การวิเคราะห์สารสำคัญและกิจกรรมการต้านอนุมูลอิสระของพืชสมุนไพรท้องถิ่นในภาคเหนือเพื่อพัฒนาเป็นชาสมุนไพรสำเร็จรูป. *วารสารวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น*, 46(2), 238-247.
- ศรีสมพร ปรีเปรม. ม.ป.ป. การศึกษาด้านเภสัชเวทของหนานเฉาเหว่ย. คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

- Abdullah, A.R., Bakhari, N.A., & Osman, H. (2013). Study on the relationship of the phenolic, flavonoid and tannin content to the antioxidant activity of *Garcinia atroviridis*. *Universal Journal of Applied Science*, 1(3), 95-100.
- Amran, A.A., Zsiton, Z., Faizah, O., & Morat, P. (2009). Effects of *Garcinia atroviridis* on serum profiles and atherosclerotic lesions in the aorta of guinea pigs fed a high cholesterol diet. *Singapore Medical Journal*, 50, 295-299.
- Lim, T.K. (2012). *Garcinia atroviridis*. In *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants*. 2 (p.21-28). Springer Dordrecht. Heidelberg. New York.
- Mackeen, N.M., Mooi, L.Y., Amran, M., Mat, N., Lajis, N.H., & Ali, A.M. (2012). Noncytotoxic and antitumor-promoting activities of garcinia acid esters from *Garcinia atroviridis* griff. ex T. anders, (Guttiferae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 28, 5 pages.
- Mourao, F., Umeo, S. H., Takemura, O. S., Linde, G. A., & Colauto, N. B. (2011). Antioxidant activity of *Agaricus brasiliensis* basidiocarps on different maturation phases. *Brazilian Journal of Microbiology*, 42(1), 197–202.
- Nascimento, A.K.L., Melo-Silveira, R.F., Dantas-Santos, N., Fernandes, J.M., Zucolotto, S.M., Rocha, H.A.O., & Scortecchi, K.C. (2013). Antioxidant and antiproliferative activities of leaf extracts from *Plukenetia volubilis* Linneo (Euphorbiaceae). *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 10 pages.
- Perez, M.B., Calderon, N.L., & Croci, C.A. (2007). Radiation-induced enhancement of antioxidant activity in extracts of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.). *Food Chemistry*, 104, 585-542.
- Souza, V., Pereira, P., Queiroz, F., Borges, S., & Carneiro, J. (2012). Determination of bio-active compounds, antioxidant activity and chemical composition of Cerrado Brazilian fruits. *Food Chemistry*, 134, 381–386.
- Sze-Tao, K.W.C., Schrimpf, J.E., Teuber, S.S., Kenneth, H.R., & Shridhar, K.S. (2001). Effects of

- processing and storage on walnut (*Juglans regia* L) tannins. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(13), 1215-1222.
- Tongboona, P., Suwannoa, S., & Saowapark, S. (2012). The efficiency of antibacterial activity of *Gacinia atroviridis* water extraction. *Journal of Community Development Research*, 5 (1), 52-59.
- Torres, A.M., Mau-Lastovicka, T., & Rezaaiyan, R. (1987). Total phenolics and high performance liquid chromatography of phenolic acids of avocado. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 35, 921-925.
- Yeap, S.K., Ho, W.Y., Beh, B.K., Liang, W.S., Ky, H., Noaman Yousr, A.H., & Alitheen, N.B. (2010). *Vernonia amygdalina*, an ethnoveterinary and ethnomedical used green vegetable with multiple bioactivities. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4, 2787-2800.
- Zhishen, J., Mengcheng, T., & Jianming, W. (1999). Determination of flavonoid contents in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. *Food Chemistry*, 6, 555-559.

การตรึงสารสกัดมันเทศสีม่วงในฟิล์มยางธรรมชาติ: ศักยภาพในการประยุกต์ใช้ ตรวจวัดไอออนเหล็ก

Immobilization of Purple Sweet Potato Extract in Natural Rubber Film: A Potential Application for the Detection of Fe(III)

สาธิตา สมานมาน^{1*}, บิสมิ หะยียูโซะ¹, อีรฟาน มะแซสไอ¹, อนุสา สุวรรณวงศ์¹, อาสกัน ฮิลเล¹, Amin Fatoni²
Saluma Samanman^{1*}, Bismee Hayeeyoosoh¹, Irfan Masaesai¹, Anusa Suwanwong¹, Aslan Hilae¹,
Amin Fatoni²

(Received: 15 November, 2022 ; Revised: 1 December, 2022 ; Accepted 15 December, 2022)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการพัฒนาฟิล์มเซนเซอร์สำหรับการตรวจวัดไอออนเหล็ก Fe(III) โดยการตรึงสารสกัดจากมันเทศสีม่วงในฟิล์มยางธรรมชาติ วิเคราะห์ลักษณะของฟิล์มโดยใช้เทคนิคฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์มอินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (Fourier Transform Infrared Spectroscopy) และวิเคราะห์ความเข้มข้นโดยใช้เครื่องวัดสี จากผลการวิเคราะห์ พบว่าสามารถตรึงสารสกัดจากมันเทศสีม่วงในฟิล์มยางธรรมชาติได้ และเมื่อนำฟิล์มยางธรรมชาติที่ตรึงสารสกัดจากมันเทศสีม่วงไปตรวจวัดไอออนเหล็ก พบว่ามีการเปลี่ยนแปลงสีของฟิล์มจากสีตะไคร่น้ำเป็นสีเหลืองที่สามารถสังเกตได้ด้วยตาเปล่า และการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นสอดคล้องกับความเข้มข้นของสารละลายโลหะตั้งแต่ 12.5 ถึง 100 มิลลิกรัมต่อลิตร โดยใช้เวลาในการแช่ 2 ชั่วโมง ดังนั้นจะเห็นได้ว่าฟิล์มยางธรรมชาติที่มีสารสกัดจากมันเทศสีม่วงที่พัฒนาขึ้นมีศักยภาพในการพัฒนาสำหรับการตรวจวัดไอออนเหล็กได้

คำสำคัญ: เซนเซอร์ สารสกัด มันเทศสีม่วง ไอออนเหล็ก ฟิล์มยางธรรมชาติ

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

¹ Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Mueng, Narathiwat, Thailand

² Department of Chemistry, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, Indonesia

*Corresponding Author, E-mail: saluma.s@pnu.ac.th

Abstract

A film sensor for the detection of Fe(III) was developed by the immobilization of the extract from purple sweet potato in films produced by natural rubber latex. The films were characterized by using Fourier-Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), and the color intensity was measured using a color intensity meter. The analysis of film found that the purple sweet potato extract can be immobilized in the natural rubber latex film. The films exhibited an irreversible color change from moss to yellow in response to the presence of Fe(III) at two-hour contact time, which was correspondent to the concentration of a metal solution from 12.5 to 100 ppm. Therefore, it can be seen that the developed natural rubber film containing the purple sweet potato extracts has the potential to develop as sensor for the determination of iron (III).

Keywords: Sensor, Extract, Purple sweet potato, Iron, Natural rubber film

Introduction

Iron is the fourth most abundant element in the earth's crust and the most abundant transition metal in the human body (Weber et al., 2006). It supports a range of physiological processes such as oxygen transport, electron transfer, respiration, and gene expression (Dixon & Stockwell, 2014). Iron deficiency leads to anemia (Kew, 2014), whereas excess iron can increase the production of reactive oxygen species, resulting in oxidative stress cascades that lead to lipid oxidation and DNA damage (Dixon & Stockwell, 2014; Chang, 2015). The determination of Fe(III) is traditionally conducted using methods such as inductively coupled plasma optical emission spectrometry (Rahman et al., 2012), flame atomic absorption spectrometry (Mashhadizadeh et al., 2008), and inductively coupled plasma mass spectrometry (Martinez-Lopez, Sakayanagi, & Almirall, 2018). Although these methods provide high sensitivity with relatively low detection limits, disadvantages include operation costs and high equipment acquisition, as well as difficulty in performing in situ analyses. As

an alternative, the use of sensors can provide simple and inexpensive detection of the metal (Piriya et al., 2017).

There are various methods to determine iron metal ions, such as photometric and electrometric methods. In addition, most of these methods require expensive equipment and time-consuming, trained operators. The determination of metal ions in environmental water samples by using inexpensive measurements is widely interesting. To meet this challenge, color development is one of the popular methods that have been investigated. Various reagents used as chelating agents for the determination of metal ions must be synthesized, and it is usually not an environmental friendly process. Moreover, the synthesized compounds would be costly.

Anthocyanins are water-soluble pigments most commonly present in flowers, fruits, and vegetables. They are responsible for the red, blue, and purple coloration of plants (Chaiyasut et al., 2016). They have considerable potential for use in the development of colorimetric sensors, due to their ability to change color according to changes in the pH of the medium or by complexation with metals ions (Khaodee et al., 2014; Khaodee et al., 2018; Majdinasab et al., 2018). It is found in many plants such as flower of roses (Ogata et al., 2005), berries (Kang et al., 2021), red cabbage (Khaodee et al., 2014; Majdinasab et al., 2018) including purple sweet potato (Khaodee et al., 2018; Wulandari et al., 2018).

Various polymer matrices have been used as supporting materials for the colorimetric sensor, with a selection of the matrix being dependent on the intended application of the sensor (Kaur et al., 2018; Nam et al., 2018). Natural rubber (NR) is known for its excellent tensile strength and elongation properties and becomes one of the most important materials for tires, gloves, and other NR products. The application of NR may be explored further once it is subjected to modification. Samples of modified NR, such as liquid natural rubber (LNR), degraded and shorter NR chains have been shown to be useful as compatibilizers (Mounir et al., 2004; Dahlan et al., 2002), reactive plasticizers (Srilathakutty et al., 1996), adhesive (Wayakron et al., 2013) and coating (Mathew et al., 2010).

The objective of this study was to create an environmentally friendly colorimetric sensor for detecting Fe(III) by immobilizing purple sweet potato extract in natural rubber latex films.

Materials and Methods

2.1 Preparation of the natural rubber latex films with the purple sweet potato extract

The purple sweet potato extract powder was purchased from Kenko, Japan. 60 % concentrated latex is fresh latex treated with a 60 % concentrated ammonia solution purchased from LB Science. The natural rubber latex films were produced using the casting technique. The films were synthesized from natural rubber (NR) in the form of concentrated latex at 60% by weight since it has high latex as well as low protein, carbohydrate, and nitrogen (Ali Shah et al., 2013). To prepare the films, the concentrated latex 60% (w/w) was mixed with vulcanizing chemical reagents as shown in Table 1. The mixing solution was prepared by mixing concentrated latex 60% (w/w) with sulfur, zinc diethyl-dithiocarbamate (ZDEC), zinc-2-mercaptobenzothiazole (ZMBT), Wingstay L, zinc oxide, and propylene glycol, respectively. Individual chemicals were mixed into the solution after 5 minutes of stirring at 75°C. The purple sweet potato powder (1, 3, and 5 g) was added and stirred for 10 minutes. The 3 g of the resulting solution were poured onto the prepared petri dish containing 9.0 cm in diameter, followed by drying in an oven at 50 °C for 24 h. The films were cut into 1x1 cm² pieces and stored in a desiccator until used. The characterization was performed by Fourier Transform Infrared Spectroscopy.

Table 1 The natural rubber latex films formulation.

Ingredients	Mass (g)	Functions
50 % Sulfur	0.8	rubber stabilizer
50 % ZDEC	0.4	rubber maturing accelerator
50 % ZMBT	0.4	rubber maturing accelerator
50 % Wingstay L	0.4	rubber deterioration
50 % Zinc oxide	1.8	catalyst stimulant
33 % DPG	0.4	rubber maturing accelerator

2.2 Evaluation of the purple sweet potato extract solution as sensors for iron

The buffers pH 1-2 were prepared from hydrochloric acid-potassium chloride, pH 3-6 were prepared from acetic acid-sodium acetate, pH 7-9 were prepared from hydrochloric acid-disodium hydrogen phosphate, pH 10-11 were prepared from sodium hydroxide-disodium hydrogen phosphate and pH 12 was prepared from sodium hydroxide-potassium chloride. All buffers were prepared with deionized water treated with a reverse osmosis deionized system (Millipore, Bedford, USA). To find out the detection pH condition that is selective to iron, the pH of the buffer was first tested. The color-developing method was observed by adding 100 μL of buffer pH 1-12 and 40 μL of Fe(III) solutions at 100 ppm, followed by 20 μL of purple sweet potato extract solution. The color change was observed with the naked eye at different pH related to the iron-purple sweet potato extract formation complexes.

2.3. Evaluation of the natural rubber films with the purple sweet potato extract as sensors for iron

The time of contact of the film with the metal solution was an important parameter that should be considered in establishing the best conditions for use of the sensor. In order to evaluate the films containing the purple sweet potato extract as sensors for Fe(III), they were immersed in 5 mL of 50 ppm Fe(III) solutions at pH 11.0 for 30 min, 1 h, 2 h, and 10 h at 25 °C. After exposure, the films were collected and washed with deionized water. The excess water was removed using filter paper and the color of the central region of the film was measured using a colorimeter (CR-10, Konica Minolta, Japan). The CIE (Commission Internationale de l'Eclairage) color system was used, obtaining the parameters L^* , a^* , and b^* . The experiments were performed in three replications.

Results and discussions

3.1 Incorporation of the purple sweet potato extract into the natural rubber latex film

Low solubility in aqueous solutions is an important property of solid sensors because it can prevent the loss of the sensor molecule during the identification of the analyte. Figure 1 shows the natural rubber films (a) with and without purple sweet potato extract. The film remained homogeneous in the presence of the natural dye, with an intense moss color indicating that the purple sweet potato extract had been incorporated into the film (b-d). The different concentrations (1, 3, and 5 g) of purple sweet potato extract provided different colored films and were less homogeneous when the concentration of purple sweet potato extract increased.

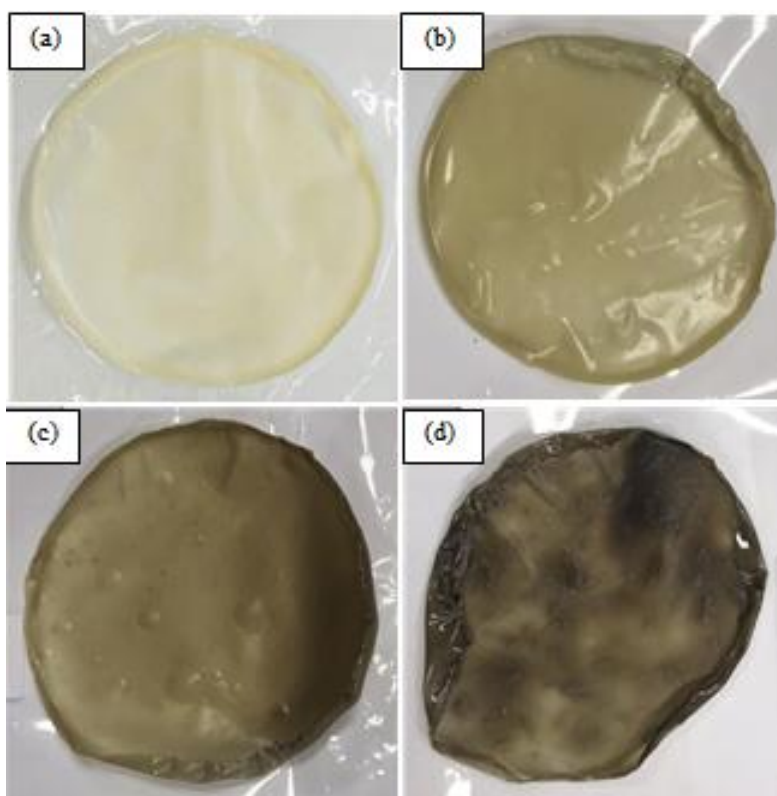


Figure 1. Films produced using a natural rubber, without (a) and with (b) 1 g of purple sweet potato extract, (c) 3 g of purple sweet potato extract and (d) 5 g of purple sweet potato extract.

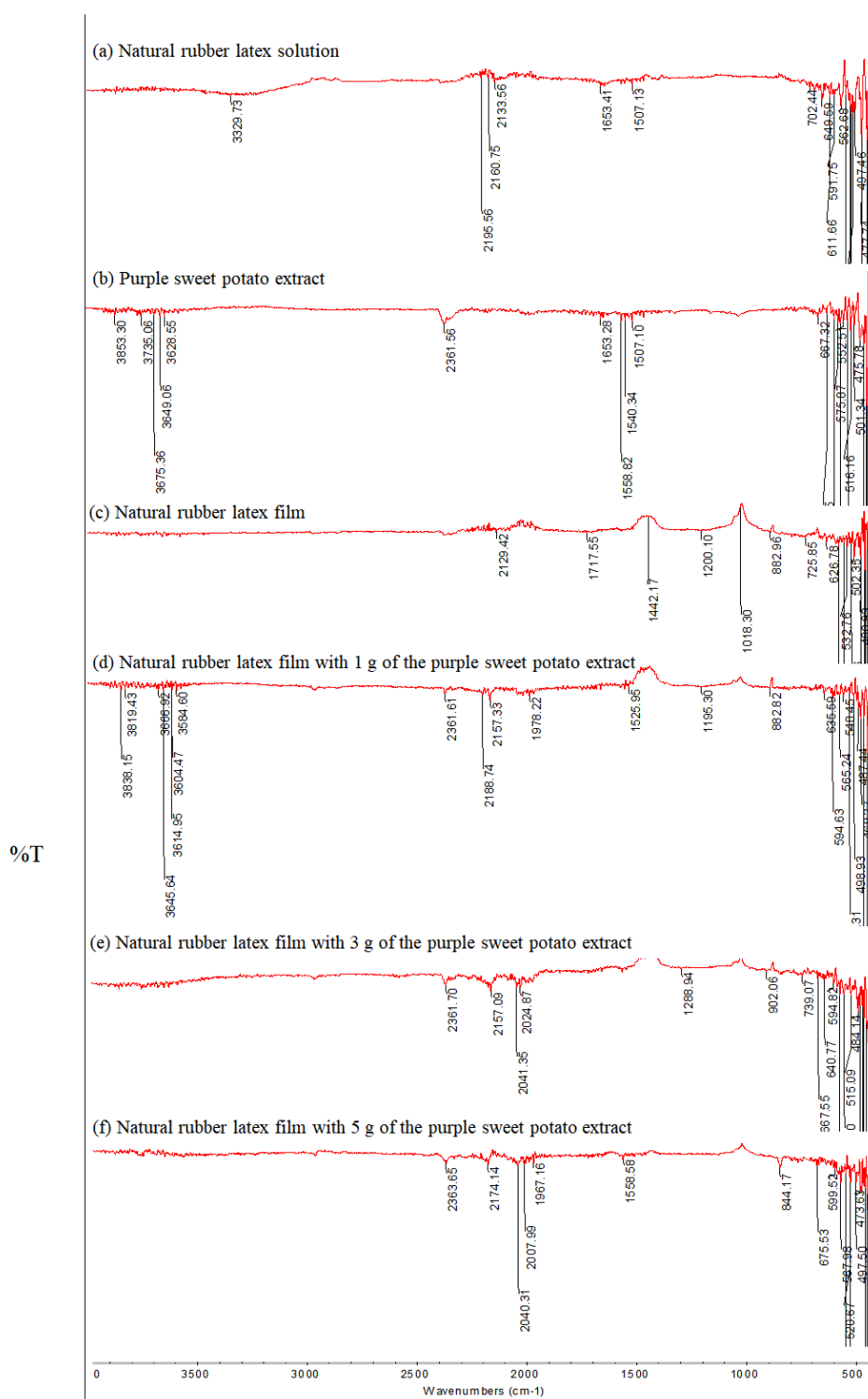


Figure 2. FTIR spectra of (a) the natural rubber latex solution, (b) the purple sweet potato extract, (c) the natural rubber latex film without purple sweet potato extract, (d) the natural rubber latex film with 1 g of the purple sweet potato extract, (e) the natural rubber latex

film with 3 g of the purple sweet potato extract, and (f) the natural rubber latex film with 5 g of the purple sweet potato extract.

In the spectra for the purely natural rubber latex solution (Figure 2a), a broad band centered at 3329.73 cm^{-1} was observed, which can be assigned to the stretching mode of the hydroxyl groups of the natural rubber latex chains. A band at 1653.41 cm^{-1} was due to C=C stretching vibration. Characteristic bands of natural latex at around 702.44 cm^{-1} could be attributed to C-H stretching vibration. The results are consistent with other research (Ibrahim et al., 2014). The spectra of the purple sweet potato extract (Figure 2b), a peak at 3628.55 cm^{-1} , 1653.28 cm^{-1} , and 1507.10 cm^{-1} which were caused by the elongation of the -OH, C=C, and C-C bonds of the phenol group of cyanidin anthocyanins. These peaks showed the characteristics of the aromatic rings of flavonoid compounds. The results are consistent with other research papers (Silva-Pereira et al., 2015). The same bands, with small shifts, were observed in the spectrum of the natural rubber latex film with the purple sweet potato extract at different concentrations of pigments, with small peaks at $2500\text{--}2300\text{ cm}^{-1}$ due to the vibrations of the carboxylic group. It can be seen that the bands of the purple sweet contain films (Figure.2d-f).

3.2 Evaluation of the purple sweet potato extract solution as sensors for iron

The pH of the solution is a major parameter affecting the purple sweet potato extract. The pigment solution appeared in a pink-red color at pH 2–4, purple at pH 5–7, blue at pH 8–10, and green at pH 11–12. In buffer solutions, the complexation of purple sweet potato extract and Fe(III) was investigated. The purple sweet potato extract clearly formed complexes and the color change can be observed by the naked eye at pH 4–12 as shown in Figure 3. After the chelating agent interacted with the metal ion, the bathochromic shift occurred due to the interaction between the metal ion and the ortho-dihydroxyl group at the B-ring of the cyanidin molecule (Khaodee et al., 2014), as shown in Figure 2(b). Therefore, pH 11.0 was chosen for further analysis of iron (III) using the film sensors.

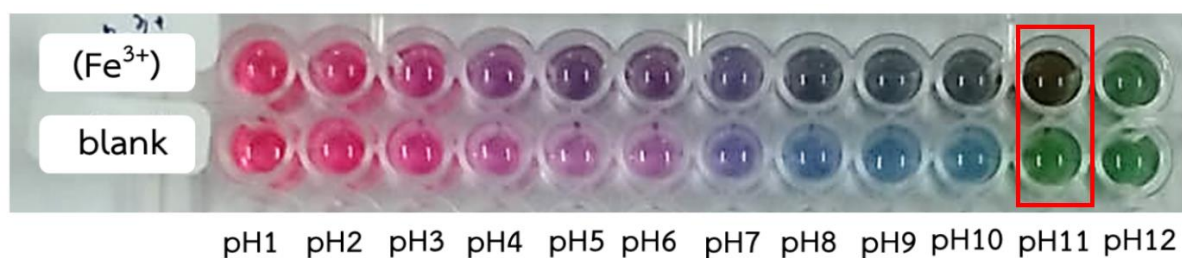


Figure 3. Qualitative determination of Fe(III) at different pH buffer solutions.

3.3 Evaluation of the natural rubber films with the purple sweet potato extract as sensors for iron

Purple sweet potato extracts are widely used as pH sensors because they can change color according to the concentration of hydrogen ions in the metal medium (Wulandari et al., 2018; Choi et al., 2017; Ma and Wang, 2016). Moreover, the time of contact of the film with the metal solution was an important parameter that should be considered in establishing the best condition for use of the sensor. The contact time of the film sensor to the ferrous metal solution was studied, as shown in Table 2.

Table 2 Images of the films after exposure to the blank and Fe(III) solutions with different contact times at 25 °C.

Film types	Solution tested							
	Blank				50 ppm Fe(III)			
	30 min	1 h	2h	10h	30 min	1 h	2h	10h
NR film								
1g PSPE-NR composite film								
3g PSPE-NR composite film								
5g PSPE-NR composite film								

There was no color change of the natural rubber latex film under the blank and the 50 ppm Fe(III) solution when the contact time increased, as well as the natural rubber latex

film with the purple sweet potato extract at different concentrations in the blank solution when the contact time increased from 30 min to 10 h. There is a significant difference when the natural rubber latex film with the purple sweet potato extract is immersed in a solution of 50 ppm Fe(III). The change in color indicates the interaction between the anthocyanin in the pigment of the purple sweet potato extract and the ferrous metal solution. This might be because anthocyanin has a dihydroxy group. Therefore, it is possible to create complex assemblies or react between metals. (Castaneda-Ovando et al., 2009; Li et al., 2016). Therefore, a contact time of 2 h was chosen to continue the study under the conditions of a buffer solution of pH 11. It was clear that the contact time of the film in the metal solution was an important parameter.

In order to evaluate the capability of the developed sensor to identify iron (III), colorimetric analyses of the film were performed after its immersion in metal solutions. The color of the film was determined by the nature of the cation, while the intensity of the color depended on the time of contact of the film with the metal solution. The intensity of the natural rubber latex film in the blank and 50 ppm Fe(III) was the same over the times of contact. The films maintained a white color, with a high intensity of the parameter L^* . On the other hand, the natural rubber latex containing the purple sweet potato extract film maintained a moss coloration in the blank solution, with a higher intensity of the parameter L^* , compared to the film immersed in Fe(III) solution. This was reflected in significant changes in parameter a^* , together with small changes in parameter b^* . The results are presented in Table 3.

Table 3 Colorimetric parameters obtained for the films after immersion in blank and 50 ppm Fe(III) solutions at the contact time of 2 h.

Film types	Solution tested					
	Blank (contact time, 2h)			50 ppm Fe(III) (contact time, 2h)		
	L*	a*	b*	L*	a*	b*
NR	87.9 ± 0.66	1.42 ± 0.12	11.41 ± 0.70	87.50 ± 1.48	1.77 ± 0.25	11.98 ± 5.65
1 g PSPE-NR	81.46 ± 0.89	0.42 ± 0.11	12.06 ± 1.49	71.04 ± 1.06	1.50 ± 0.38	18.73 ± 3.04
3 g PSPE-NR	66.20 ± 4.12	1.63 ± 0.49	17.20 ± 4.40	56.77 ± 0.11	1.51 ± 0.06	13.13 ± 0.12
5 g PSPE-NR	58.06 ± 5.97	1.33 ± 0.56	11.64 ± 3.48	42.60 ± 3.17	1.75 ± 0.63	10.86 ± 1.38

Table 4. Images of the films after immersion in metal solutions containing Fe(III) at different concentrations.

Film types	Concentration of Fe(III) (ppm)				
	0	12.5	25	50	100
1g PSPE-NR composite film					
3g PSPE-NR composite film					
5g PSPE-NR composite film					

The purple sweet potato extract composite with the natural rubber latex films exhibited an irreversible color change from moss to yellow in response to the presence of Fe(III) by the naked eyes, corresponding to the concentrations, from which it can be concluded that the prepared sensor films can analyze ferrous metal solutions. The images of the color changes were observed by the naked eye and are presented in Table 4.

Suggestions

1. The application of purple sweet potato extract sensor film with other metals.
2. Study the effect of interferences and real sample analysis.
3. Study the film morphology using scanning electron microscope (SEM) and film thickness.

Conclusions

This research was to study the synthesis of the films from natural rubber latex composited with purple sweet potato extract. The functional group analysis by FTIR technique was able to confirm the preparation of the purple sweet potato extract contained in the rubber film, and when applied as a colorimetric sensor for ferrous metal solution analysis, it was found that the color change of the films from moss to yellow was related to the concentration of the metal solution, indicating that the developed sensor film was able to detect the amount of ferrous metal. This developed technique is easy to use, convenient, and fast. The materials used were derived from natural extracts and are non-toxic and environmentally friendly.

Acknowledgments

This research was supported by the Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Thailand.

References

- Ali Shah A., Hasan F., Shah Z., Kanwal N., & Zeb S. (2013). Biodegradation of natural and synthetic rubbers: A review. *International Biodeterioration Biodegradation*, 83, 145–157.
- Araceli C.O., Ma. de Lourdes P.H., Ma. Elena P.H., José A. R., & Carlos Andrés G. V. (2009). Chemical studies of anthocyanins: A review. *Food Chemistry*, 113(4), 859-871.
- Chaiyasut, C., Sivamaruthi, B.S., & Pengkumsri, N., (2016). Anthocyanin profile and its antioxidant activity of widely used fruits, vegetables, and flowers in Thailand. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research*, 9(6), 218–224.

- Chang, C. J. (2015). Searching for harmony in transition-metal signaling. *Nature Chemical Biology*, 11, 744-747.
- Choi, I., Lee, J. Y., Lacroix, M., & Han, J. (2017). Intelligent pH indicator film composed of agar/potato starch and anthocyanin extracts from purple sweet potato. *Food Chemistry*, 218, 122-128.
- Dahlan, H.M., Zaman, M.D.K., & Ibrahim, A. (2002). Liquid natural rubber (LNR) as a compatibiliser in NR/LLDPE blends—II: The effects of electron-beam (EB) radiation. *Radiation Physics and Chemistry*, 64, 429-436.
- Dixon, S. J., & Stockwell, B. R. (2014). The role of iron and reactive oxygen species in cell death. *Nature Chemical Biology*, 10, 9-17.
- Herivelto M. S., & Titus (2020). Anthocyanin immobilization in carboxymethyl cellulose /starch films: A sustainable sensor for the detection of Al(III) ions in aqueous matrices. *Carbohydrate Polymers*, 230(10), 115679.
- Kang, H.J., Ko, M.J., & Chung, M.S. (2021). Anthocyanin structure and pH dependent extraction characteristics from blueberries (*Vaccinium corymbosum*) and chokeberries (*Aronia melanocarpa*) in subcritical water state. *Foods*, 10, 527-538.
- Kaur, B., Kaur, N., & Kumar, S. (2018). Colorimetric metal ion sensors – A comprehensive review of the years 2011–2016. *Coordination Chemistry Reviews*, 358, 13-69.
- Kew, M.C. (2014). Hepatic iron overload and hepatocellular carcinoma. *Liver Cancer*, 3, 31-40.
- Khaodee, W., Aeungmaitrepirom, W., & Tuntulani, T. (2014). Effectively simultaneous naked-eye detection of Cu(II), Pb(II), Al(III) and Fe(III) using cyanidin extracted from red cabbage as chelating agent. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 126, 98-104.

- Khaodee, W., Wongkiti, R., & Madang, S. (2018). The application of using natural reagent extracted from purple sweet potato for naked-eye detection of copper in water samples. *Naresuan University Journal: Science and Technology*, 26(3), 181–188.
- Li, X.-D., Li, J., Wang, M., & Jiang, H. (2016). Copigmentation effects and thermal degradation kinetics of purple sweet potato anthocyanins with metal ions and sugars. *Applied Biological Chemistry*, 59(1), 15–24.
- Majdinasab, M., Mohammad H.H.S., Sepidname, M., Negahdarifar, M., & Li, P. (2018). Development of a novel colorimetric sensor based on alginate beads for monitoring rainbow trout spoilage. *Journal of Food Science and Technology*, 55(5), 1695–1704.
- Mathew, V.S., Sinturel, C., George, S.C., & Thomas, S. (2010). Epoxy resin/liquid natural rubber system: Secondary phase separation and its impact on mechanical properties. *Journal of Material Science*, 45, 1769–1781.
- Mounir, A., Darwish, N.A., & Shehata, A. (2004). Effect of maleic anhydride and liquid natural rubber as compatibilizers on the mechanical properties and impact resistance of the NR–NBR blend. *Polymer Advance Technology*, 15, 209–213.
- Ma, Q., & Wang, L. (2016). Preparation of a visual pH-sensing film based on tara gum incorporating cellulose and extracts from grape skins. *Sensors and Actuators B, Chemical*, 235, 401–407.
- Martinez-Lopez, C., Sakayanagi, M., & Almirall, J. R. (2018). Elemental analysis of packaging tapes by LA-ICP-MS and LIBS. *Forensic Chemistry*, 8, 40–48.
- Mohammad H.M, Mansoureh S., Mahnaz, P. Iran, S., Mohammad M. A., Mohammad, A. liKarimi. (2008). Flame atomic absorption spectrometric determination of ug amounts of Fe (III) ions after solid phase extraction using modified octadecyl silica membrane disks. *Spectrochimica Acta Part B: Atomic Spectroscopy*, 63(8), 889–892.

- Mohammed, M.R., Sher, B.K., Hadi, M.M., Abdullah, M.A., & Khalid, A.A. (2012). Selective Iron(III) ion uptake using CuO-TiO₂ nanostructure by inductively coupled plasma-optical emission spectrometry, *Chemistry Central Journal*, 6, 158.
- Nam, J., Jung, I.B., Kim, B., Lee, S.M., Kim, S.E., Lee, K.N., & Shin, D.S. (2018). A colorimetric hydrogel biosensor for rapid detection of nitrite ions. *Sensors and Actuators B, Chemical*, 270, 112–118.
- Ogata, J., Kanno, Y., Itoh, Y., Tsugawa, H., & Suzuki, M., (2005). Anthocyanin biosynthesis in roses. *Nature*, 435, 757–758.
- Piriya, V. S. A., Joseph, P., Daniel, S. C. G. K., Lakshmanan, S., Kinoshita, T., & Muthusamy, S. (2017). Colorimetric sensors for rapid detection of various analytes. *Materials Science and Engineering*, 78, 1231–1245.
- Srilathakutty, R., John, N., Joseph, R., & George, K.E. (1996). Use of amine terminated liquid natural rubber as a plasticiser in filled NR and NBR compounds. *International Journal Polymer Materials*, 32, 235–246.
- Suhawati, I., Rusli, D., & Ibrahim, A. (2014). Functionalization of Liquid Natural Rubber via Oxidative Degradation of Natural Rubber. *Polymers*, 6, 2928-2941.
- Wayakron, P. C., Bumee, R., Namahoot, J., Ruamcharoen, J., & Ruamcharoen, P. (2013) Polyurethane polyester elastomer: Innovative environmental friendly wood adhesive from modified PETs and hydroxyl liquid natural rubber polyols. *Interanational Journal Adheion and Adhesives*, 41, 127–131.
- Weber, K.A., Achenbach, L.A., & Coates, J.D. (2006). Microorganisms pumping iron: anaerobic microbial iron oxidation and reduction. *Nature Reviews Microbiology*, 4, 752–764.
- Wulandari, A., Sunarti, T.C., Fahma, F., & Noor, E. (2018). Potency of purple sweet potato's anthocyanin as biosensor for detection of chemicals in food products. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 147, 012007.

คำแนะนำการเตรียมและส่งต้นฉบับ

วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร เป็นวารสารที่รับตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาต่างๆ ประกอบด้วย สาขาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติและสารสนเทศ และด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ ต้องเป็นผลงานวิจัยที่แล้วเสร็จไม่เกิน 5 ปี ไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ในระหว่างพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น เมื่อได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ ถ้าเป็นบทความวิจัยที่เป็นหรือเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ต้องมีหนังสือรับรองและลงนามทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาหลักและนักศึกษาผู้ทำวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับเพื่อความเหมาะสมและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กองบรรณาธิการกำหนด โดยบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ ต้องผ่านการพิจารณากลั่นกรอง ตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ที่มีความรู้ ความชำนาญ มีประสบการณ์ ในด้านที่เกี่ยวข้องในการประเมินบทความ เพื่อให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ก่อนการตีพิมพ์เผยแพร่จำนวนอย่างน้อย 3 ท่าน โดยจะไม่เปิดเผยข้อมูลของผู้เขียนและผู้ประเมินบทความ (Double blinded peer review)

ประเภทของบทความ

1. บทความวิจัย
2. บทความวิชาการ
3. บทความปริทัศน์ บทความพิเศษ และปกิณกะ

การเตรียมบทความต้นฉบับ

1. ต้นฉบับพิมพ์ด้วยคอมพิวเตอร์โปรแกรมสำเร็จรูป MS Word 97/03 for Windows แบบอักษร TH SARABUN PSK ขนาดตัวอักษร 16 อักษรปกติ พิมพ์หน้าเดียวบนกระดาษ A4 ระยะขอบกระดาษ ด้านบน-ด้านล่าง 2.54 ซม. ด้านใน 2.54 ซม. ด้านนอก 2.54 ซม.
2. ชื่อเรื่อง ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ พิมพ์ไว้หน้าแรกตรงกลางขนาดตัวอักษร 20 ตัวหนา
3. ชื่อผู้เขียน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อยู่ใต้ชื่อเรื่องโดยชิดขอบกระดาษด้านขวา ขนาดตัวอักษร 14 อักษรปกติและให้ระบุตัวเลขเป็นด้วยยกท้ายชื่อผู้เขียน เพื่อแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ทำงานของผู้เขียนบทความทุกคนไว้ที่เชิงอรรถในหน้าแรก

4. ชื่อหน่วยงานของผู้เขียน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อยู่ส่วนล่างสุดที่เชิงอรรถในหน้าแรก ขนาดตัวอักษร 12 หนา ระบุหน่วยงานรองและหน่วยงานหลัก และระบุตัวเลขเป็นตัวยกหน้าชื่อหน่วยงาน ผู้เขียนทุกท่าน และ E-mail Address ของผู้เขียนหลักเพื่อเป็น Corresponding Author

5. บทคัดย่อ (Abstract) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ ความยาวไม่เกิน 300 คำ

6. คำสำคัญ (Key words) ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ (จำนวน 3-5 คำ)

7. การพิมพ์หัวข้อ หัวข้อใหญ่สุด ให้ชิดขอบด้านซ้าย หัวข้อย่อยเว้นห่างจากหัวข้อใหญ่ 4 ตัวอักษร และหัวข้อย่อยขนาดเดียวกัน ต้องพิมพ์ให้ตรงกัน เมื่อขึ้นหัวข้อใหญ่ควรเว้นระยะพิมพ์หนึ่งบรรทัด

8. การใช้ตัวเลขคำย่อ และวงเล็บควรใช้เลขอารบิกทั้งหมด ใช้คำย่อ ที่เป็นสากลเท่านั้น (ระบุคำเต็มไว้ในครั้งแรก) การวงเล็บภาษาอังกฤษ ควรใช้ดังนี้ (Student centered learning)

9. กรณีมีรูปภาพ บันทึกเป็นไฟล์ที่มีนามสกุล JPEGs หรือ Tiffs เท่านั้น

10. บทความวิจัย ให้เรียงลำดับสาระ ดังนี้

10.1 บทคัดย่อ (Abstract)

10.2 บทนำ ระบุความสำคัญของปัญหาการวิจัย กรอบแนวคิด สมมุติฐาน การ ทบทวนหรืออ้างอิงเอกสาร/ทฤษฎี/งานวิจัย ที่นำไปสู่กรอบแนวคิดหรือวัตถุประสงค์การวิจัย

10.3 วัตถุประสงค์การวิจัย

10.4 กรอบแนวคิดการวิจัย

10.5 วิธีการวิจัย (Research methodology) ระบุแบบแผนการวิจัยการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่างและ การกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การหาคุณภาพเครื่องมือ วิธีการ เก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

10.6 ผลการวิจัย (Results) เสนอผลที่พบตามวัตถุประสงค์การวิจัยตามลำดับอย่างชัดเจน ควร เสนอในรูปตารางหรือแผนภูมิ

10.7 อภิปรายผล (Discussion) เสนอเป็นความเรียง ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของ ผลการวิจัย กับกรอบแนวคิด และงานวิจัยที่ผ่านมา ไม่ควรอภิปรายเป็นข้อ ๆ แต่ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของ ตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด

10.8 สรุป (Conclusions) ระบุข้อสรุปที่สำคัญ สอดคล้องกับวัตถุประสงค์หรือไม่

10.9 ข้อเสนอแนะ (Suggestion) ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ และสำหรับการวิจัยต่อไป

10.10 รายการอ้างอิง (References) ต้องเป็นรายการที่มีการอ้างอิงไว้ในเนื้อหาเท่านั้น รายการอ้างอิงที่นำมาอ้างอิงต้องมีความทันสมัย ทันต่อเหตุการณ์ และควรตีพิมพ์เผยแพร่ไม่เกิน 5 ปีย้อนหลัง และให้เขียนเป็นภาษาอังกฤษทั้งหมด

11. บทความวิชาการ ประกอบด้วย

11.1 บทคัดย่อ (Abstract)

11.2 บทนำ (Introduction)

11.3 เนื้อเรื่อง (Content) แสดงสาระสำคัญที่ต้องการนำเสนอตามลำดับ

11.4 บทสรุป (Conclusion)

11.5 ข้อเสนอแนะ (Suggestion)

11.6 รายการอ้างอิง (References)

12. การพิมพ์เอกสารอ้างอิง ให้ใช้ APA Formatted References, 6th edition ดังรายละเอียดท้ายเล่ม

13. การเขียนตาราง เขียนด้วยตัวหนา ขีดขอบซ้ายเส้นตารางให้มีเฉพาะแนวนอนตรงหัวและท้ายตารางเท่านั้น กรณีที่มีหมายเหตุใต้ตารางให้เขียนด้วยตัวปกติ ดังตัวอย่าง

ตารางที่ 3 จำนวนรากของยอดดาวเรืองที่วางเลี้ยงบนอาหารสูตร MS ที่เติม BA ความเข้มข้นต่างๆ เป็นเวลา 3 สัปดาห์

สูตรอาหาร		ปริมาณรากที่เกิดขึ้น
MS + 150 ml/l CW		++++
MS + 150 ml/l CW + 1 mg/l BA		+++
MS + 150 ml/l CW + 3 mg/l BA		++
MS + 150 ml/l CW + 5 mg/l BA		+
หมายเหตุ	เครื่องหมาย (-)	= ไม่เกิดราก
	เครื่องหมาย (+)	= 1-5 ราก
	เครื่องหมาย (++)	= 6-10 ราก

เครื่องหมาย (+++) = 11-15 ราก

เครื่องหมาย (++++) = 16-20 ราก

ตัวอย่างการเขียนเอกสารอ้างอิง

1. การอ้างอิงในเนื้อหา

ใช้ระบบนาม-ปี (Author's last name – year of Publication) กรณีบทความวิจัย(paper) และเอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ(proceeding) ตัวอย่างเช่น

ผู้เขียน 1 คน: (Siripan, 2016)

ผู้เขียน 2 คน: (Siripan & Kaewchai, 2016)

ผู้เขียน 3-5 คน: การอ้างครั้งแรกให้ใส่ชื่อสกุลของทุกคน และการอ้างครั้งต่อไปให้ใส่เฉพาะชื่อ สกุลของคนแรก แล้วตามด้วย et al. ตัวอย่างเช่น

(Seeley, VanPutte, Regan, & Russo, 2016) ในการอ้างครั้งแรก

และ (Seeley et al., 2016) ในการอ้างครั้งต่อไป

ผู้เขียนตั้งแต่ 6 คนขึ้นไป: อ้างครั้งแรกและครั้งต่อไป ให้ใส่เฉพาะชื่อสกุลของคนแรก แล้วตาม ด้วย et al. เช่น

(Chongchareon et al., 2016)

2. การอ้างอิงในรายการอ้างอิง

2.1 การอ้างอิงทั่วไป

1) ถ้าผู้เขียนไม่เกิน 7 คน ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคน ถ้าผู้เขียนตั้งแต่ 8 คนขึ้นไป ให้ใส่ชื่อ 6 คนแรก และตาม ด้วย...และชื่อผู้เขียนคนสุดท้าย

2) ถ้าแหล่งอ้างอิงมาจากหนังสือ หนังสือออนไลน์ หรือ ebook ให้เอียงชื่อหนังสือ

3) ถ้าแหล่งอ้างอิงมาจากวารสาร ให้เอียงชื่อวารสาร

4) ถ้าแหล่งอ้างอิงเป็นเอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ ให้เอียงชื่อการประชุม

5) กรณีบทความวิจัย (paper) และ เอกสารสืบเนื่องจากการประชุมวิชาการ (proceeding)

ที่รายการอ้างอิง ไม่มีภาษาอังกฤษให้แปลเป็นภาษาอังกฤษ และให้วงเล็บ (in Thai) ตัวอย่างเช่น

- Oliveira, L.F., Correa, J.L.G., Tosato P.G., Borges S.V., Alves J.G.L.F., & Fonseca, B.E. (2011). Sugarcane Bagasse Drying in a Cyclone: Influence of Device Geometry and Operational Parameters. *Drying Technology*, 29, 946-952.
- Grimm, A., Elustondob, D., Mäkelä, M., Segerström M., Kalén, G., Fraikin L., Larsson, H. S. (2017). Drying recycled fiber rejects in a bench-scale cyclone: Influence of device geometry and operational parameters on drying mechanisms. *Fuel Processing Technology*, 167, 631-640.
- Suriyawongpaisarn, P., Srithamrongsawat, S., Hempisut, P., Aueasiriwon, B., Pholpark, A., & Wannasri. A. (2013). *The Emergency Management System of the Regional Emergency Medical System*. Health Insurance System. Research Office (HISRO). Health System Research Institute (HSRI). (in Thai).

2.2 ผู้เขียนเป็นหน่วยงาน ตัวอย่างเช่น

- National Institute of Emergency Medicine. (2014). *The gap of Thai Emergency Medicine: Report Emergency Medical Service System 2013*. (1st ed.) Bangkok. NP Press.

- Muangjunburee, P. (2012). *Welding Engineering*. Songkhla: Educational Technology, Faculty of Engineering, Prince of Songkhla University.

2.3 การอ้างอิงเฉพาะบทในหนังสือ ตัวอย่างเช่น

- Sahieam, C. (2014). Nurse case management for clients with diabetes mellitus. In Sindhu S, Wongrod P. (editor). *Case management for clients with diabetes mellitus and hypertension* (2nd ed.) (pp.9-46). Bangkok: Wattanakanpim Printting.

- Benedyk, J. (2010). Aluminum alloys for lightweight automotive structures. *Materials, Design and Manufacturing for Lightweight Vehicles, Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering*, 79-113.

2.4 การอ้างอิงเอกสารจากอินเทอร์เน็ต ตัวอย่างเช่น

- Inada, K. A. (1995). Buddhist response to the nature of human rights. *Journal of Buddhist Ethics* Retrieved May 21, from <http://www.psu.edu/jbe.html>

2.5 วิทยานิพนธ์ตัวอย่างเช่น

Siriphan, S. (2011). *Development of an Instructional Model Emphasizing Cultural Competency of Nursing Students*. A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements for the Doctor of Philosophy School of Educational Studies Sukhothai Thammathirat Open University. (in Thai).

2.6 บทความในวารสาร

Sangnimitchaikul, W. (2012). Student-centered learning: A case study of Instructional model in the nursing care of children and adolescents course at the faculty of Nursing, Thammasat University. *Journal of Nursing and Education*, 5(2), 64-76.

ข้อแนะนำในการส่งต้นฉบับ

เมื่อผู้เขียนเตรียมไฟล์ต้นฉบับตามการเตรียมต้นฉบับบทความวิจัย/บทความวิชาการแล้ว สามารถส่งไฟล์ต้นฉบับทาง E-mail: journal_sci@pnu.ac.th

ข้อแนะนำการส่งเอกสารที่เกี่ยวข้อง

ผู้เขียนศึกษา ตรวจสอบขั้นตอนการส่งบทความวิจัย/วิชาการ และดาวน์โหลดเอกสารที่เกี่ยวข้อง ที่เว็บไซต์ <https://www2.st.pnu.ac.th/journal/index.php> หลังจากนั้นส่งเอกสารที่เกี่ยวข้องและบทความต้นฉบับ จำนวน 1 ชุด ทางไปรษณีย์ ส่งมาที่

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

99 หมู่ 8 ตำบลโคกเคียน อำเภอมะเมือง จังหวัดนครราชสีมา 96000

การเขียนอ้างอิงแบบ APA ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 6

การเขียนอ้างอิงแบบ APA เป็นการเขียนเอกสารอ้างอิงในผลงานวิชาการต่างๆ ที่กำหนดโดยสมาคมจิตวิทยาแห่งสหรัฐอเมริกา (American Psychological Association) หรือ APA จัดพิมพ์เป็นคู่มือ การเขียนรายการอ้างอิง ชื่อว่า Publication Manual of the American Psychological Association เริ่มพิมพ์ครั้งแรกในปี ค.ศ. 1929 และฉบับปัจจุบัน เป็นฉบับพิมพ์ครั้งที่ 6 จัดพิมพ์ในปี ค.ศ. 2010 รูปแบบการเขียนอ้างอิงแบบ APA ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ 1) การอ้างอิงในเนื้อหา 2) การอ้างอิงท้ายเล่ม หรือบรรณานุกรม

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation) เป็นการอ้างอิงในระบบนามปี (author-date citation system) โดยระบุชื่อผู้เขียน และปีพิมพ์เพื่อเป็นการชี้แนะผู้อ่านไปยังแหล่งข้อมูลที่อ้างอิงท้ายเล่ม หรือบรรณานุกรมของ ผลงานวิชาการ ที่มีการจัดเรียงตามลำดับตัวอักษร การอ้างอิงในเนื้อหา มี 2 ลักษณะ คือ

1. การอ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย ใช้ ชื่อผู้เขียน เว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วยปี พิมพ์ ในวงเล็บ กรณีที่ไม่มีปีพิมพ์ใช้คำว่า “ม.ป.ป.” หมายถึง ไม่ปรากฏปีพิมพ์ เช่น

นุชนาถ (2556) ได้ศึกษาพบว่า

สุวรรณดีและปฐมามาต(2550) พบว่า

รมณฤดี (ม.ป.ป.) ได้ศึกษาแบบบรรยาย พบว่า

จากการศึกษาของ พงศ์เทพ, อมร, สุวัฒน์, และสุภัทร (2550) พบว่า เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ ให้เขียนนามสกุลของผู้เขียนทับศัพท์ เป็นภาษาไทยก่อน เว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วย นามสกุลภาษาอังกฤษ เครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษร และปี พิมพ์ในวงเล็บ กรณีที่ไม่มีปีพิมพ์ใช้คำว่า “n.d.” หมายถึง no date เช่น

วอคเกอร์ (Walker, 2007) พบว่า

การศึกษาของ เคิร์ชฮอฟฟ์ และเบคสตรานด์ (Kirchholff & Beckstrand, 2000) ได้ชี้ให้เห็นว่า

เลดเดอร์เลย์ และคณะ (Lederle et al., 2009) พบว่า

แฮส (Haas, n.d.) พบว่า.....

2. การอ้างอิงชื่อผู้เขียนท้ายข้อความ

เอกสารอ้างอิงภาษาไทย ใช้ชื่อผู้เขียน ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษร และปี พิมพ์ภายในวงเล็บ เช่น

วิสัยทัศน์ของผู้บริหารโรงพยาบาลชุมชนที่ให้ความสำคัญกับการคัดกรองเบาหวาน เป็นปัจจัยสนับสนุนความสำเร็จ.....(เมธา, 2551)

การรับประทานยาให้ต่อเนื่องขึ้นอยู่กับความตั้งใจ หรือกำลังใจของผู้ป่วยและจำเป็นต้องอาศัยแผนการ รักษา และฟื้นฟูสุขภาพ (สมลักษณ์, ทับทิม, และวัลลภา, 2555)

การขาดความสามารถและขาดความชำนาญในการคิดวิเคราะห์เกี่ยวกับการวางแผนการพยาบาล ส่งผลให้ขาดความมั่นใจในการนำ ความรู้ไปใช้.....(ณัฐธยาน์, อรพินทร์, และอังศินันท์, 2553; Albutt, 2013)

เอกสารอ้างอิงภาษาอังกฤษ ใช้นามสกุลผู้เขียน เป็นภาษาอังกฤษ ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษร และปี พิมพ์ภายในวงเล็บ เช่น

ความรู้ในการดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายสามารถเกิดขึ้นได้จากการเรียนการสอนการอบรมเพิ่มเติม (Walker, 2007)

การออกกำลังกายแบบไท่จีชี่กึ่งจัดเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีความหนักเบาระดับปานกลาง (Klein & Adams, 2004)

รูปแบบการเขียนอ้างอิงในเนื้อหา

1. การอ้างอิงที่มีผู้เขียน 1 คน

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ

สุทศศรี (2554) พบว่า หลักกรรมมีผลต่อพฤติกรรมทางสังคมและจิตใจของผู้สูงอายุ ทำให้ผู้สูงอายุยอมรับสภาพที่เป็นอยู่ ณ ปัจจุบัน.....

พรหมพาหกุล (Prompahakul, 2011) พบว่า พยาบาลไทยในภาคใต้ส่วนใหญ่ไม่เคยอบรมการดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้าย ซึ่งการอบรมเป็นสิ่งสำคัญ

วอคเกอร์ (Walker, 2007) พบว่า ภาวะวิกฤตทางจิตใจเป็นภาวะการณ์เสียสมดุลทางจิตใจ.....

หรือ

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนท้ายข้อความ

ผู้ดูแลที่มีงานประจำต้องปรับเวลาทำงานให้มีความสะดวกในการดูแลผู้ป่วย ทำให้ผู้ดูแลรู้สึกเหนื่อย (สุธีรา, 2554)

ส่วนใหญ่พบว่า ลักษณะการปวดศีรษะที่เกิดขึ้น เป็นชนิดไมเกรนมากที่สุด และปวดแบบตึงเครียด รองลงมา (Walker, 2007)

2. การอ้างอิงที่มีผู้เขียน 2 คน

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ

ธารีทิพย์และอรพิน (2547) กล่าวว่า ความชุกปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดเบาหวานมีเพิ่มขึ้น.....

บอยด์และวัตตัน (Boyde & Watton, 2001) กล่าวว่า การปรับเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิต.....

จากการศึกษาของ เคิร์ชฮอฟฟ์ และเบคสตรนด์ (Kirchhoff & Beckstrand, 2000) ได้ชี้ให้เห็นว่า การที่พยาบาลมีความรู้ในการดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายที่ไม่เพียงพอเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการดูแลผู้ป่วย.....

หรือ

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนท้ายข้อความ

จำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น ในปีพ.ศ. 2548 ร้อยละ 6.4 ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7.5 และ คาดว่าในปี พ.ศ. 2578 จะเพิ่มขึ้น เป็น ร้อยละ15.9 (ปัทมาและปราโมทย์, 2553)

ผู้สูงอายุที่อาศัยในบ้านพักคนชรา ประเทศเยอรมัน ส่วนใหญ่ไม่ต้องการบวกรวมสมาชิกในครอบครัว เนื่องจากมีความเห็นว่า บุตรหลาน ส่วนใหญ่ต่างก็มีชีวิตและภาระต่างๆ ของตนเองที่จะต้องรับผิดชอบ (Erichsen & Bossing, 2013)

การบาดเจ็บที่ศีรษะแม้ไม่เป็นอันตรายแก่ชีวิต แต่รบกวนการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งทางด้าน อารมณ์สมาธิสติปัญญาและสังคม ส่งผลให้คุณภาพชีวิตลดลง (Erickson & Theeler, 2012)

3. การอ้างอิงที่มีผู้เขียน 3-5 คน

กรณีที่อ้างอิงครั้งแรก (ในย่อหน้าเดียวกัน) ใส่ชื่อผู้เขียนทั้ง 3-5 คน

ลือชา, สมศักดิ์, ประนอม, และสนอง (2553) พบว่า ความเจ็บปวดจากการใส่เครื่องช่วยหายใจ.....

แมคคอร์มิก, อิลเจน,และรอยส์ (McCormick, Ilgen, & Roy, 2001) พบว่า ประสิทธิภาพการช่วยฟื้นคืนชีพ.....

หรือ

การคายเพื่อติดตามความดันในหลอดเลือดดำ ส่วนกลาง.....(อารี, สมพร, วนิดา, และปราณี, 2553)

หลังได้รับการผ่าตัดผู้ป่วยมักจะมีการดำรงชีวิตเปลี่ยนแปลงไปจากเดิม.....(Pettersson, Mattsson, & Bergbom, 2009)

ค่าปกติของความดันในหลอดเลือดดำ ส่วนกลางที่ประเมินได้.....(Wood, Roy, Scales, & Smith, 2010)

กรณีที่อ้างอิงครั้งที่ 2 (ในย่อหน้าเดียวกัน) ใส่ชื่อผู้เขียนคนแรก เว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วย “และคณะ” หรือ “et al.”

ลือชาและคณะ (2553) พบว่า ผู้สูงอายุโรคเบาหวานชนิดที่ 2 ที่มีภาวะเสี่ยงต่อการเกิดโรคไตเรื้อรัง มีพฤติกรรมสุขภาพ.....

แมคคอร์มิกและคณะ (McCormick et al., 2001) กล่าวว่า เมื่อบุคคลต้องเผชิญกับ ภาวะคุกคามทางสุขภาพ จะมีกระบวนการตอบสนองที่นำไปสู่วิธีการจัดการ.....

หรือ

ในการป้องกัน ภาวะแทรกซ้อนดังกล่าวมาแล้ว.....(ลือชาและคณะ, 2553)
การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นแต่ละบุคคลเป็นการนำศักยภาพแต่ละบุคคลออกมาใช้ (McCormick et al., 2001)

4. การอ้างอิงที่มีผู้เขียน 6 คน หรือ มากกว่า 6 คนขึ้นไป ใส่ชื่อผู้เขียนคนแรก เว้น 1 ตัวอักษรตามด้วย “และคณะ” หรือ “et al. ” กรณีที่อ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ และกรณีที่อ้างอิงชื่อผู้เขียนหลังข้อความ

ชาธิปไตย และคณะ (2554) พบว่า การนวดไทยสามารถบรรเทาอาการปวด ในผู้ป่วยปวดศีรษะแบบตึงเครียดได้

เซง และคณะ (Cheng et al., 2010) พบว่า อาการของภาวะแทรกซ้อนที่พบบ่อย คือ อาการปวดขา/ขา บริเวณขาที่เกิดจากการอุดตันของลิ่มเลือด.....

หรือ

ปัญหาการดูแลผู้สูงอายุในครอบครัวและชุมชนว่า มีการเพิ่มขึ้นของผู้เจ็บป่วยเรื้อรัง(ทัศนา และคณะ, 2550)

ผู้ป่วยโรคหลอดเลือดแดงเออร์ตาในช่องท้องโป่งพอง ที่ได้รับการผ่าตัดแบบเปิดมีคุณภาพชีวิตหลังผ่าตัดอยู่ในระดับ เดียวกันกับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดแบบสอดใส่หลอดเลือดเทียมผ่านทางสายสวน (Lederle et al., 2009)

5. การอ้างอิงเอกสารหลายฉบับจากผู้เขียนหลายๆ คน ให้เรียงลำดับการอ้างอิงตามลำดับตัวอักษร ผู้เขียนก่อน-หลังและแยกระหว่างผู้เขียนด้วยเครื่องหมายอัฒภาค (;) เช่น

ผู้ป่วยที่มีอาการเบื่ออาหาร คลื่นไส้ อาเจียน อ่อนเพลีย เหนื่อยง่าย ปัสสาวะออกน้อย ความดันโลหิตสูง บวม หัวใจวาย น้ำท่วมปอด ซึมหรือหมดสติและในผู้ป่วยที่รักษาไม่ทันอาจเสียชีวิตได้..... (รัตนาและบุญเรือง, 2550; วิชัย, 2551; ศิริพร, 2529; Alan, Brown, & Smith, 2003; Gordon et al., 2001)

6. การอ้างอิงเอกสารที่มีมากกว่า 1 เรื่อง ของผู้เขียนคนเดียวกัน และปีพิมพ์เดียวกัน ให้ใส่ส่วนที่ต่อท้าย (suffixes) ก, ข, ค (เอกสารภาษาไทย) หรือ a, b, c,... (เอกสารภาษาอังกฤษ) เช่น

จากการทบทวนงานวิจัย (อารี, 2548ก, 2548ข) พบว่า

จากการทบทวนงานวิจัยของ อีเดิ้ลลีน (Edeline, 2001a, 2001b) พบว่า

7. การอ้างอิงเอกสารที่ผู้เขียนเป็นองค์กร สมาคม สถาบัน หน่วยงาน หรือนิติบุคคล ให้ระบุชื่อเต็มทุกครั้ง ยกเว้นกรณีที่มีชื่อย่อ ให้ระบุชื่อย่อ พร้อมชื่อเต็ม ในการอ้างอิงครั้งแรก ส่วนการอ้างอิงครั้งต่อไป ให้ใช้ชื่อย่อได้ เช่น

การอ้างอิงครั้งแรก

จากการสำรวจข้อมูลโดยมูลนิธิสถาบันวิจัยและพัฒนาผู้สูงอายุไทย (2549) พบว่า การเข้าพักอาศัยในสถานสงเคราะห์คนชราเป็นสิ่งที่ผู้สูงอายุไม่ต้องการมากที่สุด.....

องค์การอนามัยโลก (World Health Organization [WHO], 2013) ได้กล่าวถึงการดูแลแบบประคับประคองว่า เป็นการดูแลเพื่อดำรงไว้ซึ่งคุณภาพชีวิตให้แก่ทั้งผู้ป่วยและครอบครัวเพื่อให้สามารถเผชิญกับปัญหาความเจ็บป่วย และลดความทุกข์ทรมาน.....

หรือ

การคัดกรองโรคเบาหวานเป็นการค้นหาบุคคลที่เป็นโรคระยะแรกเริ่ม เพื่อให้ได้รับการวินิจฉัยโดยเร็ว และให้การรักษาดังแต่เริ่มต้น (สถาบันวิจัยและพัฒนาระบบสุขภาพชุมชน, 2552)

โรคจิตเภทนอกจากพบได้บ่อยแล้ว ยังเป็นโรคที่ติดอันดับ 1 ใน 10 ของโรคที่ก่อให้เกิดการเจ็บป่วยเรื้อรัง (กรมสุขภาพจิต, 2556)

การคัดกรองโรคเบาหวาน ทำให้ประหยัดค่าใช้จ่ายและการใช้ทรัพยากรในการดูแลรักษาโรค (World Health Organization [WHO], 2003)

การอ้างอิงครั้งต่อไป

การประชาสัมพันธ์ตามสถานที่ชุมชนและกิจกรรมที่สำคัญ ของชุมชน ทำให้ประชาชนเข้าสู่กระบวนการคัดกรองอย่างทั่วถึง (WHO, 2003)

8. การอ้างอิงเอกสารที่อยู่ระหว่างตีพิมพ์ ให้ใส่คำว่า “กำลังรอตีพิมพ์” (เอกสารภาษาไทย) หรือ “in press” (เอกสารภาษาอังกฤษ)

จากการทบทวนงานวิจัย (บุปผา, กำลังรอตีพิมพ์) พบว่า

จากการทบทวนงานวิจัย (Smith & Adam, in press) พบว่า

9. การอ้างอิงเอกสารที่ไม่มีชื่อผู้เขียน ให้ระบุชื่อเรื่องเพียง 2-3 คำแรก (กรณีที่ชื่อเรื่องยาว) หรือชื่อเรื่องเต็มสั้นๆ ภายในเครื่องหมายอัญประกาศ (“...”) และตามด้วยปีพิมพ์เช่น

ในการดูแลผู้ป่วยเด็กโรคระบบทางเดินหายใจ..... (“การพยาบาล,” 2550)
(ชื่อเรื่องเต็ม: การพยาบาลผู้ป่วยเด็กที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสุขภาพ..... (“Protection Against,” 2003)
(ชื่อเรื่องเต็ม: Protection against inflammation during the chronic and acute)

10. การอ้างอิงเอกสารโดยการคัดลอกข้อความมา โดยไม่ได้นำมาเรียบเรียงใหม่ ให้พิมพ์ชื่อผู้เขียน

ตามด้วยปีพิมพ์และหน้าที่คัดลอกมา กรณีข้อความที่คัดลอกมาน้อยกว่า 40 คำ ให้ใส่ข้อความนั้น ภายในเครื่องหมายอัญประกาศ (“...”) เช่น

บุษย์ (2550) กล่าวว่า “ผลของการให้ยาแก้ปวด ทำให้อาการปวดหายไปภายใน 1 นาที” (หน้า 41)

นักวิจัยกล่าวว่า “ผลของการให้ยาแก้ปวด ทำให้อาการปวดหายไปภายใน 1 นาที” (บุษย์, 2550, หน้า 41)

11. การอ้างอิงตามผู้เขียนคนอื่น (secondary source) ไม่ได้อ้างอิงโดยตรง หรือ อ้างอิงจากต้นฉบับ (original source) ในกรณีที่ไม่มีพิมพ์เอกสารแล้ว (out of print) ไม่สามารถค้นหาเอกสารต้นฉบับได้ หรือไม่มีฉบับที่พิมพ์เป็นภาษาไทย หรือ ภาษาอังกฤษ ให้ใช้คำว่า “อ้างอิงตาม” สำหรับเอกสารภาษาไทย หรือ “as cited in” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ

ส่วนการอ้างอิงท้ายเล่ม หรือ บรรณานุกรม ให้ใช้เอกสารอ้างอิงของผู้เขียนที่อ่านมา (secondary source) ไม่ใช่เอกสารอ้างอิงของผู้เขียนเอกสารต้นฉบับ (original source) เช่น

จากการศึกษาของเบญจ (2547 อ้างตาม ญัฐกฤตา, 2553) ที่พบว่าปฏิบัติกิจกรรมการดูแลผู้ป่วยโรคจิตเภทที่บ้านโดยรวมระดับสูง มีความสัมพันธ์ทางบวก.....

การศึกษาของไซเดนเบิร์กและแมคลีแลนด์ (Seidenberg & McClelland, 1990 as cited in Coltheart, Curtis, Atkins, & Haller, 1999) พบว่า.....

หรือ

ผู้ดูแลซึ่งมีอาชีพที่ถูกกำหนดไว้แน่นอน เช่น รับราชการรัฐวิสาหกิจ หรือลูกจ้างอาจมีเวลาจำกัดในการดูแลผู้ป่วย (ไพรินทร์, 2543 อ้างตาม สำอาง, 2550)

ผู้ป่วยจิตเภทที่ไม่ร่วมมือในการรักษาด้วยยา มีอัตราการกำเริบซ้ำ ถึง 18 เท่า (Maneesakorn et al., 2007 อ้างตาม รัชนี้ และเพ็ญนภา, 2556)

บทบาทพยาบาลในการติดตามค่าความดัน หลอดเลือดดำ ส่วนกลาง.....(Silva, 1978 as cited in Ward & Decan, 2004)

2.การอ้างอิงท้ายเล่ม หรือ บรรณานุกรม (Bibliography)

เป็นการรวบรวมรายการอ้างอิงที่ใช้อ้างอิงในเนื้อหา หรือ รายการอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับ เนื้อหาไว้ใน

ส่วนท้ายเล่มของผลงานวิชาการ ภายใต้หัวข้อ “บรรณานุกรม” โดยจัดเรียงรายการอ้างอิง ตามลำดับอักษรของชื่อผู้เขียน หรือ ชื่อเรื่อง (กรณีที่ไม่มีชื่อผู้เขียน) จัดเรียงรายการอ้างอิงภาษาไทยก่อนรายการอ้างอิงภาษาอังกฤษ

หลักเกณฑ์ทั่วไปการเขียนบรรณานุกรมแบบ APA ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 6 (ปี ค.ศ. 2010)

1. ผู้เขียน (Author)

1.1 ผู้เขียนคนเดียว

ผู้เขียนคนไทย ให้เขียนเฉพาะชื่อ นามสกุลไม่ต้องระบุตำแหน่งทางวิชาการ เช่น
ประเวศระสี.

สมศรี อมาตยกุล.

ชาวต่างประเทศ ให้ใช้นามสกุล ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วย
อักษรย่อ ชื่อต้นต่อด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) ตามด้วยอักษรย่อ ชื่อกลาง (ถ้ามี) เช่น

Deming, D.

Victor, N. M.

Larson, J. R., Jr.

1.2 ผู้เขียน 2 คน

ผู้เขียน 2 คน ให้เขียนชื่อผู้เขียนคนที่ 1 ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค(,) เว้น 1 ตัวอักษร ต่อด้วย “และ” ไม่เว้นวรรค ตามด้วยผู้เขียนคนที่ 2 เช่น

จินตนา ลากเจริญ, และประไพ จันดี.

สวัสด์ ต้นสกุล, และไพศาล เรืองจินดา.

ชาวต่างประเทศให้เขียนนามสกุล ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษรตามด้วย
อักษรย่อชื่อต้นชื่อกลาง (ถ้ามี) และเครื่องหมายมหัพภาค (.) ตามด้วยเครื่องหมาย “&” และเว้น 1 ตัวอักษร
ตามด้วยนามสกุลคนที่ 2 แล้วใส่เครื่องหมายจุลภาค (.) ตามด้วยอักษรย่อ ชื่อต้น ชื่อกลาง (ถ้ามี) และต่อด้วย
เครื่องหมายมหัพภาค (.) เช่น

William, R., & Sales, B. D.

Hamosh A., & Brinker M. R.

1.3 ผู้เขียน 3-7 คน

คนไทยใช้ชื่อ นามสกุล คั่นด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) และเว้น 1 ตัวอักษรหน้าผู้เขียนทุกคน และใช้คำว่า “และ” โดยไม่เว้นวรรค หน้าผู้เขียนคนสุดท้าย เช่น

ปราณี คำจันทร์, ขนิษฐา นาคะ, และแสงอรุณ อีสระมาลัย.

อักษร พูลนิมิตร, ปานใจอินพุ่ม , อังคณา มูลสงคราม, และณรงค์ศักดิ์ วัชรโรทน .

ชาวต่างประเทศ เขียนเช่นเดียวกับข้อ 1.2 และใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น ระหว่างเขียนทุกคน และใช้เครื่องหมาย “&” เว้น 1 ตัวอักษร หน้าผู้เขียนคนสุดท้าย เช่น

Salmon, M., Earman, J., Wilson, R. T., McGarry, D. D., Hopman, D.

Burke, D., & Bogduk, N.

หมายเหตุ: ใส่ผู้เขียนทั้ง 7 คน

1.4 ผู้เขียนมากกว่า 7 คน

คนไทยใช้ชื่อ นามสกุล ของผู้เขียน 1-6 คนแรก ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค(,) เว้น 1 ตัวอักษรต่อด้วยจุด 3จุด เว้น 1 ตัวอักษร และต่อด้วย ชื่อ นามสกุลของผู้เขียนคนสุดท้าย เช่น

สุจิตต์ วงษ์เทศ, ประไพ จันดี, สงศรีดีสกุล, ประพนธ์ เรืองนาม, สมศรีเรืองศักดิ์,

เพ็ญศรี จงสกุล, ... สมพร เรืองสงค์.

ชาวต่างประเทศ

Salmon, M., Earman, J., Wilson, R. T., McGarry, D. D., Hpoman, D.,

Dynaraki, S., ... Smith, D. C.

กรณีที่ไม่มีชื่อผู้เขียน

ให้ใช้ชื่อเรื่อง เป็นตัวเอียงแทนที่ชื่อผู้เขียน ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) ต่อด้วยปีพิมพ์บนเครื่องหมายวงเล็บ เช่น

ข้อคิดชีวิตงาม. (2549).

Mosby's dictionary of medicine nursing & health. (2009).

2. ปี พิมพ์ (Date)

2.1 ใช้ปี พิมพ์ พ.ศ. หรือ ค.ศ. ในเครื่องหมายวงเล็บ ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) ต่อจากชื่อผู้เขียน เช่น

ไพศาล จุลพงษ์. (2550).

Thomas, W. (2006).

2.2 กรณีที่ไม่มีปีพิมพ์ใช้คำว่า (ม.ป.ป.) ในเครื่องหมายวงเล็บ คือ ไม่ปรากฏปี พิมพ์ หรือ (n.d.) คือ no date สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ ตามด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) ต่อจากชื่อผู้เขียน เช่น

ช่อทิพย์กาญจน์ศิริ. (ม.ป.ป.).

Wilson, D. C. (n.d.).

2.3 กรณีที่สิ่งพิมพ์นั้น ได้รับการตอบรับเพื่อตีพิมพ์แล้ว แต่ยังไม่อยู่ในระหว่างการจัดพิมพ์ให้ระบุคำว่า “อยู่ระหว่างการตีพิมพ์” สำหรับเอกสารภาษาไทย “in press” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ ไว้ในวงเล็บแทนปีพิมพ์ เช่น

ลัดดา สงวนวงศ์. (อยู่ระหว่างการตีพิมพ์)

Gilbert, D. G. (in press).

3. ชื่อเรื่อง (Title) ของหนังสือ บทความวารสาร ชื่อการประชุม เป็นต้น

ชื่อเรื่อง ให้ใช้ตัวเอียง ทั้งชื่อเรื่องภาษาไทย และภาษาอังกฤษ สำหรับชื่อเรื่องภาษาอังกฤษ ให้ใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่ เฉพาะอักษรตัวแรก

ถ้ามีคำอธิบายชื่อเรื่อง หรือ ชื่อเรื่องรอง ให้ใช้เครื่องหมายทวิภาค (:) คั่นวัน 1 ตัวอักษร ตามด้วยอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ นอกนั้น ใช้ตัวพิมพ์เล็ก

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เฉพาะอักษรตัวแรกชื่อเรื่อง และอักษรตัวแรกชื่อเรื่องรอง รวมทั้งชื่อเฉพาะ ชื่อบุคคล ชื่อหน่วยงาน ชื่อย่อ ชื่อภูมิศาสตร์เท่านั้น นอกนั้น ใช้อักษรตัวเล็ก เช่น

หลักการพยาบาล: แนวคิดและข้อปฏิบัติ.

Nursing care: Principles & theory.

Fandroff and Martin's neonatal perinatal medicine.

4. ครั้งที่พิมพ์ (Edition) ของหนังสือ

ใช้สำหรับการจัดพิมพ์ครั้งที่ 2 เป็นต้นไป เช่น ให้ใช้คำว่า พิมพ์ครั้งที่2 สำหรับหนังสือภาษาไทย หรือ 2nd ed. สำหรับหนังสือภาษาอังกฤษ ใส่ภายในวงเล็บต่อจากชื่อเรื่อง เช่น

ภาณี แสงหิรัญ. (2550). เวชบำบัดวิกฤต (พิมพ์ครั้งที่2).

Sharma,P. (2015). Digestive system (3rd ed.).

5. สถานที่พิมพ์ (Place) และ สำนักพิมพ์ (Publisher) ของหนังสือ

5.1 หนังสือภาษาไทย ให้ใช้ชื่อจังหวัด ตามด้วยเครื่องหมายทวิภาค (:) ติดกับชื่อสถานที่ เว้น 1 ตัวอักษรตามด้วยชื่อสำนักพิมพ์ และเครื่องหมายมหัพภาค(.) เช่น

กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

สงขลา: ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

5.2 หนังสือภาษาอังกฤษ ให้ระบุชื่อเมือง เป็นสถานที่พิมพ์ กรณีที่ชื่อเมืองไม่เป็นที่รู้จักให้ใส่ชื่อรัฐ หรือ ชื่อประเทศที่เมืองนั้นตั้งอยู่ โดยค้นชื่อเมือง และชื่อรัฐ/ประเทศ ด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เช่น

Sudbury, MA: Jones and Bartlett.

Oxford: Basil Blackwell.

St. Louis, MO: Mosby.

Princeton, NJ: Princeton University Press.

สำหรับเมืองที่เป็นที่รู้จัก ไม่ต้องใส่ชื่อรัฐ หรือชื่อประเทศที่เมืองนั้นตั้งอยู่ ได้แก่ Baltimore, Boston, Chicago, Los Angeles, New York, Philadelphia, San Francisco, Amsterdam, Jerusalem, Milan, Mosco, Paris, Rome, Stockholm, Tokyo, Vienna

5.3 กรณีที่หนังสือมีชื่อเมืองหลายเมืองให้ใช้ชื่อเมืองที่ปรากฏเป็นชื่อแรกเป็นสถานที่พิมพ์

5.4 สำนักพิมพ์ ให้ใช้ชื่อสำนักพิมพ์ที่ปรากฏในหน้าปกในเท่านั้น โดยตัดคำ ประกอบอื่นๆ ที่ไม่จำเป็นออก เช่น Publisher, Co., Inc., ห้างหุ้นส่วนจำกัด, บริษัท.....จำกัด ยกเว้นสำนักพิมพ์ของสถาบันอุดมศึกษา หรือ ชื่อสำนักพิมพ์ที่มีคำว่า Associations, Corporation, University Press, Books, Press เช่น

สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไทยวัฒนาพานิช.

เรือนแก้วกาพิมพ์.

โรงพิมพ์ไทยรุ่งเรือง.

McGraw-Hill.

Big Picture Media Corporation.

Oxford University Press.

Penguin Books.

5.5 กรณีสำนักพิมพ์เป็นชื่อหน่วยงาน / สถาบัน ให้ใส่ชื่อหน่วยงานรองแล้วตามด้วยชื่อหน่วยงานหลักสำหรับเอกสารภาษาไทย ให้เว้น 1 ตัวอักษร ระหว่างชื่อหน่วยงานรองกับ หน่วยงานหลัก เช่น

นนทบุรี: กองสุศึกษา กรมอนามัย.

สงขลา: ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ในกรณีที่ เป็นเอกสารภาษาอังกฤษ ให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น ระหว่างชื่อหน่วยงาน เช่น

Geneva: Epidemiology Division, World Health Organization.

5.6 กรณีที่หน่วยงาน / สถาบัน เป็นทั้งผู้เขียน และผู้จัดพิมพ์ในส่วนของผู้จัดพิมพ์ให้ใส่ชื่อย่อหรือใส่ข้อความสั้นๆ ในส่วนของสำนักพิมพ์เช่น กรม, มหาวิทยาลัย, The Association, The Society เป็นต้น

World Health Organization. (2008). Report of mortality. Geneva: WHO.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชาพยาธิวิทยา. (2552). รายงานประจำปี

2551. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

กรมอนามัย.กองโภชนาการ. (2545). แคลเซียมเพื่อสุขภาพ. นนทบุรี: กรม.

American Nurses Association. (2009). H1N1 (Swine Flu): Information for nurses. Silver Spring, MD: The Association.

กรมควบคุมโรค. สำนักระบาดวิทยา. (2552). สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี2551. นนทบุรี: กรม.

5.7 กรณีที่ไม่มีสถานที่พิมพ์ให้ใช้คำ ดังนี้ แทนที่สถานที่พิมพ์

ม.ป.ท. หมายถึง ไม่ปรากฏสถานที่พิมพ์สำหรับหนังสือภาษาไทย

n.p. หมายถึง no place of publication สำหรับหนังสือภาษาอังกฤษ

เช่น

สถาบันพัฒนาและรับรองมาตรฐาน. (2548). เส้นทางสู่โรงพยาบาลคุณภาพ: คู่มือการเรียนรู้เชิงปฏิบัติการ (ฉบับปรับปรุงครั้งที่2). ม.ป.ท.: สถาบัน.

หมายเหตุ: การพิมพ์เอกสารอ้างอิง บรรทัดแรกของแต่ละรายการให้พิมพ์ชิดขอบซ้ายมือ บรรทัดต่อไปพิมพ์ร่น

เข้าไปประมาณ 5 ตัวอักษร

รูปแบบการอ้างอิงเอกสารประเภทต่างๆ (เครื่องหมาย ✓ หมายถึง เว้น 1 ตัวอักษร)

1. บทความในวารสาร (Journal Article)

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อบทความ.✓ ชื่อวารสาร, ✓ ปี ที่(ฉบับที่), ✓ หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.

1.1 วารสารทั่วไป

ตัวอย่าง

ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตรสุข, และฉัตรปวีณ์ จรัสรวาวัฒน์. (2551). การแก้ปัญหาระดับตะกั่ว ในเลือดสูง. ความปลอดภัยและสิ่งแวดล้อม, 18(3), 26-31.

กฤษณา น้อมสกุล, ลักขณา กานดี, สิริพร สืบสาน, ปวีณ เกื้อกุล, มาลี อุดมผล,และสวัสดิ์ รักดี. (2550). การดูแลผู้ป่วยโรคเบาหวาน. วารสารกรมอนามัย, 25(2), 56-60.

เกศรา เสนงาน, แจ่มจันทร์ กุลวิจิตร, และลักขณา คงแสง. ภาวะสุขภาพและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสุขภาพของเด็กที่รับบริการที่ฝ่ายพัฒนาเด็กปฐมวัย.วารสารพยาบาลสงขลา นครินทร์, 32(1), 11-25.

Mellers, B. A. (2000). Choice and the relative pleasure of consequences. *Psychological Bulletin*, 126(3), 910-916.

Koulouglioti, C., Cole, R., & Kitzman, H. (2009). The role of children's routines of daily living, supervision, and maternal fatigue in preschool children's injury risk. *Research in Nursing & Health*, 32(2), 517-529.

Johnson, M. E., Dose, A. M., Pipe, T. B., Petersen, W. O., Huschka, M., Gallenberg, M. M., ...

Frest, M. H. (2009). Center prayer for women receiving chemotherapy for recurrent ovarian cancer: pilot study. *Oncology Nursing Forum*, 36(3), 424-428.

1.2 บทความวารสารที่มีหมายเลขฉบับเพิ่มเติม (Supplement) ให้ใส่คำว่า Suppl. ตามด้วยหมายเลข ไว้ในวงเล็บ หลังปีที่ของวารสาร เช่น

Regien, A. A., Narrow, W. E., & Rae, D. S. (1990). The epidemiology of anxiety disorder: The epidemiology catchment area experience. *Journal of Psychiatric Research*, 24(Suppl. 2), 3-14.

Weiden, P. T. (2009). Treatment in the prodromal phase of schizophrenia improves patient outcomes. *Journal of Clinical Psychiatry*, 70(Suppl. 1), 27-31.

1.3 วารสารที่ได้รับการตอบรับการตีพิมพ์และอยู่ในระหว่างรอตีพิมพ์ ให้ใช้คำว่า “in press” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ หรือ “อยู่ระหว่างการตีพิมพ์” สำหรับเอกสารภาษาไทย แทนที่ปี พิมพ์ เช่น

Zuckerman, M., & Kieffer, S. C. (in press). Race differences in face-ism: Does facial prominence imply dominance? *Journal of Personality and Social Psychology*.

1.4 บทความวารสารที่มีลักษณะพิเศษ ให้ระบุข้อความที่บอกลักษณะพิเศษของบทความ เช่น [Editor], [Editorial], [Letter to the editor] เป็นต้น ไว้ในวงเล็บเหลี่ยม [] หลังชื่อบทความ เช่น

Lee, E. (2009). High-risk groups for charcoal-burning suicide attempt in Hong Kong, China, 2004 [Letter to the editor]. *Journal of Clinical Psychiatry*, 70(3), 431.

Marshall, D. R. (2009). Evidence-based management: Linking the data and AONE Resources [Guest Editorial]. *Journal of Nursing Administration*, 39, 197-199.

Lanzino, G., & Boccarchi, E. (2009). Posterior fossa dural arteriovenous [Editorial]. *Journal of Neurosurgery*, 111(1), 887-888.

1.5 บทความวารสารที่เผยแพร่บนอินเทอร์เน็ต ใช้คำว่า “ค้นจาก” สำหรับเอกสารภาษาไทย หรือ “Retrieved from” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ ต่อจากเลขหน้า โดยไม่ต้องใส่วันที่เข้าถึง

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อบทความ.✓ ชื่อวารสาร, ✓ ปี ที่(ฉบับที่), ✓ หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.✓ ค้นจาก
✓✓✓✓✓ http://

หลัง http:// ไม่ใส่เครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง

กุศมาแก้วอินทะจักร, คิน เลย์ คู, และกนก รัตนะกนกชัย. (2550). การทำให้ endoxylanase จาก alkaliphilic

Bacillus sp. สายพันธุ์ BK บริสุทธิ์และสมบัติในการยึดเกาะและย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ .

Thai Journal of Biotechnology, 8, 33-35.ค้นจาก

<http://www.thairesearch.in.th/about.html>

มาณี จันทรโสภา, ณวี เบาทรวง, และสุกัญญา ปริสฺณญกุล. (2555). ผลของการสนับสนุนทางสังคมต่อความเจ็บปวดในการคลอดและการรับรู้ประสบการณ์การคลอดของผู้คลอดวัยรุ่นครั้งแรก. *พยาบาลสาร*, 39(4), 71- 84. ค้นจาก

<http://www.tci-thaijo.org/index.php/cmunursing/article/view/7365/6372>

Fredrickson, B. L. (2000). Cultivating positive emotions to optimize health and well-being. *Prevention & Treatment*, 3, Article 00001a. Retrieved from <http://journala.aps.org/prevention/volume3>

Feig, D. S., Cleave, B., & Tomlinson, G. (2006). Long-term effects of a diabetes and pregnancy program: Does the education last?. *Diabetes Care*, 29(3), 526-530. Retrieved from <http://care.diabetesjournals.org/content/29/3/526.full.pdf+html>

1.6 บทความวารสารที่เผยแพร่ในรูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเผยแพร่เป็นฉบับพิมพ์ และมี

หมายเลข DOI

(Digital Object Identifier) กำกับให้ใช้เลข DOI ต่อจากเลขหน้า โดยไม่ต้องใส่เครื่องหมายหักภาค(.)

หลังเลข DOI

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พิมพ์). ✓ชื่อบทความ.✓ชื่อวารสาร, ✓ปีที่(ฉบับที่). ✓เลขหน้า.✓doi: ✓หมายเลข

ชื่อวารสารและปีที่ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

Vanderwee, K., Clays, E., Bocquert, I., Verhaeghe, S., Lardennois M., & Defloor, T. (2001). Malnutrition and nutritional care practices in hospital wards for older people. *Journal of Advanced Nursing*, 67(4), 736-746. doi: 10.1111/j.1365-2648.2010.05531.x

2. บทความในนิตยสาร หรือ หนังสือพิมพ์ (Magazine / Newspaper)

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (วัน เดือน ปี). ✓ ชื่อบทความ.✓ ชื่อ นิตยสาร หรือ หนังสือพิมพ์, ✓ ปีที่, หน้า.

ชื่อนิตยสาร หรือ หนังสือพิมพ์ และ ปี ที่ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

กิตติพงศ์ จิรวังศ์. (12 พฤศจิกายน 2557). การพัฒนาองค์กรตามแนวทาง TQA. กรุงเทพฯ: 12, หน้า 11. Bilton, N. (2014, November 12). Artificial intelligence as a threat. Bangkok Post, p. 8.

3. หนังสือ (Book)

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน. ✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อหนังสือ ✓ (ครั้งที่พิมพ์). ✓ สถานที่พิมพ์: ✓ สำนักพิมพ์.

ชื่อหนังสือ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

ชวนพิศ วงศ์สามัญ, และกล้าเผชิญ โชคบำรุง. (2546). *การตรวจทางห้องปฏิบัติการและการพยาบาล* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

เบญจา ยอดดำเนิน-แอ๊ดติงส์, และกาญจนา ตั้งชลทิพย์. (2552). *การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ: การจัดการข้อมูล การตีความและการหาความหมาย* (เอกสารวิชาการหมายเลข 245).

นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

สมภพ เรื่องตระกูล. (2550). *อาการปวด: โรคทางจิตเวชและการรักษา*. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

พลภัทร โรจน์นครินทร์. (2553). *โรคเลือดออกง่ายและหลอดเลือดอุดตันในเขตร้อน*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ สุวรรณ, อภิญา เพียรพิจารณา, และรัตนภรณ์ ศิริวัฒน์ชัยพร. (2553). *แนวคิดพื้นฐานทฤษฎีและกระบวนการพยาบาล* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โครงการสวัสดิการ สถาบันพระบรมราชชนก.

Meinert, C. L. (2012). *Clinical trials: Design, conduct, and analysis* (2nd ed.). Oxford: Oxford University Press.

Katz, M. H. (2010). *Evaluating clinical and public health interventions: A practical*

guide to study design and statistics. Cambridge, UK: Cambridge University Press.

Lawrence, R. A. (2009). *Breastfeeding: A guide for the medical profession* (4th ed.). St. Louis, MO: Mosby.

Lewe, W. (2009). *Orthopedic massage: Theory and technique* (2nd ed.). Philadelphia: Mosby Elsevier.

Martin, R. J., Fanaroff, A. A., & Walsh, M. C. (2006). *Fanaroff and Martin's neonatal – perinatal medicine: Diseases of the fetus and infant* (8th ed., Vol. 2). Philadelphia: Mosby Elsevier.

ในกรณีที่ผู้เขียนเป็นนิติบุคคลได้แก่หน่วยงาน องค์กร บริษัท และเป็นผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์ให้ใส่ชื่อย่อ หรือใส่ข้อความสั้นๆ ในส่วนของสำนักพิมพ์หรือ ผู้รับผิดชอบในการจัดพิมพ์ได้เนื่องจากได้เขียนชื่อเต็มไว้ในส่วนของผู้เขียนแล้ว เช่น WHO, The Association, The Institute, The Foundation, The Council, The Society, มหาวิทยาลัย, สถาบัน, กรม, โรงพยาบาล เป็นต้น

ตัวอย่าง

โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. ฝ่ายบริการพยาบาล. (2556). *สถิติผู้ป่วยอุบัติเหตุ ปี 2555*. สงขลา: โรงพยาบาล.

โรงพยาบาลสงขลานครินทร์. ฝ่ายบริการพยาบาล. (2554). *สถิติหอผู้ป่วยพิเศษอุบัติเหตุ ปี 2553*. สงขลา: โรงพยาบาลมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชาศัลยศาสตร์. (2555). *รายงานข้อมูลการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดหัวใจ*. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักรงานอธิการบดี. กองการเจ้าหน้าที่. (2554). *มาตรฐานกำหนดตำแหน่งพยาบาลชำนาญการ*. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

กรมควบคุมโรค. สำนักระบาดวิทยา. (2554). *สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี 2553*. นนทบุรี: กรม.

World Health Organization. (2013). *The world health report 2013: Research for universal health coverage*. Geneva: WHO.

National Council on Radiation Protection and Measurements. (1998). *Quality*

assurance for diagnostic imaging equipment. Bethesda, MD: The Council.

Chonburi Cancer Center. (2009). *Cancer incidence and mortality in Chonburi, Thailand volume II. 2003-2009*. Chonburi: The Center.

4. บทหนึ่งในหนังสือ (Chapter in book) เป็นการอ้างอิงจากเนื้อหาที่มีผู้เขียนเฉพาะบทนั้น ๆ และมี

ชื่อบรรณาธิการที่หน้าปกของหนังสือ

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียนในบท.✓ (ปี พ.ศ.). ✓ ชื่อบท.✓ ใน✓ ชื่อบรรณาธิการ ✓ (บรรณาธิการ), ชื่อหนังสือ
✓ ✓ ✓ ✓ ✓ (ครั้งที่พิมพ์, ✓ หน้าแรก-หน้าสุดท้ายของบท). ✓ สถานที่พิมพ์: ✓ สำนักพิมพ์.

ชื่อหนังสือ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

ปิยทัศน์ ทศนาวิวัฒน์. (2550). ประวัติโรคไหลตาย. ใน สุมาลี นิมนานิตย์, และปรีดา มาลาสิน (บรรณาธิการ), *โรคไหลตาย: Sudden unexplained death syndrome* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 12-25). กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.

ปภาณิจ สวงโท. (2552). โรคอุจจาระร่วง. ใน ภาสกร อัครเสวี(บรรณาธิการ), *สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี 2551* (หน้า 126-127). นนทบุรี: สำนักกระบวนวิชา กรมควบคุมโรค.

รุจิเรศ ธนุรักษ์. (2551). การพยาบาลผู้ป่วยในระยะก่อนและหลังผ่าตัด. ใน สุปราณี เสนาดีสัย, และวรรณภา ประไพ พานิช (บรรณาธิการ), *การพยาบาลพื้นฐาน แนวคิดและการปฏิบัติ* (พิมพ์ครั้งที่ 12, หน้า 677-697). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฑาทอง.

วิทยา เลิศวิริยะกุล. (2555). การให้ยาระงับความรู้สึกผู้สูงอายุ. ใน วิรัตน์ วศินวงศ์, ธวัช ชาญชญา นนท์, ศศิกานต์ นิมนานรัชต์, และธิดา เอื้อกฤดาธิการ (บรรณาธิการ), *วิสัยทัศน์วิทยาคลินิก* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 247-270). สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.

วรลักษณ์ ยมะสมิต. (2555). อาการคลื่นไส้อาเจียนในหญิงตั้งครรภ์. ใน วรพงศ์ ภู่งศ์(บรรณาธิการ),

การดูแลปัญหาที่พบบ่อยทางสูติศาสตร์(หน้า 7-16). กรุงเทพฯ: ราชวิทยาลัยสูตินรีแพทย์แห่งประเทศไทย.

ปิยวรรณ เชียงไกรเวช. (2556). การบาดเจ็บ ในหญิงตั้งครรภ์. ใน ปิยวรรณ เชียงไกรเวช, มณฑิรา ตันทนุช, และ นครชัย เผื่อนปฐม (บรรณาธิการ), *การบาดเจ็บในเด็ก* (หน้า 247-257). สงขลา: คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

Calico, P. A., Debisette, A. T., & Turbettaub, M. (2005). Nursing workforce: Challenges and opportunities. In M. M. Gullatte (Ed.), *Nursing management: Principles and practice* (4th ed., pp. 167-185). Pittsburgh, PA: Oncology Nursing Society.

Hassmiller, S., & Lumpkin, J. (2012). The role of foundations in improving health care. In D. J. Mason, J. K. Leavitt & M. W. Chaffee (Eds.), *Policy & politics in nursing and health care* (6th ed., pp. 286-291). St. Louis, MO: Elsevier.

5. หนังสือแปล

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อเรื่องของหนังสือแปล ✓ (ชื่อผู้แปล, ✓ ผู้แปล หรือ Trans.). สถานที่พิมพ์: ✓✓✓✓สำนักพิมพ์.

ชื่อเรื่องของหนังสือแปล ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

มาซาอู, อิบูกะ. (2547). *รอให้ถึงอนุบาลก็สายเสียแล้ว* (ธีระ สมิตร, และพรอนงค์ นิยมคำ, ผู้แปล). กรุงเทพฯ: หมอชาวบ้าน.

Piaget, J. (1968). *The psychology of the child* (H. Weaven, Trans.). New York: Basic Books.

6. หนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (E-Book) จากฐานข้อมูลอิเล็กทรอนิกส์

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อหนังสือ.✓ ค้นจาก <http://>

ชื่อหนังสือ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

Littleton, L. Y., & Engebretson, J. C. (2002). Maternal, neonatal, and women's health nursing.

Retrieved from <http://www.netlibrary.com/reader/>

7. บท หรือ ตอนในหนังสืออิเล็กทรอนิกส์ (Chapter in e-book from database)

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียนในบท. ✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อบท. ✓ ใน ✓ ชื่อบรรณาธิการ ✓ (บรรณาธิการ), ✓ ชื่อหนังสือ
✓✓✓✓ (ครั้งที่พิมพ์, ✓ หน้าแรก-หน้าสุดท้ายของบท). ✓ ค้นจากhttp://

ชื่อหนังสือ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

Starke, J. R. (2011). Tuberculosis: Mycobacterium tuberculosis. In R. M. Khegman, B. F.

Stanton, J. W. Geme, N. F. Schor, R. E. Behrman (Eds). *Nelson textbook of pediatrics* (9th ed., pp. 996-1011.e1). Retrieved from

<http://www.clinicalkey.com>

8. แผ่นพับ / จุลสาร

เขียนเช่นเดียวกับหนังสือแต่ใส่คำว่า [แผ่นพับ] หรือ [Brochure] [จุลสาร] หรือ [Pamphlet] หลังชื่อเรื่อง

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน. ✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อเรื่อง ✓ [แผ่นพับ]. ✓ สถานที่พิมพ์: ✓ สำนักพิมพ์.

ชื่อเรื่อง ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชาศัลยศาสตร์. (2552). *โรคจิตสืดวงทวาร:*

เรื่องพบป่วยที่ไม่ควรมองข้าม [แผ่นพับ]. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชาศัลยศาสตร์. (2552). *มารู้จักมะเร็งลำใหญ่*

และลำไส้ตรง ... กันเถอะ[แผ่นพับ]. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

National Library of Australia. (n.d.). *The Thai, Lao and Cambodia collections*

[Pamphlet]. Canberra: Autor.

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย. ฝ่ายผู้ป่วยนอก. หน่วยสุขศึกษา. (ม.ป.ป.). *คำแนะนำ*

สำหรับผู้ป่วยที่ได้รับการผ่าตัดทางนรีเวชกรรม [แผ่นพับ]. ค้นจาก

http://healthnet.md.chula.ac.th/text/forum1/takecare_sex/index.html

UpToDate. (2014). *UpToDate for institutions subscribers* [Brochure]. Waltham, MA:

Wolters Kluwer Health.

Research and Training Center on Independent Living. (1993). *Guidelines for reporting*

and writing about people with disabilities (4th ed.) [Brochure]. Lawrence, KS:

Author. *Inside these doors: A guidebook of Elfreh's Alley homes* [Brochure].

(n.d.). Philadelphia: Elfreh's Alley Association.

9. รายงานการประชุม / การสัมมนา / อภิปราย

รูปแบบ

ชื่อหน่วยงานที่จัดประชุม. ✓ (ปี พ.ม.). ✓ ชื่อเรื่องการประชุม. ✓ ชื่อการประชุม. ✓ สถานที่จัดประชุม.

ชื่อการประชุม ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

สมาคมกำหนดอาหารแห่งประเทศไทย. (2552). การกำหนดอาหารกับโลกที่เปลี่ยนแปลง. *การ*

ประชุมวิชาการกำหนดอาหารประจำปี 2552. กรุงเทพฯ.

10. บทความ / บทหนึ่งในหนังสือการประชุม (Proceedings of meeting and symposium)

1. กรณีบทความ หรือ บทหนึ่งในหนังสือการประชุม ให้เขียนเช่นเดียวกับบทหนึ่งในหนังสือ

(Chapter

in book) ชื่อการประชุม หรือ การอภิปราย ใช้ตัวเอียง และใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกทุกคำของชื่อ

การประชุม / การอภิปรายนั้น

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียนในบท. ✓ (ปี พิมพ์). ชื่อเรื่อง.✓ ใน✓ ชื่อบรรณาธิการ, ✓ (บรรณาธิการ), ✓ ชื่อการประชุม
✓ ✓ ✓ ✓ ✓ (หน้าแรก-หน้าสุดท้าย). ✓ สถานที่พิมพ์: ✓ สำนักพิมพ์.

ชื่อการประชุม ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

สุขเกษม ไชยิตเศรษฐ์, และรัตนา เตียงทิพย์. (2552). การหาโปรตีนในปัสสาวะที่บ่งชี้โรคไตด้วยวิธีโพรตีนมิกส์. ใน ขจร ลักษณะขยปรกรณ์(บรรณาธิการ), *Changes: New Trends in Medicine. การประชุมวิชาการคณะ แพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2552*(หน้า 52-59). ปทุมธานี: มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ไพฑูรย์ สีนารัตน์. (2549). การศึกษาไทยในยุคปัจจุบัน. ใน กนกวรรณ สีนสุข(บรรณาธิการ), *รายงานการสัมมนาเรื่องการศึกษาไทยในยุคโลกาภิวัตน์*(หน้า 12-19). กรุงเทพฯ: จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Deci, E. L., & Ryan, R. M. (1991). A motivational approach to self: Integration in personality. In R. Dienstbier (Ed.), *Nebraska Symposium on Motivation: Vol. 38 Perspectives on motivation* (pp.237-288). Lincoln, NM: University of Nebraska Press.

2. กรณีบทความ / โปสเตอร์ที่นำเสนอในที่ประชุม ที่ไม่ได้ตีพิมพ์เผยแพร่ (Unpublished paper or

poster session presented at meeting) ให้ระบุคำว่า “เอกสารนำเสนอในที่ประชุม” สำหรับเอกสารภาษาไทย

หรือ Paper presented at.... สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ “โปสเตอร์นำเสนอในที่ประชุม” สำหรับเอกสารภาษาไทย หรือ Poster session presented at.....สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ

รูปแบบ

ชื่อผู้นำเสนอ. ✓ (ปี, เดือนของการประชุม). ✓ ชื่อเอกสาร หรือโปสเตอร์ที่นำเสนอ. ✓ เอกสารหรือ
✓ ✓ ✓ ✓ ✓ โปสเตอร์นำเสนอในที่ประชุม ชื่อการประชุม, ✓ สถานที่จัดประชุม.

ชื่อเอกสาร หรือโปสเตอร์ ที่นำเสนอ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง เอกสารนำเสนอในที่ประชุม (Paper presented at the meeting of) เป็นฉบับพิมพ์

วันเพ็ญ ภิญญภาสกุล. (กรกฎาคม 2551). *Discharge planning: บันทึกที่ครบวงจร*. เอกสารนำเสนอในที่ประชุมวิชาการประจำปี 2551 สมาคมพยาบาลแห่งประเทศไทยเรื่องบันทึกทางการพยาบาล: สมรรถนะที่สำคัญของ วิชาชีพ, กรุงเทพฯ. ค้นจาก
[http://www.thainurse.org/images/7_9maxx/nurserec\(10\).pdf](http://www.thainurse.org/images/7_9maxx/nurserec(10).pdf)

Antani, S., Long L. R., Thomas, G. R., & Lee, D. J. (2003, September). *Anatomical Shape representation in spine X-ray images*. Paper presented at the 3rd IASTED International Conference on Visualization, Imaging and Image Processing, Benalmadena, Spain.

Sunpuwan, M. (2009, June). *Older household headship and gendered pattern of poverty*. Paper presented at the 9th Conference of Asia Pacific Sociological Association, Bali, Indonesia.

3. เอกสารนำ เสนอในที่ประชุมที่เผยแพร่บนอินเทอร์เน็ตเฉพาะบทคัดย่อ (Conference paper abstract

retrieve online) ให้เขียนคำว่า “Abstract retrieved from” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ หรือ “บทคัดย่อ ค้นจาก” สำหรับเอกสารภาษาไทย ต่อจากชื่อการประชุม เช่น

ตัวอย่าง

Johannes, A., Zollhoefer, B., Kredel, M., Roewer, R., Muellenbach, R. M. (2009, October). Maximization of oscillatory frequencies during HFOV: A long term large animal study of ARDS. Paper presented at The 2009 ASA Annual Meeting. Abstract retrieved from <http://www.asaabstracts.com/strands/asaabstracts/abstract.htm>

ตัวอย่าง โปสเตอร์นำเสนอในที่ประชุม (Poster session presented at the meeting)

Chasman, J. Kaplan R. F. (2006, June). *The effect of occupation on preserved cognitive functioning in dementia*. Poster session presented at the 4th Annual Conference of the American Academy of Clinical Neuropsychology on Excellence in Clinical Practice, Philadelphia, PA

Sunpuwan, M., Podhisita, C. (2008, September). *Asset-based approaches to measuring household / socioeconomic status: what is an approach technique for cross section and longitudinal study?*. Poster session presented at 8th INDEPTH Network Annual General and Scientific Meeting, Dar Salaam, Tanzania.

11. วิทยานิพนธ์ (Theses & Dissertations)

รูปแบบ

ตัวอย่าง

ชื่อผู้เขียน. ✓ (ปี พิมพ์). ✓ ชื่อวิทยานิพนธ์. ✓ (ระดับวิทยานิพนธ์). ✓ มหาวิทยาลัย, ✓ เมืองที่ตั้ง
✓✓✓✓ มหาวิทยาลัย.

ธนอม จันทกุล. (2554). *พฤติกรรมเชิงจริยธรรมของพยาบาลจากประสบการณ์ของผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่เข้ารับการรักษาในโรงพยาบาล*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ).

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

จรัส ลัดดาพันธ์. (2549). *การปฏิบัติของผู้บริหารการพยาบาลโรงพยาบาลทั่วไปเกี่ยวกับนโยบายและการวางแผนกำลังคนทางการพยาบาล*. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโทบริหารธุรกิจ).

มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่.

Niphawan, S. (2008). Caregiver role strain and rewards of caregiving: *A study of caring for traumatic brain injured patients in eastern Thailand*. (Doctoral dissertation). Mahidol University, Bangkok.

Caprette, C. L. (2005). Conquering the cold shudder: *The origin and evolution of snake eyes*. (Doctoral dissertation). Ohio State University, Columbus, OH.

12. รายงานการวิจัย (Technical and/ or Research report) ของหน่วยงานที่มีหมายเลขเอกสาร รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พ.ศ.). ✓ ชื่อเรื่อง ✓ (หมายเลขเอกสาร). ✓ สถานที่พิมพ์: ✓ สำนักพิมพ์.

ชื่อเรื่อง ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

เบญจา ยอดดำเนิน-แอ๊ดติงส์, อุไรวรรณ คณิงสุขเกษม, สุภาณีปลื้มเจริญ, เอื้อมพร ทองกระจาย,
และจันทร์สุตา

สุวรรณจันดี. (2549). เสียงและทางเลือกของผู้หญิงติดเชื้อเอชไอวีในประเทศไทย (เอกสารทาง
วิชาการ หมายเลข 312). นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากรและสังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

Tayama, T. (2006). *Velocity influence on detection and prediction of changes in color and motion direction* (Report No. 38, 1-20). Sapporo, Japan: Psychology Department, Hokkaido University.

13. รายงานการวิจัย (Technical and/ or Research report) ของหน่วยงานที่มีหมายเลขเอกสาร และเผยแพร่บนอินเทอร์เน็ต

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.✓ (ปี พ.ศ.). ✓ ชื่อเรื่อง ✓ (หมายเลขเอกสาร). ✓ ค้นจากhttp://

ชื่อเรื่อง ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

Deming, D., & Dynarski, S. (2008). *The lengthening of childhood* (NBER Working Paper 14124). Cambridge, MA: National Bureau of Economic Research. Retrieved from <http://www.nber.org/paper/w1424>

Congressional Budget Office. (2008). *Effects of gasoline prices on driving behavior and vehicle markets: A CBO study* (CBO Publication No. 2883). Retrieved from <http://www.cbogov/ftpdocs/88xx/doc8893/01-14-GasolinePrices.pdf>

National Mental Health Information Center. (2004). *Mental health consumers and members of faith-based and community organization in dialogue* (DHHS Publication No. (SMA): 04-3868). Retrieved from <http://mentalhealth.samhsa.gov/publications/allpubs/SMA04-3868/default.asp>

14. เอกสารจากเว็บไซต์ (Web site) ใช้คำว่า “ค้นจาก” หรือ “Retrieved from” หลังชื่อเรื่อง โดยไม่ต้องใส่วันที่เข้าถึง

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน. ✓ (ปี พิมพ์). ✓ชื่อเรื่อง.✓ค้นจาก <http://>

ชื่อเรื่อง ใช้ตัวเอียง และ หลัง <http://> ไม่ใส่เครื่องหมายมหัพภาค(.)

ตัวอย่าง

นิภา ผ่องพันธ์. (2552). *เปิดโลกทัศน์ให้ ผู้สูงอายุ*. ค้นจาก

http://www.suanprung.go.th/article_new

สำนักอนามัยสิ่งแวดล้อม. (2552). *งานรณรงค์สถานีนขนส่งสะอาด ป้องกันการระบาดไข้หวัดใหญ่สาย*

พันธุ์ใหม่ ชนิด A H1N1. ค้นจาก <http://203.157.64.26ewtadmin/emv/ewt>

ขจรศักดิ์ ศิลปะโกชากุล. (ม.ป.ป.). *คำแนะนำการกำจัดลูกน้ำยุงลายในภาชนะต่างๆ*. ค้นจาก

http://medinfo.psu.ac.th/pr/pr2008/Pr20081119_Mosquito.pdf

ผกายมาศ กิตติวิทยากุล. (2550). *คู่มือการดูแลผู้ป่วยเด็กโรคลมชัก*. ค้นจาก

http://medinfo.psu.ac.th/pr/pr2008/Epilepsy_in_Children.pdf

Centers for Disease Control and Prevention. (2003). *Take charge of your diabetes*.

Retrieved from <http://www.cdc.gov/diabetes/pubs/paf/ted.pdf>

Wong, A. W. (2009). *Pregnancy postpartum infections*. Retrieved from

<http://emedicine.medscape.com/article/796892-overview>

Center to Advance Palliative Care. (2014). *Palliative care facts and stats*. Retrieved

from <http://www.capc.org/news-and-events/press-kit/press-kit-palliative-care-facts.pdf>

การใช้เครื่องหมายวรรคตอน และการเว้น 1 ตัวอักษรในรายการอ้างอิง

เครื่องหมาย	ชื่อเรียก	การใช้ในรายการอ้างอิง
.	มหัพภาค (full stop)	1. ใช้หลังชื่อผู้เขียน ชื่อเรื่อง 2. ใช้หลังข้อความที่อยู่ในวงเล็บของ ปีพิมพ์ ครั้งที่พิมพ์ 3. ใช้หลังสำนักพิมพ์ 4. ใช้หลังเลขหน้า ในการเขียนอ้างอิงบทความวารสาร 5. ใช้หลังข้อความที่อยู่ในวงเล็บเหลี่ยม ในการเขียนอ้างอิง แผ่นพับ จุลสาร และวิทยานิพนธ์ ยกเว้น หลัง http:// ในการเขียนอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์ ไม่ต้องใส่เครื่องหมายมหัพภาค
,	จุลภาค (comma)	1. ใช้คั่นหลังชื่อผู้เขียน หรือชื่อบรรณาธิการมากกว่า 1 คน 2. ใช้หลังชื่อบรรณาธิการ และชื่อหนังสือ ในการเขียนอ้างอิง บท

		หนึ่งในหนังสือ 3. ใช้หลังครั้งที่พิมพ์และเลขหน้า ในการเขียนอ้างอิงบทหนึ่งในหนังสือ 4. ใช้หลังชื่อวารสาร ฉบับที่ ในการเขียนอ้างอิงบทความวารสาร 5. ใช้หลังชื่อมหาวิทยาลัย ในการเขียนอ้างอิงวิทยานิพนธ์
:	ทวิภาค (colon)	1. ใช้หลังชื่อเรื่องย่อ 2. ใช้หลังชื่อเมืองที่พิมพ์ 3. ใช้หลัง http:// ในการเขียนอ้างอิงเอกสารอิเล็กทรอนิกส์
()	วงเล็บกลม (parentheses)	1. ใช้กับปีพิมพ์ 2. ใช้กับชื่อบรรณาธิการ ในการเขียนอ้างอิงบทหนึ่งในหนังสือ 3. และเอกสารการประชุม 4. ใช้กับฉบับที่ ในการเขียนอ้างอิงบทความวารสาร 5. ใช้กับครั้งที่พิมพ์ในการเขียนอ้างอิงหนังสือ 6. ใช้กับเลขหน้า ในการเขียนอ้างอิงบทหนึ่งในหนังสือ 7. ใช้กับครั้งที่พิมพ์และครั้งที่พิมพ์ + หน้า ในการเขียนอ้างอิงบทหนึ่งในหนังสือ เอกสารการประชุม 8. ใช้กับระดับปริญญา ในการเขียนอ้างอิงวิทยานิพนธ์
-	ยัติภังค์ (hyphen)	1. ใช้แสดงช่วงจำนวนหน้า ในการเขียนอ้างอิงบทความวารสาร

		บทหนึ่งในหนังสือ และเอกสารการประชุม
[]	วงเล็บเหลี่ยม (square brackets)	1. ใช้กับข้อความที่บอกประเภทของข้อมูลในการเขียนอ้างอิง แผ่นพับ และจุลสาร

หมายเหตุ หลังเครื่องหมายดังต่อไปนี้ให้เว้น 1 ตัวอักษร

. เครื่องหมายมหัพภาค

, เครื่องหมายจุลภาค

: เครื่องหมายทวิภาค

การใช้ตัวเอียง ได้แก่ ชื่อหนังสือ ชื่อบทหนึ่งในหนังสือ ชื่อวารสาร ปีที่ของวารสาร

ชื่อการประชุม ชื่อแผ่นพับ ชื่อวิทยานิพนธ์ ชื่อรายงานการวิจัย

ชื่อเอกสารจากเว็บไซต์

บรรณานุกรม

เทิดศักดิ์ ไม้เท้าทอง. (2554). การอ้างอิงทรัพยากรสารสนเทศอิเล็กทรอนิกส์ตามรูปแบบของ APA.

วารสารบรรณารักษศาสตร์, 31(1), 1-22.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คณะพยาบาลศาสตร์. (2556). การเขียนบรรณานุกรมและเอกสารอ้างอิง.

(อัดสำเนา). สงขลา: คณะพยาบาลศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

American Psychological Association. (2010). *Publication manual of the American Psychological Association*

(6th ed.). Washington, D.C.: The Association.

Curtain University Library. (2012). *APA 6th referencing*. Retrieved from

<http://libguides.library.curtin.edu.au/>

Monash University Library. (2012). *American Psychological Association (APA) style examples*.

Retrieved from <http://guides.lib.monash.edu/citing-referencing/ap>

Research Article.

- The Production of Paper from Krajoood Waste Mixed with Waste Paper from the Office for Community Product Development
- Comparison of Mattayomsuksa II Students' Learning Achievement in Mathematics on Quadratic Equations being Taught Through CIPPA and The Traditional Teaching Method
- Diversity of Larvae of Mayflies, Stoneflies and Caddisflies (Order Ephemeroptera, Plecoptera and Trichoptera) in Sritaksin and Bale Waterfalls, Hala-Bala Wildlife Sanctuary, Narathiwat Province
- Product Development of Crispy Riceberry Snack Bar
- Effect of Chlorine Dioxide (ClO_2) on sterilization and growth of Leb Nok Pattani Rice
- The Effect of Herbal Tea Infusion Time on Active Constituents Contents in Three Herbal Plants
- Immobilization of Purple Sweet Potato Extract in Natural Rubber Film: A Potential Application for the Detection of Fe(III)

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

โทร. 0-99-4169355

<https://www2.st.pnu.ac.th/journal/index.php>

E-mail: journal_sci@pnu.ac.th



วารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์
99 หมู่ 8 ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดราชบุรี 96000
โทรศัพท์/โทรสาร 073-709030 ต่อ 1173
อีเมล: journal_sci@pnu.ac.th