



วารสารวิทยาศาสตร์ปริดิยาร

PRIDIYATHORN SCIENCE JOURNAL

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม - ธันวาคม 2566
Vol.2 No.2 July - December 2023



คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี
มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์



วารสารวิทยาศาสตร์ปริดิยาร

Pridiyathorn Science Journal

บทความวิจัย

- ผลของตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันที่มีต่อความทนทานต่อแรงกระแทกและการดูดซับน้ำของแผ่นไม้อัดจากผงต้นหญ้าแห้ง Effect of Polyvinyl Acetate Emulsion Adhesives on the Impact Resistance and Water Absorption of Dry Grass Powder Plywood
- ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วง Studying the Anthocyanin Stability of in Purple Sweet Potato Extracts
- การพัฒนาสารเคลือบกันน้ำด้วยพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) สำหรับเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์กระจุต Development of Water-Repellent Coating from P(VDF-HFP) Polymer for Krajoood Product Substrate
- ผักพื้นบ้านที่มีสารประกอบโพลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระสูงในจังหวัดนราธิวาส High Polyphenols, Total Flavonoids and Anti-oxidant Content of the Local Vegetables in Naradhiwas Province
- การศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่งตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 The Nature of Mathematical Conceptual Understanding of Grade 6 Students on Weight Measurement Based on APOS Theory
- การเปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินในการยับยั้งแบคทีเรีย Comparison of Musa sapientum (ABB group) cv 'KLuai Hin' Peel Extracts for Antibacterial Activity

บทความวิชาการ

- ปัญหาบางประการเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต Some Common Algebraic Misconceptions ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

วารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์ฯ รับพิจารณาตีพิมพ์ผลงานทางวิชาการประเภท บทความวิจัย บทความวิชาการ ทั้งนี้บทความต้องไม่เคยตีพิมพ์ในวารสารอื่นใดมาก่อนนับจากวันที่ผู้เขียนได้ส่งบทความต้นฉบับนี้มายังกองบรรณาธิการ

วัตถุประสงค์ การจัดทำวารสารวิชาการคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ถือเป็นภารกิจสำคัญของคณะในการส่งเสริมให้บุคลากรทั้งภายในและภายนอกหน่วยงานได้เผยแพร่ผลงานวิชาการสู่หน่วยงานภายนอกและความก้าวหน้าทางวิชาการในสาขาต่างๆ ของคณะ และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลทางวิชาการ ตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานทางวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยรับพิจารณาตีพิมพ์บทความวิชาการด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยนำเสนอเป็นบทความวิชาการหรือบทความวิจัยที่เป็นภาษาไทยหรือภาษาอังกฤษ และกำหนดตีพิมพ์ปีละ 2 ฉบับ (มกราคม-มิถุนายน และ กรกฎาคม-ธันวาคม)

สำนักงาน กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์ฯ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000
โทร. 09-9416-9355 <https://www2.st.pnu.ac.th/journal/index.php>
E-mail: journal_sci@pnu.ac.th

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จรรักษ์ พลาชัย รองศาสตราจารย์ ดร.รสสุคนธ์ แสงมณี ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปรีชา สะแลแม ศาสตราจารย์ ดร.ประนอม จันทรโณทัย รองศาสตราจารย์ ดร.พงษ์พิชิต จันทร์นุ้ย รองศาสตราจารย์ ดร.กนกพร สังขรักษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นุริน ตือเร๊ะ อาจารย์ ดร.อาสสัน ทิเล ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.กิตติยา ถาวโรฤทธิ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โรสนี จริยะมาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุชาดา แสงวิมาน	กองบรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวล บินพะยูนีย์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สาธิตา สมานพมาน อาจารย์ ดร.สาพิตรี นาแว อาจารย์ ดร.นาริสา บินพะยูนีย์ อาจารย์ ดร.นนทกร ประชุมกาเยาะมาต อาจารย์สุรลักษณ์ มะ อาจารย์ศิรินุช ตัวงสุข อาจารย์วิจิตรา เณตฉิม
บรรณาธิการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นรรัตน์ วัฒนาพันธ์ ผู้ช่วยบรรณาธิการ อาจารย์ ดร.นุรอาหมาลี ตีนามอ อาจารย์ ดร.จิตติมา มานะการ อาจารย์ ดร.มนทกานต์ พิมเสน อาจารย์ ดร.นกรือซง โต๊ะลือบาจิ	
กองจัดการ อาจารย์ ดร.อิรฟาน มะแซสาอิ อาจารย์สิทธิเดช ชูด้วง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สุพจน์ แสนสุข อาจารย์ ดร.อิบรอฮีม ซาโยะ อาจารย์ ดร.รวีวรรณ วัฒนายน นางสาววันนี ทองสุวรรณ	นางสาวอาภรณ์ นงรัตน์ นางสาวศิริวรรณ จันทรโชติ
เจ้าของ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัย นราธิวาสราชนครินทร์ กำหนดออก ปีที่ 2 ฉบับ ดังนี้ ฉบับที่ 1 มกราคม – มิถุนายน ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม	
วารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์เป็นวารสารที่มีผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเนื้อหาบทความเพื่อลงตีพิมพ์จำนวน 3 ท่านต่อบทความ และ บทความหรือข้อคิดเห็นใด ๆ ที่ปรากฏในวารสารมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ เป็นวรรณกรรมของผู้เขียน บรรณาธิการหรือมหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ไม่จำเป็นต้องเห็นด้วย	

สารจากคณบดี

วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร นับเป็นสื่อกลางหนึ่งทางวิชาการที่ทำให้เกิดการแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ด้านวิชาการ งานวิจัย โดยมีการตีพิมพ์บทความวิจัยและบทความวิชาการทางด้านวิทยาศาสตร์พื้นฐาน วิทยาศาสตร์ประยุกต์ วิทยาการคอมพิวเตอร์และเทคโนโลยี จึงเป็นแหล่งเรียนรู้ด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 มีบทความวิจัยด้านต่างๆ ประกอบด้วย ชีววิทยา ฟิสิกส์ เคมี และคณิตศาสตร์และสารสนเทศ โดยวารสารมีจุดมุ่งหมาย เพื่อเผยแพร่ งานวิจัยและนวัตกรรม เป็นแหล่งเรียนรู้ที่จะทำให้เกิดการพัฒนาต่อยอดความรู้ ทำให้เกิดการเรียนรู้ได้ตลอดชีวิต (Life-long Learning) ซึ่งวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นศาสตร์พื้นฐานที่มีความสำคัญต่อการพัฒนากำลังคนของประเทศ โดยเฉพาะอย่างยิ่งบุคลากรทางการศึกษา ครู อาจารย์ นักวิทยาศาสตร์หรือนักวิจัย นักเรียน นักศึกษา อันจะนำมาสู่การสร้างองค์ความรู้ใหม่หรือนวัตกรรม

ขอขอบคุณผู้ทรงคุณวุฒิประจำกองบรรณาธิการ ผู้ทรงคุณวุฒิกลั่นกรองบทความ ภายนอก ที่ให้ความอนุเคราะห์และเสียสละเวลาให้คำปรึกษาและพิจารณาบทความ รวมทั้งกองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร ที่มุ่งมั่นทุ่มเทแรงกายแรงใจในการทำงาน อีกทั้งนักวิจัยที่ให้ความสำคัญในการพัฒนางานวิชาการ และท้ายสุดนี้หวังว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านในโอกาสต่อไป

ผศ.ดร.กิตติยา ถาวโรฤทธิ์

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

บทบรรณาธิการ

“วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร” เป็นวารสารที่จัดทำขึ้นโดยคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ ตีพิมพ์ฉบับประจำเดือนกรกฎาคม – ธันวาคม พ.ศ. 2566 เป็นฉบับที่ 4 ด้วยวัตถุประสงค์หลักคือ เพื่อเผยแพร่ผลงานวิชาการ งานวิจัย และนวัตกรรม ด้านวิทยาศาสตร์แขนงต่างๆ สู่หน่วยงานภายนอก และยังเป็นการสร้างเครือข่ายเผยแพร่ข้อมูลวิชาการตลอดจนถ่ายทอดเทคโนโลยี ผลงานวิชาการในรูปแบบสื่อออนไลน์ โดยในฉบับนี้มีผู้สนใจส่งบทความเพื่อตีพิมพ์เป็นจำนวน 7 เรื่อง

บรรณาธิการใคร่ขอขอบพระคุณผู้นิพนธ์ทุกท่านที่ให้ความสนใจส่งผลงานมาตีพิมพ์ในวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร ขอขอบพระคุณคณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตลอดจนผู้บริหารที่สนับสนุนให้มีการจัดทำวารสารขึ้น ขอขอบพระคุณที่ปรึกษาวารสารที่ช่วยให้คำแนะนำในการจัดทำวารสาร ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ช่วยประเมินคุณภาพของบทความ และขอขอบคุณกองบรรณาธิการทุกท่านที่ร่วมดำเนินการเพื่อให้วารสารสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธรจะเป็นประโยชน์ต่อนักวิจัย นักวิชาการ ผู้อ่านและผู้สนใจทุกท่าน

บรรณาธิการ

สารบัญ...

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
ผลของตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซิเตดอิมัลชันที่มีต่อความทนทานต่อน้ำและการดูดซับน้ำของแผ่นไม้อัดจากผงต้นหญ้าแห้ง กร ทักษพัฒน์กุล อารมณ ปุเต๊ะ อนุสา สุวรรณวงศ์ สุชาดา แสงวิมาน อาหาหมัด อารูณ ยัสมีง สะแม ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วง	 1 11	Effect of Polyvinyl Acetate Emulsion Adhesives on the Impact Resistance and Water Absorption of Dry Grass Powder Plywood Korn Taksapattanakul Arom Puteh Anusa Suwanwong Suchada Saengwiman Ahamad Arun Hasming Samae Studying the Anthocyanin Stability of in Purple Sweet Potato Extracts
ศาลума สمانหมาน โซเฟีย ดือราชิงมาโม่ง อิรฟาน มะแซฮายี การพัฒนาสารเคลือบกันน้ำด้วยพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) สำหรับเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์กระจุ๊ดจู้พร ยี่นนาน ชัยภรณ์ แก้วอ่อน อภิรินทร์ตัน ชันแกลัว อุไรวรรณ วันทอง ฉัตรชัย สังข์มุติ ผักพื้นบ้านที่มีสารประกอบโพลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระสูงในจังหวัดนราธิวาส	 22 33	Saluma Samanman Sofia Duerasingmamong Irfan Masaesai Development of Water-Repellent Coating from P(VDF-HFP) Polymer for Krajoood Product Substrate Jureeporn Yuennan Chaiporn Kaew-on Aphinrat Khanklaeo Uraiwn Wanthong Chatchai Sangputd High Polyphenols, Total Flavonoids and Anti-oxidant Content of the Local Vegetables in Naradhiwas Province
ภูรวินทร์ สนิต จารุวรรณ แแดงโรจน์ พงษ์พันธ์ สุขสุพันธุ์ วรชมน วัทฒนาโยน		Poohrawind Sanitt Charuwat Daengrot Pongpan Suktupan Wassamon Wattanayon

ปีที่ 2 ฉบับที่ 2 กรกฎาคม – ธันวาคม 2566

สารบัญ...

บทความวิจัย	หน้าที่ Page	Research Article
การศึกษารูปร่างของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่งตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 นนทกร ประชุมกาเยาะมาต จิตติมา มานะการ โรสนี้ จริยะมาการ ยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์ นุรีดา อูมา การเปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินในการยับยั้งแบคทีเรีย สุชาดา แสงวิมาน จารุวรรณ ประดับแสง สกวารัตน์ เบ็นดิอราแม ณภัทร บุรพนาวิบูลย์	43 58	The Nature of Mathematical Conceptual Understanding of Grade 6 Students on Weight Measurement Based on APOS Theory Nonttakorn Prachumkayohmat Chittima Manakarn Rosnee Chariyamakarn Yupawan Srisawat Nureeda Umar Comparison of Musa sapientum (ABB group) cv ‘KLuai Hin’ Peel Extracts for Antibacterial Activity Suchada Saengwiman Charuwan Pradabsang Sakaorat Bendueramae Naphat Buraphanawibun
บทความวิชาการ	หน้าที่ Page	Academic article
ปัญหาบางประการเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต นนทกร ประชุมกาเยาะมาต โรสนี้ จริยะมาการ จิตติมา มานะการ ยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ์ สุรลักษณ์ มะ	71	Some Common Algebraic Misconceptions Nonttakorn Prachumkayohmat Rosnee Chariyamakarn Chittima Manakarn Yupawan Srisawat Sureeluk Ma

ผลของตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันที่มีต่อความทนทานต่อแรงกระแทกและการดูดซับน้ำของแผ่นไม้อัดจากผงต้นหญ้าแห้ง

Effect of Polyvinyl Acetate Emulsion Adhesives on the Impact Resistance and Water Absorption of Dry Grass Powder Plywood

กร ทักพัฒน์กุล^{1*} อารมณ ปุเต๊ะ^{1**} อนุสา สุวรรณวงศ์^{1***} SUCHADA Saengwiman^{1****}

อาหาหมัด อารุณ¹ และฮัสมีง สะแม¹

Korn Taksapattanakul^{1*}, Arom Puteh^{1**}, Anusa Suwanwong^{1***}, Suchada Saengwiman^{1****},

Ahamad Arun¹ and Hasming Samae¹

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted: 20 November,2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาผลของตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันที่มีต่อความทนทานต่อแรงกระแทกและการดูดซับน้ำของแผ่นไม้อัดจากผงต้นหญ้าแห้ง ซึ่งแผ่นไม้อัดเตรียมจากผงต้นหญ้าแห้งที่ผ่านการบดและผสมกับตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันที่อัตราส่วนระหว่างผงต้นหญ้าแห้งต่อตัวเชื่อมประสาน คือ 1:0.2 1:0.4 1:0.6 1:0.8 1:1 และขึ้นรูปแผ่นไม้อัดด้วยเครื่องอัดไฮดรอลิกที่อุณหภูมิ 170 องศาเซลเซียส เวลา 10 นาที ความทนทานต่อแรงกระแทกทดสอบด้วยวิธีการที่สอดคล้องกับมาตรฐานการทดสอบ ISO 7765-1:1988 และการดูดซับน้ำทดสอบด้วยวิธีการที่สอดคล้องกับมาตรฐานการทดสอบ ASTM D570-98 จากการทดสอบความทนทานต่อแรงกระแทกและการดูดซับน้ำของแผ่นไม้อัดจากผงต้นหญ้าแห้งผสมตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันพบว่า เมื่อปริมาณสัดส่วนของตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันที่เพิ่มขึ้น ส่งผลให้ความทนทานต่อแรงกระแทกเพิ่มขึ้นและการดูดซับน้ำลดลง ซึ่งแผ่นไม้อัดจากผงต้นหญ้าแห้งผสมตัวเชื่อมประสานพอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชันที่อัตราส่วน 1:1 มีความทนทานต่อแรงกระแทกที่ดีที่สุดและการดูดซับน้ำน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผงต้นหญ้าแห้ง แผ่นไม้อัด พอลิไวนิลอะซีเตตอิมัลชัน การดูดซับน้ำ ความทนทานต่อแรงกระแทก

^๑ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวราชนครินทร์

^๑ Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Naradhiwas, Thailand

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

**Corresponding Author, E-mail: arom.p@pnu.ac.th

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

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

Abstract

This research studied the effect of polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) on the impact resistance and water absorption of plywood from a dry grass powder (DGP). The plywood was prepared using dry grass powder mixed with polyvinyl acetate emulsion adhesives at 1:0.2, 1:0.4, 1:0.6, 1:0.8, 1:1 of DGP:PVAcEA ratio and formed a plywood with a hydraulic press machine at 170 °C of temperature for 10 minutes. The impact resistance was tested according to ISO 7765-1:1988, and water absorption was measured according to ASTM D570-98. It was found that the impact resistance increased, and water absorption decreased with the increase of polyvinyl acetate emulsion adhesives. The DGP: PVAcEA ratio at 1:1 showed the highest impact resistance and lowest water absorption.

Keywords: Dry grass powder, Plywood, Polyvinyl acetate emulsion, Water absorption, Impact resistance

Introduction

Plywood production uses natural wood as the main material. As a result, the number of trees in the forests of Thailand decreased. The increasing population resulted in the demand for wood materials in the construction industry design and various inventions. There is also an increase of plywood as a component. Moreover, the consumption of wood resources is insufficient to meet the needs of the population. For this reason, researchers studied how to use other materials to replace natural wood in plywood production such as cattail (Phonieu, 2016), sawdust (Klinpikul, 2014), oil palm biomass (Abdul Khalil et al., 2010), rice starch (Soubam et al., 2022), dioscorea alata stem fibers (Okafor et al., 2022), gmelina arborea trees (Tenorio et al., 2011). There is one important component in the plywood process is an adhesive. Many studies reported the adhesive development in plywood manufacturing. They used a soya-based

adhesive (Buddi et al., 2015; Muttill et al., 2014), Finely milled kenaf core as a binder (Okuda and Sato, 2007), formaldehyde-based adhesive (Sahoo et al., 2014), chitosan as bio-adhesive (Talaie et al., 2022), soya based phenolic resin (Mamatha et al., 2011), alternative castor oil-based polyurethane adhesive (Dias and Lahr, 2004), HDPE resins as adhesives (Chang et al., 2018), soy flour-polyepoxide adhesive (Huang et al., 2011), nanocellulose-reinforced phenol-formaldehyde resin (Lengowski et al., 2020), peanut meal as plywood adhesives (Chen et al., 2018), lignin-glyoxal resins as adhesives (Esfandiyari et al., 2019) in the processing of plywood. However, researchers are still studying other materials to replace natural materials and to develop an adhesive for plywood production to increase advantage and reduce costs.

Therefore, this research is interested in using dry grass (waste materials) and polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) in the processing of plywood. The effect of polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) on the impact resistance and water absorption were studied.

Materials and methods

Materials

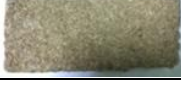
The dry grass was collected from various areas (faculty of science and technology, Princess of Naradhiwas university, Narathiwat, Thailand). Polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA, 50 % of emulsion) were purchased from Penang trading company limited (Narathiwat, Thailand).

Plywood preparation

The plywood was prepared using dry grass powder (dry grass masticated using Retsch cutting mill (Germany) at 1,500 rpm, 0.25 mm x 0.30 mm of grid dimension) mixed with polyvinyl acetate emulsion adhesives as follow in Table 1 and formed a plywood with mold dimensions of 10 cm x 5 cm x 4 mm using a hydraulic press machine and a pressure of 0.05

MPa was applied at 170 ± 5 °C of temperature for 10 minutes. The dry grass powder plywood (Table 1) was placed for 24 hours at room temperature (23 ± 1 °C).

Table 1 Formulation of dry grass powder (DGP) and polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA)

Sample no.	DGP:PVAcEA		Dry grass powder plywood
	DGP (g)	PVAcEA (g)	
1	100	20	
2	100	40	
3	100	60	
4	100	80	
5	100	100	

Measurements

The impact resistance was tested according to ISO 7765-1:1988. The samples were prepared with dimensions of 10 cm x 5 cm x 4 mm and placed on the floor. The free-falling ball (a tennis ball is 170 g, Diameter is 6.35 - 6.67 cm, free-falling force is 1.66 N) was released from a 1 ± 0.2 m of height to fall on the center of the test sample with gravitational potential energy (E_p) is 1.66 ± 0.3 J and recorded the number of free-falling balls released until the test sample was fractured. This method was repeated three times.

The water absorption was measured according to ASTM D570-98. The test sample shall be in the form of 5 cm x 5 cm x 4 mm dimensions. The conditioned samples shall be placed in a container of water maintained at a room temperature of 23 ± 1 °C and shall be entirely

immersed. At the end of 24 h, the samples shall be removed from the water and wiped off with dry cotton on the surface samples and weighed immediately and recorded. This method was repeated three times. The percentage of water absorption is calculated using the following equation:

$$\text{Water Absorption, WAb (\%)} = \frac{W_{IM} - W_{OR}}{W_{OR}} \times 100$$

where WAb is the water absorption, W_{IM} is the weight samples after water immersion and W_{OR} is the weight samples before water immersion.

Results and Discussion

The effect of polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) on the impact resistance of dry grass powder plywood was presented in Figure 1. It showed that the number of free-falling balls increased with the increase of polyvinyl acetate emulsion adhesive. It may be due to the crosslink of PVAcEA (Lu et al, 2011) was occurred and resulted in the adhesion between the dry grass powder and PVAcEA of plywood increased. It effected the impact resistance of plywood increased as presented in Figure 1 with the PVAcEA increased.

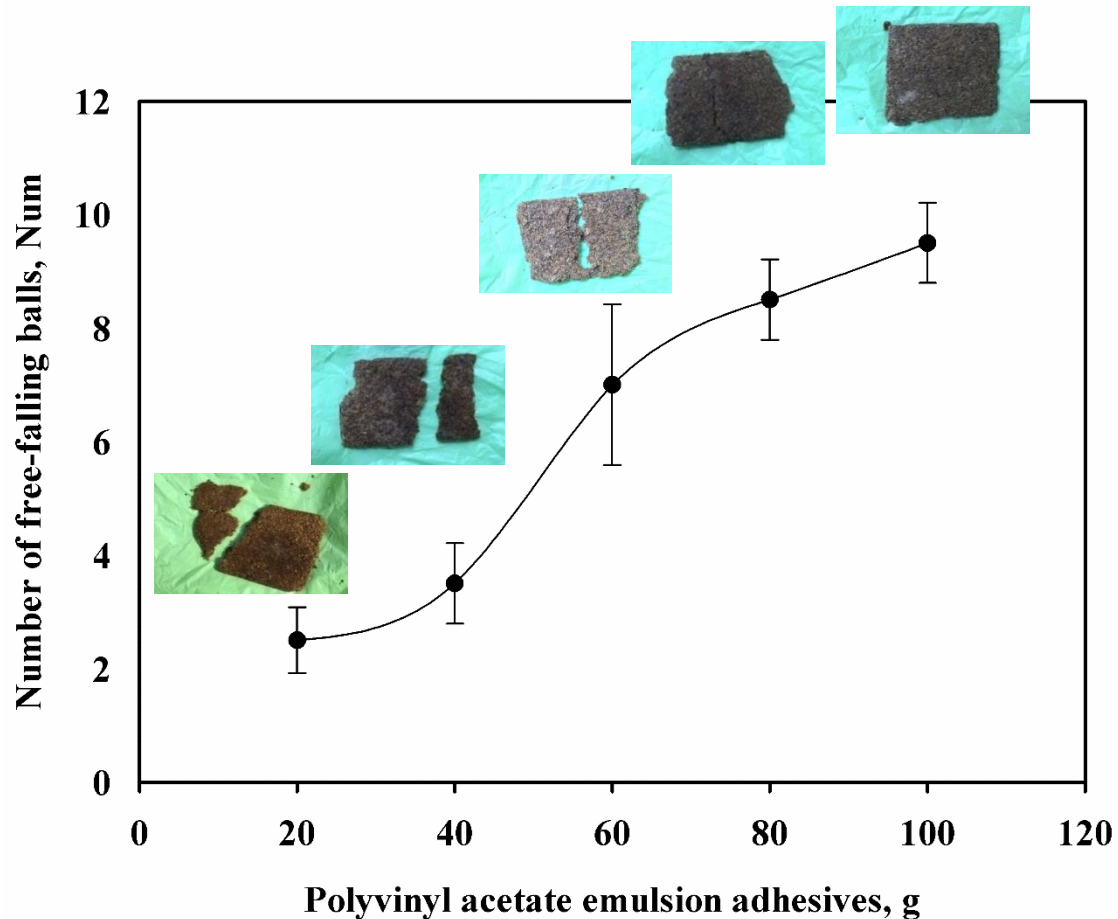


Figure 1 Number of free-falling balls (Num) and polyvinyl acetate emulsion adhesive (g) on the impact resistance of dry grass powder plywood

The effect of polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) on the water absorption of dry grass powder plywood was shown in Figure 2. The PVAcEA at 20 g, the water absorption was undetected. It may be due to the emulsion state of the PVAcEA, which resulted in the efficiency of adhesion decreasing. It affected the plywood can easily swell and lose shape which leads to the plywood splitting apart and decomposing on water immersion for 24 h. Meanwhile, the water absorption decreased with the increase of the PVAcEA. Because the adhesion between the PVAcEA and dry grass powder of plywood increased and the crosslink of the PVAcEA (Lu et al., 2011) increased with the increase of the PVAcEA. It resulted in the

difficulty swelling of the plywood while immersed in water which in turn causes water absorption of the plywood decreased.

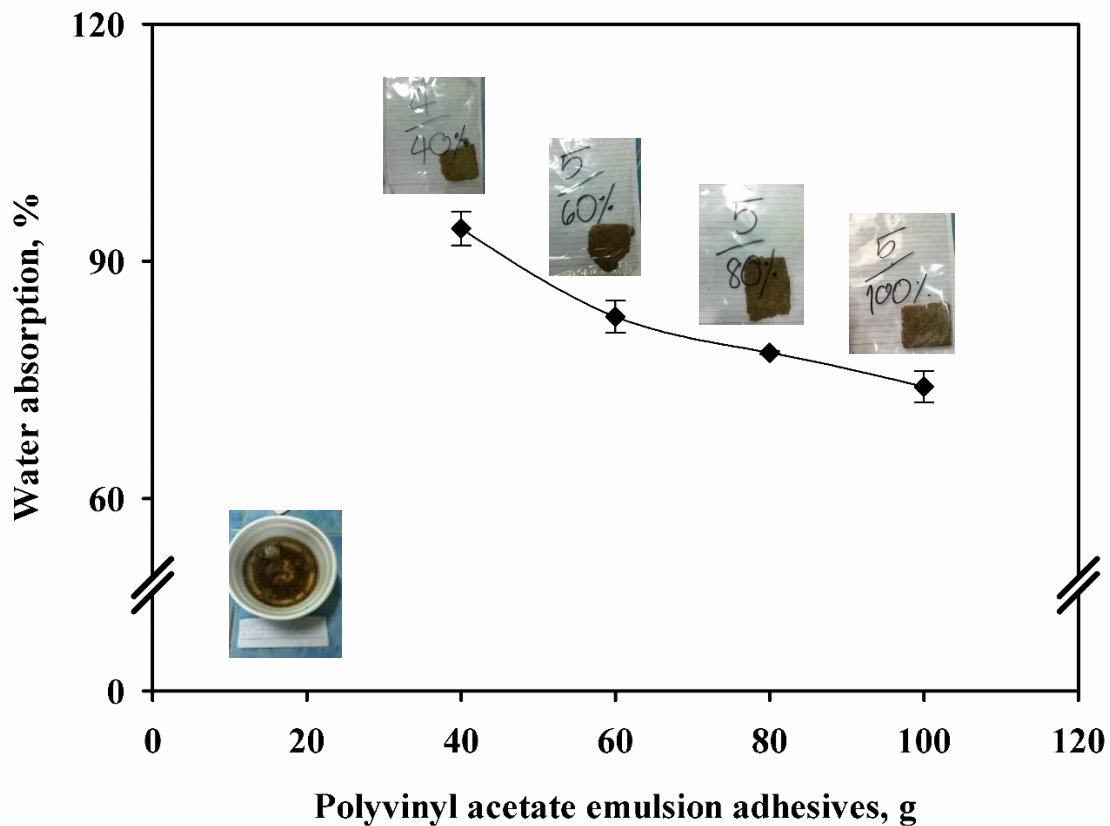


Figure 2 Water absorption (%) and polyvinyl acetate emulsion adhesive (g) of dry grass powder plywood

Conclusion

The plywood using dry grass (waste materials) as powder and polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) was prepared. Impact resistance and water absorption were studied in this work. The effect of polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) on the impact resistance of dry grass powder plywood showed that the number of free-falling balls increased with the increase of polyvinyl acetate emulsion adhesive and the impact resistance of plywood increased. The effect of polyvinyl acetate emulsion adhesives (PVAcEA) on the water absorption

of dry grass powder plywood was found that the water absorption decreased with the increase of the PVAcEA. The DGP of 100 g and PVAcEA of 100 g showed the highest impact resistance and lowest water absorption.

Acknowledgements

The authors thank the faculty of science and technology, Princess of naradhiwas university for providing the funding (2,000 Baht) for the senior project research.

References

- ASTM D 570-98 Standard Test Method for Water Absorption of Plastics. USA
- Buddi, T., Muttill, N., Rao, B. N., & Singh, S. K. (2015). Development of a soya based adhesive in plywood manufacturing. *Materials Today: Proceedings*, 2(4-5), 3027-3031.
- Chang, L., Tang, Q., Gao, L., Fang, L., Wang, Z., & Guo, W. (2018). Fabrication and characterization of HDPE resins as adhesives in plywood. *European Journal of Wood and Wood Products*, 76, 325-335.
- Chen, Y., Shi, A., & Wang, Q. (2018). Peanut meal as plywood adhesives: preparation and characterization. *Journal of Adhesion Science and Technology*, 32(22), 2450-2463.
- Dias, F. M., & Lahr, F. A. R. (2004). Alternative castor oil-based polyurethane adhesive used in the production of plywood. *Materials Research*, 7, 413-420.
- Esfandiyari, M. R. T., TalaeiPour, M., Khademoleslam, H., Shokraei, S. A. M., & Bazayr, B. (2019). Investigating the possibility of making lignin-glyoxal resins as adhesives in the production of plywood. *BioResources*, 14(3), 7122-7133.
- Huang, J., Li, C. & Li, K. (2012). A new soy flour-polyepoxide adhesive system for making interior plywood. *Holzforschung*, 66(4), 427-431.

- ISO 7765-1:1988 Plastics film and sheeting — Determination of impact resistance by the free-falling dart method — Part 1: Staircase methods. Switzerland
- Klinpikul, N. (2557). A study of fiberboard sheets made of sawdust with the use of lac as adhesive. The Research Project, Rajamangala University of Technology Krungthep. (in Thai)
- Khalil, H. A., Fazita, M. N., Bhat, A. H., Jawaid, M., & Fuad, N. N. (2010). Development and material properties of new hybrid plywood from oil palm biomass. *Materials & Design*, 31(1), 417-424.
- Lu, J., Easteal, A. J., & Edmonds, N. R. (2011). Crosslinkable poly (vinyl acetate) emulsions for wood adhesive. *Pigment & Resin Technology*, 40(3), 161-168.
- Lengowski, E. C., Bonfatti Júnior, E. A., Dallo, R., Nisgoski, S., Mattos, J. L. M. D., & Prata, J. G. (2021). Nanocellulose-reinforced phenol-formaldehyde resin for plywood panel production. *Maderas. Ciencia y tecnología*, 23.
- Mamatha, B. S., Sujatha, D., Nath, S. K., & Pandey, C. N. (2011). Soya based phenolic resin for plywood manufacture. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 8, 112-115.
- Muttill, N., Ravichandra, G., Bigger, S. W., Thorpe, G. R., Shailaja, D., & Singh, S. K. (2014). Comparative study of bond strength of formaldehyde and soya based adhesive in wood fibre plywood. *Procedia Materials Science*, 6, 2-9.
- Okuda, N., & Sato, M. (2007). Finely milled kenaf core as a natural plywood binder. *Holzforschung*, 61(4), 439-444.
- Okafor, C. E., Kebodi, L. C., Kandasamy, J., May, M., & Ekengwu, I. E. (2022). Properties and performance index of natural fiber reinforced cross-ply composites made from *Dioscorea alata* stem fibers. *Composites Part C: Open Access*, 7, 100213.
- Phonieu, T. (2559). Production of Particle Board from Cattail and Application for Craft. A Dissertation Submitted in Partial Fulfillment of the Requirement for the Master's degree of Home Economics, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (in Thai)

- Sahoo, S. C., Sill, A., & Pandey, C. N. (2014). A natural additive approaches to enhance the performance of formaldehyde based adhesive for plywood manufacturing. *International Journal of Innovative Science and Modern Engineering*, 3(1).
- Soubam, T., Gupta, A., Sharma, S., & Jamari, S. S. (2022). Mechanical property study of plywood bonded with dimethylol dihydroxy ethylene urea crosslinked rice starch-natural rubber latex-based adhesive. *Materials Today: Proceedings*, 68, 756-759.
- Tenorio, C., Moya, R., & Muñoz, F. (2011). Comparative study on physical and mechanical properties of laminated veneer lumber and plywood panels made of wood from fast-growing Gmelina arborea trees. *Journal of wood science*, 57, 134-139.
- Talaei, A., Ashori, A., & Heydari, V. (2022). A Comparative Study on the Mechanical and Physical Properties of Plywood Panels Prepared by Chitosan as Bio-Adhesive. *Journal of Polymers and the Environment*, 30(10), 4263-4270.

ศึกษาความคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วง

Studying the Anthocyanin Stability of in Purple Sweet Potato Extracts

สาธิตา สมานมานัน^{1*}, โซเฟีย ดือราชิงมาโมง¹ และอิรฟัน มะแซสไอ¹Saluma Samanman^{1*}, Sofia Duerasingmamong¹ and Irfan Masaesai¹

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted: 20 November,2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของ pH และความร้อนต่อความคงตัวของสีแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วงที่สกัดด้วยน้ำ เมื่อนำสารสกัดไปปรับ pH ในช่วง pH ระหว่าง 1.00-12.00 พบว่าสารสกัดมันเทศสีม่วงให้สารละลายสีแดง-ชมพู ที่ pH 1.00-6.00 สีม่วง-น้ำเงิน ที่ pH 7.00-9.00 สีเขียว-เหลือง ที่ pH 10.00-12.00 โดยแต่ละ pH มีค่าความยาวคลื่นที่มีการดูดกลืนสูงสุดต่างกัน จากนั้นนำสารสกัดที่ pH 1.00 และ pH 3.00 ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100±10 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 50 นาที พบว่า ความร้อนมีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วง โดยมีค่าคงที่อัตราการสลายตัวเท่ากับ 0.0105 และเท่ากับ 0.0246 ต่อเวลาที่ pH 1.00 และ pH 3.00 ตามลำดับ และมีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 66.01 นาที ที่ pH 1.00 และ 28.17 นาทีที่ pH 3.00 นอกจากนี้ พบว่ามีค่าร้อยละการวัดสีของพอลิเมอร์และการวัดความหนาแน่นของสีทั้งหมดที่ pH 1.00 สูงกว่าที่ pH 3.00 และมีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่ pH 1.00 ต่ำกว่าที่ pH 3.00 ซึ่งบ่งชี้ว่าแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วงที่ pH 1.00 มีความคงตัวสูงกว่า

คำสำคัญ: มันเทศสีม่วง แอนโทไซยานิน pH ความร้อน

Abstract

The objective of this research was to study the effects of pH and heat on the stability of the purple sweet potato extracts using water extraction. When the extract was

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธราชบุรี

¹ Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University

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

adjusted to the pH range 1.00 - 12.00, it was found that the purple sweet potato extract was red to pink at pH 1.00-6.00, purple to blue at pH 7.00-9.00 and green to yellow at pH 10.00-12.00. After that, the extracts at pH 1.00 and pH 3.00 were heated at 100 ± 10 °C for 50 minute. It was found that heat had an effect on the stability of anthocyanins of purple sweet potato extracts. The decomposition rate constant was 0.0105 min^{-1} and 0.0246 min^{-1} at pH 1.00 and pH 3.00, respectively. In addition, it was found that the percentage of polymer color and the total color density measurement at pH 1.00 were higher than pH 3.00, and the browning index values at pH 1.00 were lower than pH 3.00, indicating that the anthocyanins of purple sweet potato extract at pH 1.00 were more stable.

Keywords: Purple sweet potato, Anthocyanin, pH, Heat

บทนำ

สีเป็นหนึ่งในคุณสมบัติที่สำคัญของผลิตภัณฑ์อาหารและเครื่องดื่ม โดยสีนั้นเป็นปัจจัยแรกที่มีผลต่อประสาทสัมผัสของผู้บริโภคและเป็นคุณลักษณะที่แสดงคุณภาพของผลิตภัณฑ์ มีผลต่อการตัดสินใจเลือกซื้อสินค้าของผู้บริโภค โดยทั่วไปสีผสมอาหารตามที่กระทรวงสาธารณสุขอนุญาตให้ใช้ คือ สีสังเคราะห์และสีธรรมชาติ อุตสาหกรรมอาหารและเครื่องดื่มนิยมใช้สีสังเคราะห์กันมากเพราะมีความคงตัวต่อแสง ออกซิเจน อุณหภูมิ พีเอช และปัจจัยอื่นๆ สูง แต่สีสังเคราะห์มีข้อจำกัดในปริมาณการใช้ หากมีมากเกินไปร่างกายกำจัดออกได้ อาจก่อให้เกิดสารตกค้างและสะสมจนถึงระดับที่เป็นอันตรายต่อสุขภาพ (Samec et al., 2021) มีรายงานว่า สีผสมอาหารประเภทสีสังเคราะห์และสารโซเดียมเบนโซเอต (วัตถุกันเสีย) อาจเป็นสาเหตุทำให้เกิดโรคสมาธิสั้น มีพฤติกรรมไม่หยุดนิ่ง (ไฮเปอร์) ในเด็กอายุระหว่าง 3-9 ขวบ จึงทำให้ความต้องการใช้สีจากธรรมชาติเพิ่มมากขึ้นและเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่ผู้ผลิตอาหารและผู้บริโภคให้ความสนใจมากขึ้น สีธรรมชาติมีหลายชนิด เช่น คลอโรฟิลล์ (Chlorophyll) แคโรทีนอยด์ (Carotenoids) แอนโทไซยานิน (Anthocyanin) เป็นต้น แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุธรรมชาติชนิดหนึ่งที่มีสีในช่วงตั้งแต่สีแดงม่วงจนกระทั่งถึงสีน้ำเงิน เป็นสารกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) พบมากในผัก ผลไม้ ดอกไม้ หลายชนิด (Williams & Grayer, 2004; Liu, Li, Hu, Qin & Liu, 2020)

มันเทศสีม่วง (Purple sweet potato หรือ *Ipomoea batatas*) เป็นแหล่งวัตถุดิบหนึ่งที่มีแอนโทไซยานิน ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ให้สารสีม่วง นิยมนำมาใช้เป็นสีผสมอาหาร (Steed & Truong, 2008; Oki et al., 2003; Yoshinaga, Yamakawa, & Nakatani, 2010) ตัวดูดจับในการวิเคราะห์โลหะซึ่งอาศัยการเปลี่ยนแปลงสีในการเกิดปฏิกิริยากับสารที่สนใจตรวจวัด (Khaodee, Wongkiti, & Madang, 2018; Wulandari, Sunarti, Fahma, & Noor, 2018; Samanman, Daengrot, Hilae, Ma, Sayoh, Masaesai, Sanitt, Binhayeeding, Noitubtim, Yakob, Duerasingmamong, 2023) ข้อมูลความคงตัวของสีที่ได้จากสารสกัดมีประโยชน์อย่างมากเพื่อเป็นแนวทางการใช้ประโยชน์จากสีในเชิงพาณิชย์ โดยปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของสีจากแอนโทไซยานินมีหลายปัจจัย ได้แก่ โครงสร้างของแอนโทไซยานิน (วรารณ, 2558) ความเป็นกรด-ด่าง (Khoo, Azlan, Tang, Lim, 2017) อุณหภูมิ (Brouillard, 1982; สุภาพร 2562) ออกซิเจน (Saint-Gaulejac, Glories & Vivas, 1999) กรดแอสคอร์บิกและน้ำตาล (เหมือนขวัญ, 2556) เป็นต้น

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน ได้แก่ ผลของ pH ความร้อน และศึกษาความหนาแน่นของสีทั้งหมด ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลและการวัดสีของพอลิเมอร์ของสารสกัดมันเทศสีม่วง

ระเบียบวิธีวิจัย

ศึกษาผลของ pH ต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินของสารสกัดมันเทศสีม่วง

เตรียม McIlvaine buffer เป็นบัฟเฟอร์ที่ควบคุมช่วง pH 2-8 โดยการผสมกันระหว่าง Disodium phosphate เข้มข้น 0.2 โมลาร์ กับ Citric acid เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปรับให้ได้ที่ต่างๆ pH (2.0-8.0) โดยชั่ง Disodium phosphate 28.38 กรัม ละลายน้ำ DI ปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร และชั่ง Citric acid 19.21 กรัม ละลายน้ำ DI แล้วปรับปริมาตร 1000 มิลลิลิตร ส่วน pH ที่ต่ำกว่า 1.0 และสูงกว่า 8.0 (pH 9.0-12.0) จะปรับด้วย HCl เข้มข้น 0.1 โมลาร์ และ NaOH เข้มข้น 0.1 โมลาร์ และทุก pH จะเติม Sodium azide 0.02% โดยมวล จำนวน 2 หยด เพื่อรักษาสภาพ

ซังสารสกัดมันเทศสีม่วง 0.05 กรัม ละลายด้วยสารละลายบัฟเฟอร์ที่ pH ต่างๆ โดยใช้อัตราส่วนระหว่างสารสกัดและสารละลายบัฟเฟอร์ในแต่ละ pH เป็น 0.05 กรัม : 25 มิลลิลิตร ตั้งทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องให้เกิดสภาวะสมดุลเป็นเวลา 15 นาที จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง UV-VIS Spectrophotometer เพื่อหาค่าความยาวคลื่นที่มีค่าการดูดกลืนสูงสุด ($\lambda_{\max}$)

ศึกษาผลของความร้อนต่อความคงตัวของสีของสารสกัดมันเทศสีม่วง

นำสารสกัดมันเทศสีม่วงละลายในบัฟเฟอร์ที่ pH 1.00 และ 3.00 (เนื่องจากในสภาวะที่เป็นกรด แอนโทไซยานินมีความคงตัวมากที่สุด) ให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 10 องศาเซลเซียส (เนื่องจากเป็นอุณหภูมิที่เป็นตัวแทนในกระบวนการผลิตอาหารและเครื่องดื่ม) ในอ่างน้ำร้อน เป็นระยะเวลา 50 นาที วัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุดทุกๆ 10 นาที นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด จำนวน 5 จุด มาพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(C_0/C_t) = k \times t$ เมื่อ C_0 คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ $\lambda_{\max}$ ที่เวลา 0 นาที และ C_t คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ $\lambda_{\max}$ ที่เวลา t นาที จากสมการเส้นตรงจะได้ค่า $k = \text{slope}$ ของสมการ แล้วนำมาคำนวณค่าครึ่งชีวิต ดังสมการ $t_{1/2} = -\ln(0.5)/k$

ศึกษาร้อยละการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดและดัชนีการเกิดสีน้ำตาล

นำสารสกัดมันเทศสีม่วงละลายในบัฟเฟอร์ที่ pH 1.00 และ 3.00 ปริมาตร 10 มิลลิลิตร ใส่หลอดทดลอง เติม Potassium metabisulphite เข้มข้น 0.36 โมลาร์ ปริมาตร 800 ไมโครลิตร เขย่า ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้อง 10 นาที นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 420, 700 และ $\lambda_{\max}$ (ให้ทำการทดลองควบคุมโดยใช้น้ำแทนสารสกัด) คำนวณความหนาแน่นของสีทั้งหมด (Total color density) ได้จากผลรวมของ $A_{420} + A_{\text{vis-max}}$ คำนวณค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาล (Browning index, BI) ได้จากผลต่างระหว่าง $A_{420}/A_{\text{vis-max}}$ และ คำนวณการวัดสีของพอลิเมอร์ (Polymeric color) และวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติด้วยวิธี t-test และการวิเคราะห์การถดถอย โดยใช้โปรแกรม SPSS version 16.0

$$\text{การวัดสีของพอลิเมอร์ (\%)} = \frac{(A_{420\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{bleach}} + (A_{\text{vis max}} - A_{700\text{nm}})_{\text{bleach}}}{(A_{420\text{nm}} - A_{700\text{nm}})_{\text{control}} + (A_{\text{vis max}} - A_{700\text{nm}})_{\text{control}}} \times 100\%$$

เมื่อ A_{420} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 420 นาโนเมตร

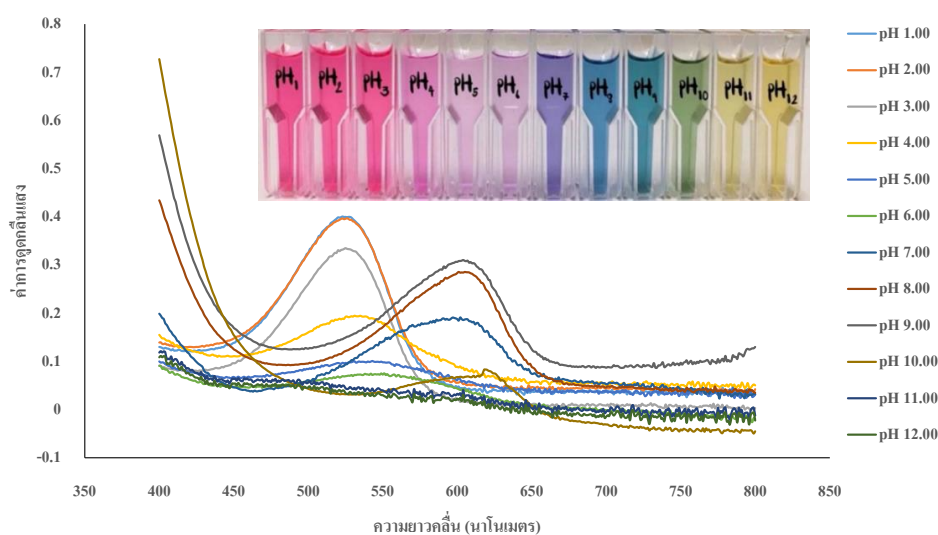
A_{700} คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 700 นาโนเมตร

$A_{\text{vis-max}}$ คือ ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นสูงสุด

ผลการวิจัย

ศึกษาผลของ pH ต่อความคงตัวของสีและความยาวคลื่นสูงสุดของสารสกัดมันเทศสีม่วง

สารสกัดมันเทศสีม่วงที่ละลายในบัฟเฟอร์ pH ต่างๆ ระหว่าง pH 1.00-12.00 พบว่า สารละลายมันเทศสีม่วงจะให้สีหลายเฉดสีและมีค่าความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) ต่างกัน ดังนี้ ระหว่าง pH 1.00-3.00 สารละลายของสารสกัดมันเทศสีม่วงมีสีแดง ค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 523, 524 และ 525 นาโนเมตร ตามลำดับ ที่ pH 4.00 มีสีชมพู ค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 531 นาโนเมตร ระหว่าง pH 5.00-6.00 มีสีชมพูอ่อน ค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 542 และ 402 นาโนเมตร ตามลำดับ ที่ pH 7.00 มีสีม่วง ค่าความยาวคลื่นที่สูงสุดที่ 738 นาโนเมตร ระหว่าง pH 8.00-9.00 มีสีน้ำเงิน ค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 733 และ 728 นาโนเมตร ตามลำดับ ที่ pH 10.00 มีสีเขียว ค่าความยาวคลื่นที่สูงสุดที่ 619 นาโนเมตร และระหว่าง pH 11.00-12.00 มีสีเหลืองและไม่ปรากฏค่าความยาวคลื่นสูงสุดที่ 475 นาโนเมตร โดย pH 1.00 – 3.00 มีการดูดกลืนแสงสูงสุด ดังภาพที่ 1



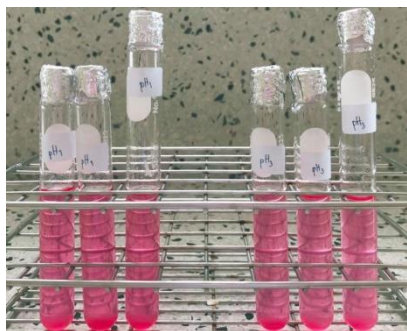
ภาพที่ 1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงและการเปลี่ยนแปลงของสีของสารละลายสารสกัดมันเทศสีม่วงที่ pH 1.00-12.00

ศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อความคงตัวของสีของสารสกัดมันเทศสีม่วง

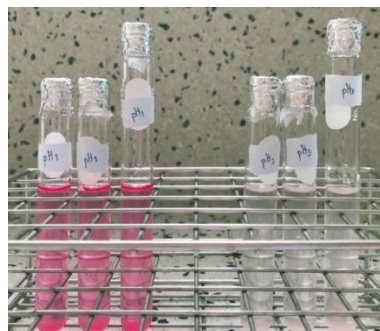
จากการทดลองได้เลือกสารละลายสารสกัดมันเทศสีม่วงที่ pH 1.00 และ 3.00 ศึกษาผลของอุณหภูมิ ต่อความคงตัวของแอนโทไซยานินเนื่องจากมีค่าการดูดกลืนแสงและความเสถียรสูง เมื่อนำสารละลายสารสกัด ผงมันเทศสีม่วงให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 10 องศาเซลเซียส เป็นระยะเวลา 50 นาที แสดงภาพการเปลี่ยน

ความคงตัวของสีของแอนโทไซยานินในบัฟเฟอร์ pH 1.00 และ pH 3.00 ก่อนและหลังการให้ความร้อน (ดังภาพที่ 2 (ก) และ (ข))

(ก)

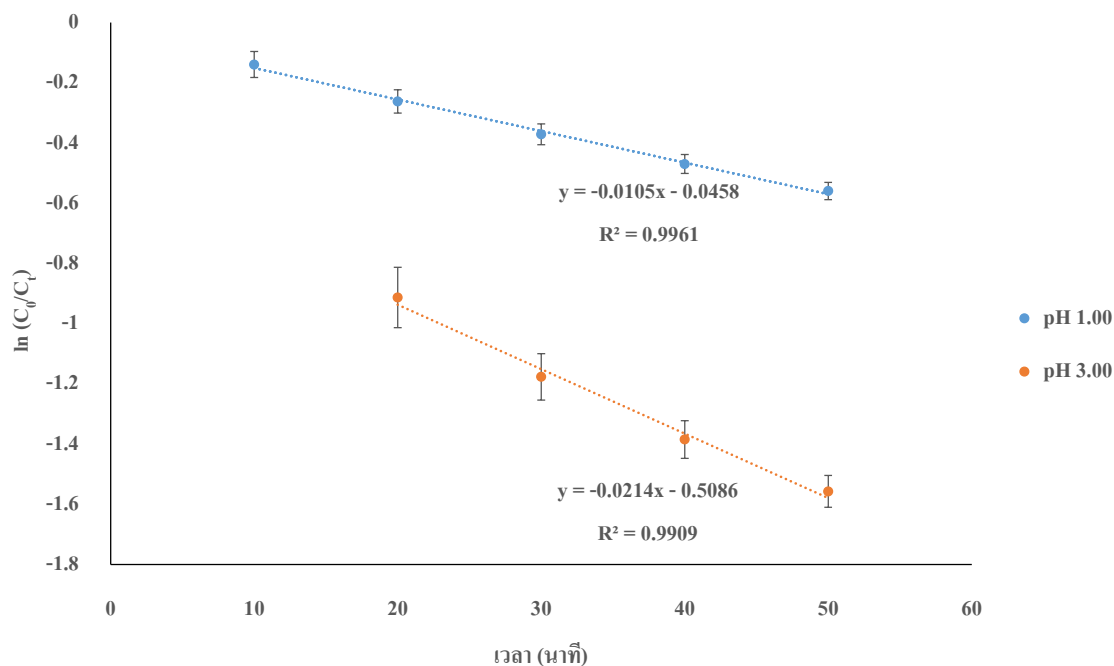


(ข)



ภาพที่ 2 การเปลี่ยนความคงตัวของสีของแอนโทไซยานินในบัฟเฟอร์ pH 1.00 และ pH 3.00 ก่อนและหลังการให้ความร้อน (ก) ก่อน (ข) หลังให้ความร้อน

จากนั้นวัดค่าการดูดกลืนแสงและพลอตกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln (C_0/C_t)$ กับเวลา ดังภาพที่ 3 พบว่า ความร้อนมีผลต่อการดูดกลืนแสงของแอนโทไซยานิน เมื่อเวลาเพิ่มขึ้นค่า $\ln (C_0/C_t)$ มีค่าลดลง โดยที่ pH 1.00 มีสมการเส้นตรง $y = -0.0105x - 0.0458$ และที่ pH 3.00 มีสมการเส้นตรง $y = -0.0214x - 0.5086$ โดยความชันของกราฟแสดงค่าอัตราการสลายตัวของปฏิกิริยา ยิ่งมีความชันมากแสดงว่าอัตราการลดลงของปฏิกิริยามีค่ามาก ดังนั้นจะมีความสเถียรน้อย จากค่าอัตราการสลายตัวของปฏิกิริยาที่ pH 1.00 เท่ากับ 0.0105 และที่ pH 3.00 เท่ากับ 0.0246 แสดงว่าสีของแอนโทไซยานินมีความคงตัวที่ pH 1.00 มากกว่า pH 3.00



ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ระหว่าง $\ln(C_0/C_t)$ กับเวลาที่ pH 1.00 และ 3.00

ศึกษาอัตราการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดมันเทศสีม่วง

นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ได้จากความยาวคลื่นที่ 420, 700 นาโนเมตร และที่ $\lambda_{\max}$ ไปคำนวณอัตราการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดมันเทศสีม่วง ดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 อัตราการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลของสารสกัดมันเทศสีม่วง

pH	อัตราการวัดสีของพอลิเมอร์	ความหนาแน่นของสีทั้งหมด	ดัชนีการเกิดสีน้ำตาล
1	13.06 ± 0.76	0.21 ± 0.01	0.51 ± 0.09
3	5.76 ± 1.45	0.13 ± 0.01	0.88 ± 0.14

อภิปรายผล

ในสารละลายแอนโทไซยานิน มักพบอยู่ในรูปพื้นฐาน 4 รูป คือ ควินอยดอลเบส (quinoidal base) เฟลวิลเลียมแคตไอออน (flavylium cation) คาร์บินอล ซูโดเบส (carbinol-pseudobase) และ ชาลโคน (chalcone) และจะเปลี่ยนโครงสร้างของแอนโทไซยานินเมื่อ pH เปลี่ยน เมื่อแอนโทไซยานินอยู่ในสารละลายที่เป็นกรดแก่จะอยู่ในรูปของเฟลวิลเลียมแคตไอออน (สีแดง) อยู่เพียงชนิดเดียว เมื่อ pH สูงขึ้นจนอยู่ในสภาวะที่เป็นกรดอ่อนหรือเป็นกลาง ปริมาณเฟลวิลเลียมแคตไอออนจะลดลง เนื่องจากเกิดการดึงโปรตอนออกจากหมู่ -OH ที่ตำแหน่ง 5, 7 และ 4 ออกไปเป็นคาร์บินอล ซูโดเบส (ไม่มีสี) ส่วนสมดุลระหว่างแอนโทไซยานินอยู่ในรูปของเฟลวิลเลียมแคตไอออนและควินอยดอลเบส จะเกิดสมดุลที่ $pK = 4.25$ ดังนั้นเมื่อ pH สูงกว่า 4.5 ขึ้นไปหรืออยู่ในสภาวะเบส จึงมีเฉพาะโครงสร้างคาร์บินอล ซูโดเบส จะเห็นการเปลี่ยนแปลงสีของสีแดงอย่างเห็นได้ชัด (Enaru, 1967; Fossen, Cabrita & Anderson, 1998). จากภาพที่ 1 สีของแอนโทไซยานินจะเปลี่ยนไปตาม pH ของสารละลายที่แอนโทไซยานินละลายอยู่ ซึ่งมีผลต่อโครงสร้างแอนโทไซยานินในมันเทศสีม่วงทำให้สามารถดูดกลืนแสงที่มีความยาวคลื่นเปลี่ยนแปลงไป เมื่อ pH เพิ่มขึ้นค่าความยาวคลื่นสูงสุดจึงเปลี่ยนแปลงด้วย ซึ่งขึ้นอยู่กับโครงสร้างพื้นฐานของแอนโทไซยานินใน pH นั้นๆ โดยมันเทศสีม่วง ส่วนใหญ่มีสารประกอบแอนโทไซยานินที่เป็น acylated anthocyanin จะให้เฉดสีที่หลากหลายและมีค่าความยาวคลื่นสูงสุดต่างกัน ดังนั้น pH จึงเป็นปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลกับโครงสร้างทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงสีและส่งผลต่อการดูดกลืนแสง ซึ่งสอดคล้องกับรายงานวิจัยอื่นที่ผ่านมาที่นำสารสกัดไปวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของความยาวคลื่นในการดูดกลืนแสงพบว่า เมื่อ pH เพิ่มขึ้น ความยาวคลื่นสูงสุดและการดูดกลืนแสงของสารสกัดมันเทศสีม่วงเปลี่ยนไป และมีความสัมพันธ์กับสีของแอนโทไซยานิน (Khadee et al., 2018; Cabrita, Fossen & Andersen. (2000).

จากภาพที่ 3 พบว่าการสลายตัวของสีแอนโทไซยานินเป็นไปตามความสัมพันธ์ปฏิกิริยาอันดับหนึ่ง (First order reaction) โดยค่าอัตราการสลายตัวของปฏิกิริยาหรือความชันในสมการเส้นตรง (k) ยังมีค่ามากแสดงว่าค่าครึ่งชีวิตก็จะมีค่าลดลง ความคงตัวของสีจากแอนโทไซยานินมีค่าลดลง ที่ pH 1.00 มีค่าอัตราการสลายตัวของปฏิกิริยามากกว่าที่ pH 3.00 แสดงว่าสีของแอนโทไซยานินมีความคงตัวที่ pH 1.00 มากกว่า pH 3.00 และเมื่อพิจารณาครึ่งชีวิต ($t_{1/2}$) ของแอนโทไซยานิน ยังมีค่าครึ่งชีวิตมากแสดงว่ามีความคงตัวสูง จากการคำนวณ พบว่าที่ pH 1.00 มีครึ่งชีวิตเท่ากับ 66.01 นาที และที่ pH 3.00 มีค่าครึ่งชีวิตเท่ากับ 28.17 นาที แสดงว่าที่ pH 1.00 จะต้องใช้เวลามากกว่าในการสลายตัวที่ pH 3.00 ดังนั้นสีของแอนโทไซ

ยานินจึงมีความคงตัวมากกว่าและต้องใช้เวลาานกว่า ซึ่งสอดคล้องกับตามทฤษฎีในสภาวะที่อุณหภูมิเดียวกันเมื่อระยะเวลาในการเก็บรักษาเพิ่มขึ้นค่าการดูดกลืนแสงหรือความคงตัวของแอนโทไซยานินจะลดลงเนื่องจากการสลายตัวของแอนโทไซยานินที่เวลาผ่านไป (Fossen et al., 1998)

จากตารางที่ 1 ร้อยละการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดและดัชนีการเกิดสีน้ำตาล เป็นปัจจัยที่บ่งชี้ความคงตัวของสีของสารสกัด ถ้าร้อยละการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดและดัชนีการเกิดสีน้ำตาลมีค่าสูง แสดงว่าสีของแอนโทไซยานินที่สภาวะนั้นมีความคงตัวสูง จากการศึกษา พบว่าค่าร้อยละการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดที่ pH 1.00 มีค่ามากกว่าแสดงว่าสีของแอนโทไซยานินมีความคงตัวสูงกว่าที่ pH 3.00 ในขณะที่ดัชนีการเกิดสีน้ำตาลเป็นตัวบ่งชี้การสลายตัวของสีเริ่มต้นจนเป็นสีน้ำตาล ซึ่งหากค่านี้มีค่าสูงแสดงว่ามีความคงตัวของสีต่ำ ดังนั้นจากผลการศึกษา พบว่า ที่ pH 3.00 มีค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลสูงกว่าที่ pH 1.00 แสดงว่ามีความคงตัวต่ำกว่า เมื่อนำไปวิเคราะห์ความแตกต่างของการวัดสีของพอลิเมอร์ การวัดความหนาแน่นของสีทั้งหมดและการวัดค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลที่ pH 1.00 และ pH 3.00 จะพบว่ามีค่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับศึกษาผลของการให้ความร้อนต่อความคงตัวของแอนโทไซยานิน

ข้อเสนอแนะ

1. ศึกษาปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อความคงตัวของสี ได้แก่ ผลของการเก็บรักษา ออกซิเจน เป็นต้น
2. เปรียบเทียบความคงตัวของสีเทียบกับแอนโทไซยานินจากแหล่งอื่น เช่น ข้าวโพดสีม่วง กะหล่ำปลีสีม่วง

สรุป

สภาพความเป็นกรด-เบสมีผลต่อความคงตัวของสารสกัดมันเทศสีม่วง การให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงทำให้ความคงตัวของแอนโทไซยานินในมันเทศสีม่วงลดลง โดยแอนโทไซยานินจะมีความคงตัวสูงสุดที่ pH 1.00 โดยมีค่าครึ่งชีวิต เท่ากับ 66.01 นาที เมื่อให้ความร้อนที่อุณหภูมิ 100 ± 10 องศาเซลเซียส ค่าร้อยละการวัดสีของพอลิเมอร์ ความหนาแน่นของสีทั้งหมดสูงกว่าและค่าดัชนีการเกิดสีน้ำตาลต่ำกว่าแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 เมื่อเปรียบเทียบกับสารละลายที่ pH 3.00

อ้างอิง

- วรารณา เชาดี. (2558). การเพิ่มประสิทธิภาพตรวจวัดไอออนโลหะหนักโดยใช้วัสดุัดแปรด้วยรีเอเจนต์จากธรรมชาติ (รายงานผลการวิจัย). เชียงใหม่: มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงใหม่.
- สุภาพร พาเจริญ. (2562). เสถียรภาพของสารสกัดแอนโทไซยานินจากรำข้าวไรซ์เบอร์รี่ที่ผ่านการห่อหุ้มด้วยโปรตีนรำข้าวเข้มข้นภายใต้สภาวะค่าความเป็นกรด-ด่างและความร้อนที่แตกต่างกัน. วารสารวิชาการ มทร. สุวรรณภูมิ (มนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์), 7(2), 205-215.
- Brouillard, R. (1982). Chemical structure of anthocyanins. Chap. 1. In “Anthocyanins as food colours.” P.Markakis (Ed.). Academic Press (1). New York.
- Cabrita, L., Fossen, T., & Oyvind M. Andersen. (2000). Colour and stability of the six common anthocyanidin 3-glucoside in aqueous solutions. Food Chem, 68, 101-107.
- Enaru, B., Dretcanu, G., Pop, T.D., Stanila, A., & Diaconeasa, Z. (1967). Anthocyanins: factors affecting their stability and degradation. Antioxidants, 10, 1967.
- Fossen, T., Cabrita, L., & Anderson, M. (1998). Colour and stability of pure anthocyanins influenced by pH including the alkaline region. Food Chem, 63, 435-440.
- 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.
- Liu, P., Li, W., Hu, Z., Qin, X., & Liu, G. (2020). Isolation, purification, identification, and stability of anthocyanins from Lycium ruthenicum Murr. LWT-Food Science and Technology, 126, 109334.
- Oki, T., Osame, M., Masuda, M., Furuta, S., Nishiba, Y., Terahara, N., & Suda, I. (2003). Simple and rapid spectrophotometric method for selecting purple-fleshed sweet potato cultivars with a high radical-scavenging activity. Food and Chemical Toxicology, 53, 101-107.
- Saint-Gaulejac, N.C., Glories, Y., & Vivas, N. (1999). Free radical scavenging effect of anthocyanins in red wines. Food Research International, 32, 327-333.
- Samanman, S., Daengrot, C., Hilae, A., Ma, S., Sayoh, I., Masaesai, I., Sanitt, P., Binhayeeding, N., Noitubtim, M., Yakob, H., & Duerasingmamong, S. (2023). A smart naked-eye detection for Fe(III) using ethanol extract of purple sweet potato. Naresuan University Journal: Science and Technology, 31(2), 1-12.

- Šamec, D., Karalija, E., Šola, I., Vujčić Bok, V., & Salopek-Sondi, B. (2021). The Role of Polyphenols in Abiotic Stress Response: The influence of molecular structure. *Plants*, 10, 118.
- Steed, L. E., & Troung, V. D. (2008). Anthocyanin content, Antioxidant activity and selected physical properties of flowerable purple-fleshed sweet potato. *Journal of Food Science*, 5, 215-221.
- Yoshinaga, M., Yamakawa, O., & Nakatani, M. (2010). Genotypic diversity of anthocyanin content and composition in purple-fleshed sweet potato (*Ipomoea batatas* (L.) Lam). *Breeding Science*, 49, 43–47.
- Williams, C.A., & Grayer, R.J. (2004). Anthocyanins and other flavonoids. *Natural Product Report*, 21, 539–573.
- 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.
- Khoo, H.E., Azlan, A., Tang, S.T., & Lim, S.M. (2017). Anthocyanidins and anthocyanins: colored pigments as food, pharmaceutical ingredients, and the potential health benefits. *Food and Nutrition Research*, 61, 1361779.

การพัฒนาสารเคลือบกันน้ำด้วยพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) สำหรับเคลือบบนผิวผลิตภัณฑ์ กระจุต

Development of Water-Repellent Coating from P(VDF-HFP) Polymer for Krajood Product Substrate

จूरืพร ยืนนาน^{1,*}, ชัยภรณ์ แก้วอ่อน¹, อภินทรรัตน์ ชันแกล้ว¹, อุไรวรรณ วันทอง¹ และฉัตรชัย สังข์ผุด¹
Jureeporn Yuennan^{1,*}, Chaiporn Kaew-on¹, Aphinrat Khanklaeo¹, Uraiwan Wanthong¹,
and Chatchai Sangpud¹

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted 20 November,2023)

บทคัดย่อ

กระจุตเป็นพืชล้มลุกชนิดหนึ่ง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Lepironia articulata* Domin จัดอยู่ในวงศ์ Cyperaceae สามารถเจริญเติบโตได้ง่าย ปัจจุบันหัตถกรรมจักสานจากกระจุตได้รับการส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี สวยงาม งานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาสารกันน้ำจากสารละลายพอลิเมอร์ชนิดพอลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ เฮกซะฟลูออโรโพรไพลีน (Polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene; P(VDF-HFP)) ในตัวทำละลายไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (Dimethylformamide, DMF) สัดส่วนความเข้มข้นระหว่าง 5 – 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) พบว่าได้สารละลายที่ใส และไม่มีสี ได้ค่าความหนืดของสารละลายที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 ถึง 1,768 cPs โดยผิวกระจุตที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ความเข้มข้น 25 w/v% มีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ย $94.3^\circ \pm 6.2$ จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถป้องกันการซึมน้ำ และช่วยให้กระจุตมีการพองตัวน้อยที่สุด

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์กระจุต สารกันน้ำ พอลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ เฮกซะฟลูออโรโพรไพลีน

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช 80280

¹ Faculty of Science and Technology, Nakhon Si Thammarat Rajabhat University, 80280

*Corresponding Author, E-mail: jureeporn_yue@nstru.ac.th

Abstract

Krajood is a type of herbaceous plant. Its scientific name is *Lepironia articulate* handicrafts from krajood are continuously being promoted and products are developed in various forms to make good quality and beautiful products. This research aims to study the development of water repellent from polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene or P(VDF-HFP) polymer solution in dimethylformamide or DMF solvent with different concentration between 5 – 25 weight/volume percentage (w/v%). It is found a clear and colorless solution. The viscosity of the prepared solution was obtained at a temperature of 24 degrees Celsius in the range of 16.4 to 1,768 cPs. The krajood surface coated with 25 w/v% P(VDF-HFP) polymer solution has an average water contact angle of 94.3 ± 6.2 degree, indicating a hydrophobic surface which can prevent water absorption and least swell in the water.

Keywords: Krajood products, Waterproof, Polyvinylidene fluoride hexafluoropropylene

บทนำ

กระจุตเป็นพันธุ์ไม้จำพวกกก (Sedge) ชนิดหนึ่งในตระกูล Cyperaccae มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Lepironia articulata* ลักษณะลำต้นกลม สีเขียวอ่อน สูงประมาณ 1 - 2 เมตร ออกดอกเป็นกระจุกแน่น กระจุตชอบขึ้นในพื้นที่น้ำขังซึ่งเรียกว่าโพหรือป่าพรุ สามารถเจริญเติบโตได้ง่าย และแพร่พันธุ์ได้รวดเร็ว (Khongwong, Busabok & Ngerchuklin, 2023) ในภาคใต้กระจุตมากในพื้นที่ป่าพรุของตำบลเคร็ง อำเภอยะเอนก จังหวัดนครศรีธรรมราช ชาวบ้านมักจะนำกระจุตมาจักสานเป็นเครื่องใช้ภายในครัวเรือน เนื่องจากกระจุตเป็นพืชที่มีคุณสมบัติที่มีความเหนียว ยืดหยุ่นตัวสูง มีความมันวาว ทนทาน ไม่ขาดง่าย จึงทำให้ผลิตภัณฑ์มีคุณสมบัติที่โดดเด่น มีอายุการใช้งานที่ยาวนาน (ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ, 2552) ในปัจจุบันหัตถกรรมจักสานจากกระจุตได้รับการส่งเสริมและพัฒนาผลิตภัณฑ์ในรูปแบบต่าง ๆ อย่างต่อเนื่อง เพื่อให้ผลิตภัณฑ์ที่ได้มีคุณภาพดี สวยงาม ทนสมัย ตรงตามความต้องการของผู้ใช้ และสามารถช่วยเพิ่มมูลค่าให้กับผลิตภัณฑ์ เช่น เสื่อ กระเป๋า ตะกร้า หมวก กระเป๋า เป็นต้น อีกทั้งยังถูกยกระดับเป็นสินค้าในโครงการหนึ่งตำบลหนึ่งผลิตภัณฑ์ (OTOP) ที่สำคัญของชุมชน ทำให้สามารถสร้างรายได้ให้ครอบครัว ชุมชน และประเทศเพิ่มขึ้นด้วย (Suksikarn, 2007)

เนื่องจากสภาพภูมิอากาศร้อนชื้นทางภาคใต้ของประเทศไทย โดยพื้นที่ส่วนใหญ่มีฝนตกชุก และมีความชื้นในอากาศสูง เมื่อเก็บผลิตภัณฑ์จากกระจูไวในสภาพแวดล้อมที่อับชื้น มักจะขึ้นราได้ง่าย ผู้ประกอบการหรือชาวบ้านจึงป้องกันโดยการเคลือบแลคเกอร์ (Lacquer) หรือใช้สารเคมีป้องกันเชื้อรา ซึ่งจะทำให้ต้นทุนของสินค้าสูงขึ้นและผลิตภัณฑ์สูญเสียความยืดหยุ่น รวมทั้งความไม่ปลอดภัยจากการสัมผัสกับสารเคมีโดยตรง และเสี่ยงต่ออันตรายต่อร่างกายหากใช้เป็นเวลานาน เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน และส่งผลให้ยอดขายผลิตภัณฑ์ลดลง จึงมีการพัฒนาสารเคลือบพื้นผิววัสดุเพื่อให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ไม่เป็นสารอันตรายและเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม (Suksom, Kongboon, Phonnak & Lertworpreecha, 2017) ผลิตภัณฑ์กระจูบางชนิดต้องมีการเคลือบเงาผิวด้วยแลคเกอร์ หรือน้ำมันวานิช (Varnish) เพื่อให้ผลิตภัณฑ์มีเงาวาว เพิ่มความสวยงามและกันน้ำ แต่อย่างไรก็ตามสารทั้งสองชนิดมีความเป็นพิษ เสี่ยงต่ออันตรายต่อร่างกายหากใช้เป็นเวลานาน และบางคนที่เกิดอาการแพ้เมื่อสัมผัสผลิตภัณฑ์ นอกจากนี้ยังพบว่าหากใช้เป็นเวลานาน หรือผลิตภัณฑ์กระจูสัมผัสน้ำ ทำให้เกิดเชื้อราได้ง่าย เป็นข้อจำกัดในการใช้งาน และส่งผลให้ยอดขายลดลง ปัจจุบันสารเคลือบพื้นผิววัสดุเพื่อให้มีสมบัติไม่ชอบน้ำที่มีจำหน่ายตามท้องตลาด อยู่ในรูปของสารแขวนลอยของอนุภาคนาโนซิลิกา ในขั้นตอนการทำให้อนุภาคนาโนซิลิกามีสมบัติไม่ชอบน้ำนิยมใช้พอลิเมอร์ที่โมเลกุลไม่มีขั้ว เช่น เตตระเอท-ทอกซีไซเลน (Tetraethoxysilane: TEOS) ในตัวกลางน้ำ/แอลกอฮอล์ภายใต้สภาวะที่เป็นกรดหรือเบส (Stein & Thessri, 2018) ในปี 2565 มีการนำโคพอลิเมอร์ชนิดพอลิไวนิลลิดีนฟลูออไรด์ เฮกซะฟลูออโรโพรไพลีน มาเคลือบบนพื้นผิวท่อ Micropillars ด้วยวิธี Nanoimprint Lithography พบว่าหลังจากการเคลือบ 1 ชั้น พื้นผิวมีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนพื้นผิวมีค่าประมาณ 150 องศา จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำยิ่งยวด (Superhydrophobic Surface) (Baji, Gangadoo, Truong, Abtahi, Budiman & Oopath, 2022) ซึ่งโคพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) เป็นฟลูออโรพอลิเมอร์ชนิดโครงสร้างแบบกึ่งผลึก (Semi-crystalline) เป็นพอลิเมอร์ที่มีสมบัติไม่ชอบน้ำ ความเข้ากันได้ทางชีวภาพ ไม่เป็นพิษต่อระบบร่างกาย มีน้ำหนักเบา มีความยืดหยุ่นสูง (Nawae, Tohluebaji, Putson, Muensit, & Yuennan, 2021)

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งศึกษาการพัฒนาสารละลายพอลิเมอร์ที่มีสมบัติกันน้ำ ด้วยพอลิเมอร์ชนิด P(VDF-HFP) ในตัวทำละลายไดเมทิลฟอร์มาไมด์ (Dimethylformamide, DMF) สัดส่วนความเข้มข้นระหว่าง 5 – 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร (%w/v) ศึกษาสมบัติลักษณะทางกายภาพ และสมบัติการไม่ชอบน้ำภายหลังจากการเคลือบบนพื้นผิวกระจู

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อเตรียมสารละลายที่มีสมบัติความไม่ชอบน้ำสำหรับเคลือบบนพื้นผิวกระจู ด้วยพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF และทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระจูภายหลังการเคลือบ

วิธีดำเนินการวิจัย

1) การเตรียมสารกึ่งน้ำเคลือบบนผลิตภัณฑ์กระจก

เตรียมสารเคลือบกึ่งน้ำจากโคพอลิเมอร์ชนิด P(VDF-HFP) (4.5 mol%) (Solef® 11010/1001; Solvay) ละลายในตัวทำละลาย N,N- Dimethylformamide (DMF, C₃H₇NO; D158550; Sigma-Aldrich) กำหนดสัดส่วนพอลิเมอร์และตัวทำละลายเป็น 5 สัดส่วน คือ 5, 10, 15, 20 และ 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร ใส่ในบีกเกอร์ขนาด 100 มิลลิลิตร (Pyrex) นำสารที่เตรียมได้กวนบนเครื่องกวนสาร (US152, Stuart) ด้วยความเร็ว 200 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง จนพอลิเมอร์ละลายสม่ำเสมอเป็นเนื้อเดียวกัน เป็นสารละลายที่ใส และไม่มีฟองอากาศ นำไปทดสอบวัดค่าความหนืด (Viscosity) ที่อุณหภูมิห้อง (24.0 ± 1.0 องศาเซลเซียส) ใช้ปริมาณสารละลาย 20 มิลลิลิตร จากนั้นนำสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่เตรียมได้เคลือบบนชิ้นส่วนผลิตภัณฑ์กระจกโดยใช้ฟู่กันปาดตัวอย่างละ 5 ครั้งกลับไปกลับมา โดยแบ่งจำนวนตัวอย่างทั้งหมดเป็น 5 ชิ้น ขนาด 5 x 5 ตารางเซนติเมตร หนา 0.5 เซนติเมตร นำไปอบในตู้อบเพื่อให้ตัวทำละลายระเหยที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส ในตู้อบลมร้อน (ED56, Binder) เปรียบเทียบกับกระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ

2) การวิเคราะห์สมบัติไม่ชอบน้ำด้วยการวัดมุมสัมผัส (contact angle)

การวัดมุมสัมผัส ซึ่งเป็นมุมสัมผัสระหว่างหยดของของเหลวเทียบกับผิววัสดุ ณ จุดที่ผิวทั้งสองเกาะติดกัน ด้วยเครื่องวัดมุมสัมผัส (Dataphysics OCA-15EC, เยอรมนี) เชื่อมต่อกับโปรแกรม SCA 20 - software for OCA นำน้ำปราศจากไอออน (DI) ใส่ในกระบอกเข็มฉีดยา และใส่ในหัวเข็มของเครื่อง ในการทดสอบมุมสัมผัส 1 ตัวอย่าง ใช้ปริมาณน้ำ 1 หยด ขนาด 2 ไมโครลิตร หยดน้ำเพื่อวิเคราะห์หาค่ามุมสัมผัสจำนวน 3 ตำแหน่ง แล้วหาค่าเฉลี่ยของมุมสัมผัสของหยดน้ำ

3) การทดสอบการดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระจก

การทดสอบการดูดซึมน้ำ โดยนำกระจกที่เตรียมได้ชั่งด้วยเครื่องชั่งทศนิยม 4 ตำแหน่ง (กำหนดเป็นมวลก่อนการดูดซึมน้ำ) จากนั้นนำไปแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที ชั่งด้วยเครื่องชั่งอีกครั้ง (กำหนดเป็นมวลหลังการดูดซึมน้ำ) คำนวณค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%Ab) ตามสมการที่ (1) (Tohluebaji, Sayoh, & Lateh, 2023)

$$\%Ab = \left(\frac{m_a - m_b}{m_b} \right) \times 100 \quad (1)$$

เมื่อ m_a คือ มวลของกระจกหลังแช่น้ำ (กิโลกรัม)

m_b คือ มวลของกระจกก่อนแช่น้ำ (กิโลกรัม)

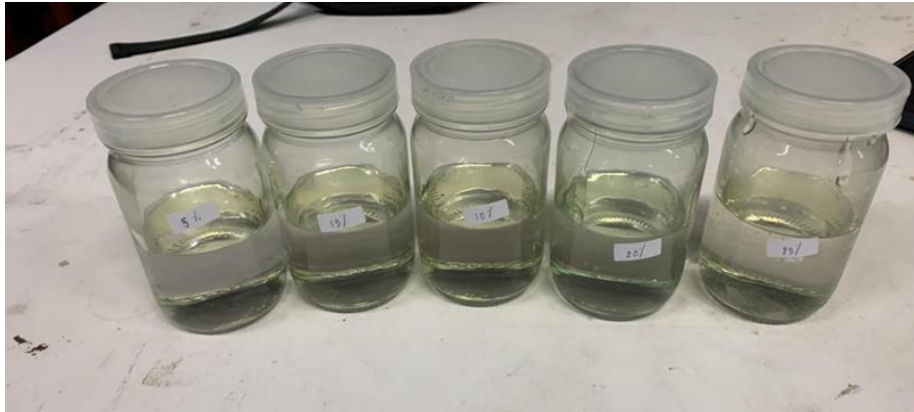
สำหรับการทดสอบการพองตัวของกระจก โดยนำชิ้นกระจกที่เตรียมได้ทั้งหมด มาวัดความหนาโดยใช้ไมโครมิเตอร์ ก่อนและหลังแช่น้ำ คำนวณเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนา (%L) ตามสมการที่ (2) (Tohluebaji, Sayoh & Lateh, 2023)

$$\%L = \left(\frac{L_a - L_b}{L_b} \right) \times 100 \quad (2)$$

เมื่อ L_a คือ ความหนาของกระจกหลังแช่น้ำ (มิลลิเมตร)
 L_b คือ ความหนาของกระจกก่อนแช่น้ำ (มิลลิเมตร)

ผลการวิจัย

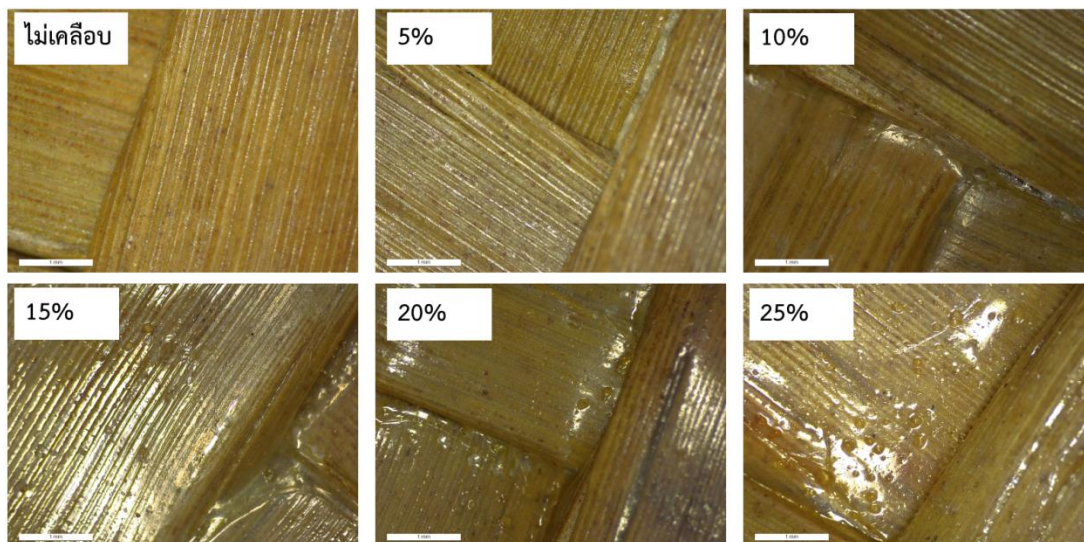
งานวิจัยนี้ได้ทำการเตรียมสารกึ่งนำจากพอลิเมอร์ชนิด P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF ที่ความเข้มข้น 5, 10, 15, 20 และ 25 ร้อยละโดยมวลต่อปริมาตร พบว่าได้สารละลายที่ใส ไม่มีสี ดังภาพที่ 1 เมื่อนำไปทดสอบวัดความหนืด ได้ค่าความหนืดของสารละลายที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิห้องอยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 ถึง 1,768 cPs แสดงดังตารางที่ 1 โดยค่าความหนืดเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) เพิ่มขึ้น จากนั้นเมื่อนำสารละลายที่เตรียมได้ไปเคลือบบนผิวกระจก แสดงภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอพื้นผิวกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ดังภาพที่ 2 พบว่าผิวของกระจกที่เคลือบด้วยสารละลายที่ความเข้มข้น 15% ขึ้นไป พื้นผิวมีความขรุขระ ไม่สม่ำเสมอ มีลักษณะเป็นเม็ดเล็กๆ ของสารละลายบนพื้นผิว เมื่อวัดค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำ เปรียบเทียบกับกระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ แสดงดังตารางที่ 2 พบว่าเมื่อหยดน้ำบนผิวกระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ หยดน้ำจะกระจายแบนทั่วพื้นผิวกระจก มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ย 26.1 ± 4.1 องศา สำหรับผิวกระจกที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) มีค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยระหว่าง 36.0 ± 4.0 องศา ถึง 94.3 ± 6.3 องศา โดยค่ามุมสัมผัสเฉลี่ยมีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อความเข้มข้นของพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) เพิ่มขึ้น และสูงกว่าแบบไม่เคลือบ และแบบเคลือบด้วยน้ำมันวานิช เมื่อนำตัวอย่างกระจกมาแช่น้ำเป็นเวลา 30 นาที เพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และเปอร์เซ็นต์การพองตัวทางความหนา พบว่า กระจกที่ไม่ผ่านการเคลือบ มีเปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ และการพองตัวทางความหนาสูงที่สุด เท่ากับร้อยละ 34.94 ± 2.1 และ 73.82 ± 5.3 ตามลำดับ สำหรับกระจกที่ผ่านการเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้น 25% เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำต่ำที่สุด เท่ากับร้อยละ 5.77 ± 1.1 และ 0.44 ± 1.8 ตามลำดับ เนื่องจากสารละลายพอลิเมอร์ที่เตรียมได้มีความหนืดที่มากที่สุด สามารถเคลือบบนผิวกระจกได้อย่างทั่วถึง น้ำจึงซึมเข้าไปในผิวของกระจกได้ยาก



ภาพที่ 1 ภาพถ่ายสารละลายพอลิเมอร์กันน้ำที่ความเข้มข้นต่าง ๆ
ตารางที่ 1 ความหนืดของสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

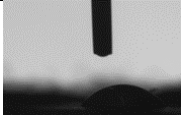
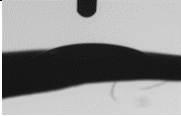
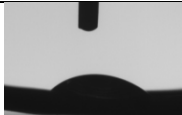
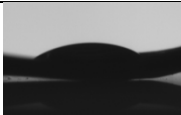
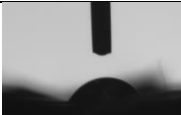
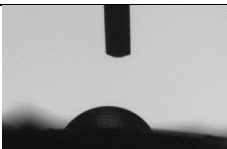
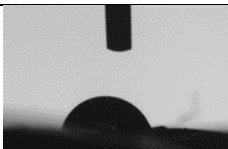
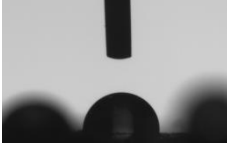
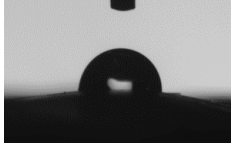
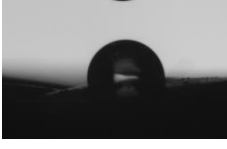
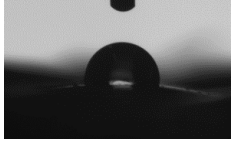
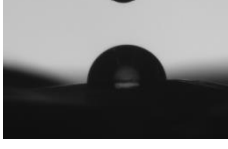
ความเข้มข้นของสารละลาย P(VDF-HFP)	ความหนืด (cPs)
5 w/v%	16.4
10 w/v%	27.7
15 w/v%	98.1
20 w/v%	790.8
25 w/v%	1,678.0

หมายเหตุ: 1 cP = 1 mPa·s



ภาพที่ 2 ภาพถ่ายด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบสเตอริโอพื้นผิวกระจกที่ไม่เคลือบและเคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ตารางที่ 2 ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำบนผลิตภัณฑ์กระจกที่ไม่เคลือบ และเคลือบด้วยสารกันน้ำ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ

ตัวอย่างกระจกที่เคลือบ	ภาพและค่าของมุมสัมผัสของหยดน้ำบนผิวกระจกแต่ละตำแหน่ง			ค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ย
ไม่เคลือบ	 25.5°	 30.5°	 22.3°	$26.1^{\circ} \pm 4.1$
5 w/v% P(VDF-HFP)	 35.2°	 32.5°	 40.3°	$36.0^{\circ} \pm 4.0$
10 w/v% P(VDF-HFP)	 45.3°	 49.4°	 47.4°	$47.5^{\circ} \pm 2.1$
15 w/v% P(VDF-HFP)	 58.2°	 55.6°	 56.4°	$56.8^{\circ} \pm 1.3$
20 w/v% P(VDF-HFP)	 75.4°	 85.6°	 70.4°	$77.2^{\circ} \pm 7.8$
25 w/v% P(VDF-HFP)	 92.4°	 101.2°	 89.3°	$94.3^{\circ} \pm 6.2$

ตารางที่ 3 การดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระดูกเมื่อผ่านการแช่น้ำ

ตัวอย่างกระดูก	เปอร์เซ็นต์การดูดซึมน้ำ (%)	การพองตัวทางความหนา (%)
ไม่เคลือบ	34.94 ± 2.1	73.82 ± 5.3
น้ำมันวานิช	18.38 ± 1.8	3.33 ± 2.4
5 w/v% P(VDF-HFP)	12.22 ± 2.0	4.26 ± 2.3
10 w/v% P(VDF-HFP)	9.51 ± 1.1	3.90 ± 2.1
15 w/v% P(VDF-HFP)	8.80 ± 1.1	2.71 ± 2.1
20 w/v% P(VDF-HFP)	7.77 ± 1.1	1.82 ± 1.8
25 w/v% P(VDF-HFP)	5.77 ± 1.1	0.44 ± 1.8

อภิปรายผล

จากการเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF ได้สารละลายที่ใส และไม่มีสี ส่งผลให้ภายหลังการเคลือบบนพื้นผิวกระดูกจะคงรูปลักษณะ และสีเช่นเดิม สำหรับความหนืดเป็นสมบัติของไหลที่สำคัญ เกิดจากการเสียดสีภายในของของไหล และถูกกำหนดให้เป็นความต้านทานของของเหลวต่อการไหล หรือความเค้นเฉือน ส่งผลต่อประสิทธิภาพการเคลือบ (Kalyanasundaram, Sundaresan & Hemalatha, 2000) ซึ่งสารเคลือบที่มีความหนืดต่ำจะมีความสม่ำเสมอของการเคลือบต่ำกว่าสารเคลือบที่มีความหนืดสูง เนื่องจากการเกาะติดบนพื้นผิวกระดูกไม่เพียงพอ แต่อย่างไรก็ตามหากสารละลายที่เคลือบนั้นมีความหนืดสูงเกินไป จะทำให้เป็นอุปสรรคต่อการเคลือบ มีการจับกันเป็นก้อนได้ง่าย สำหรับสารละลายที่เตรียมได้ มีความหนืดน้อยกว่า 2,000 cps เมื่อเปรียบเทียบกับของเหลวในชีวิตประจำวัน จึงไม่เป็นอุปสรรคต่อการเคลือบ (Bair, Victoria, Andrey & Maxim, 2021; Whale, Bulling & Fry, 2023) เมื่อพิจารณาค่ามอดุลัสของหยดน้ำบนผลิตภัณฑ์กระดูกที่ไม่เคลือบ และเคลือบด้วยสารกันน้ำ P(VDF-HFP) ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ กระดูกที่ไม่ผ่านการเคลือบมีค่ามอดุลัสของหยดน้ำเฉลี่ยต่ำที่สุด จัดเป็นพื้นผิวแบบชอบน้ำ เมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยที่ผ่านมา ที่มีการเคลือบด้วยน้ำมันวานิช มีค่ามอดุลัสเฉลี่ย 59.33 องศา (Tamphu & Yuennan, 2023) พบว่าค่ามอดุลัสเพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบกับกระดูกแบบไม่เคลือบ แต่ยังคงเป็นพื้นผิวแบบชอบน้ำ สำหรับกระดูกที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ความเข้มข้น 25 w/v% มีค่ามอดุลัสของหยดน้ำเฉลี่ยสูงที่สุด จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำ หากมีน้ำมาเกาะหรือหยดบนผิวกระดูก น้ำจะไม่ซึมเข้าไปในผิวกระดูกทันที ซึ่งสอดคล้องกับผลการดูดซึมน้ำ และการพองตัวของกระดูกเมื่อผ่านการแช่น้ำที่มีค่าน้อยที่สุด โดยสารละลาย P(VDF-HFP) ที่เคลือบบนผิวกระดูก สามารถป้องกันการซึมเข้า และช่วยให้กระดูกมีการพองตัวน้อยที่สุด เนื่องจากพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ซึ่งจัดเป็นพอลิเมอร์ที่ไม่ชอบน้ำ

สรุปผล

การเตรียมสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ในตัวทำละลาย DMF ได้สารละลายที่ใส และไม่มีสี ได้ค่าความหนืดของสารละลายที่เตรียมได้ที่อุณหภูมิ 24 องศาเซลเซียส อยู่ในช่วงระหว่าง 16.4 ถึง 1,768 cPs โดยผิวกระจกที่เคลือบด้วยสารละลายพอลิเมอร์ P(VDF-HFP) ความเข้มข้น 25 w/v% มีค่ามุมสัมผัสของหยดน้ำเฉลี่ย $94.3^{\circ} \pm 6.2$ จัดเป็นพื้นผิวแบบไม่ชอบน้ำ ซึ่งสามารถป้องกันการซึมน้ำ และช่วยให้กระจกมีการพองตัวน้อยที่สุด

ข้อเสนอแนะ

1. ควรมีการวัดความหนาและการตรวจสอบความเรียบ สม่ำเสมอของผิวเคลือบ และวิเคราะห์ปริมาณสารเคลือบที่ยึดเกาะบนพื้นผิวกระจกซึ่งจะทำให้สารเคลือบไม่หลุดลอกง่าย ตามมาตรฐานหัตถกรรม จักสานจากกระจก
2. ควรศึกษาประสิทธิภาพการยับยั้งเชื้อราบนผิวกระจกเพิ่มเติมหลังจากการใช้งานเป็นเวลานาน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนจากงบประมาณเงินกองทุนเพื่องานวิจัย นวัตกรรม และงานสร้างสรรค์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2565 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช (สัญญาเลขที่ 009/2565) และขอขอบคุณจากผู้ประกอบการผลิตภัณฑ์จากกระจก กระจกวรรณ อ.ชะวอด จ.นครศรีธรรมราช ที่ที่สนับสนุนแผ่นกระจกเพื่อทำวิจัย และให้ข้อมูลรายละเอียดเกี่ยวกับการปัญหาของผลิตภัณฑ์จักสานหัตถกรรมจากกระจก คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช และ สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ เป็นอย่างสูงที่สนับสนุนอุปกรณ์และสถานที่ในการทำวิจัย อำนวยความสะดวกและอนุเคราะห์บุคลากรให้คำแนะนำเกี่ยวกับการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในงานวิจัย เป็นผลให้ งานวิจัยครั้งนี้สามารถบรรลุตามวัตถุประสงค์ที่ตั้งไว้ด้วยดี

อ้างอิง

Bair, B. D., Victoria, A., Andrey, V. M., & Maxim, I. P. (2021). Rheological Properties of PVDF Solutions. *Journal of Siberian Federal University. Mathematics & Physics*.

- Baji, A., Gangadoo, S., Truong, V. K., Abtahi, M., Budiman, A., & Oopath, S. V. (2022). Fabrication of superhydrophobic polyvinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene films enabled by nanoimprint lithography. *Materials Letters*, 311, 131555.
- Kalyanasundaram, S., Sundaresan, B., & Hemalatha, J. (2000). Study on the viscosity of polymer solutions. *Journal of Polymer Materials*, 17, 91-95.
- Khongwong, W., Busabok, C., & Ngerchuklin, P. (2023). Synthesis of SiC nanowires on biochar surfaces by a simple direct method. *Journal of Metals, Materials and Minerals*, 33(3), 1717.
- Nawae, S., Tohluebaji, N., Putson, C., Muensit, N., & Yuennan, J. (2021). Effect of flow rate on the fabrication of P(VDF-HFP) nanofibers. *Journal of Physics: Conference Series*, 1719(1), 012070.
- Suksikarn R. (2007). Study and development of Krachud basketry product in Nakhon Si Thammarat province. The 45th Kasetsart University Academic Conference: Education Major, Economics and Business Major, Administration Humanities and social sciences Major. *The 45th Kasetsart University Academic Conference*. 219-226. (in Thai)
- Stein M. and Thessri K. (2018). Coating synthesis Nanoproperties are hydrophobic. and experimental design for learning nanotechnology. *Walailak Procedia* 2018(2):st136. (in Thai)
- Suksom K., Kongboon W., Phonnak C., and Lertworpreecha M. (2017). Efficiency and Effectiveness of Zinc Oxide Nanoparticles Against *Aspergillus* sp. Fungus on Basketry Product from Local Tube Sedge. *7th SCIUS FORUM*, PP2_14_05. (in Thai)
- Tamphu A. and Yuennan J. (2023). Preparation of hydrophobic substances for application to Krajoood. The 8th National Conference on Science and Technology 2023. (139-152) (in Thai)
- Tohluebaji N., Sayoh I. and Lateh N., (2023). The Production of Paper from Krajoood Waste Mixed with Waste Paper from the Office for Community Product Development. *Pridiyathorn Science Journal*. 1(2), 1-12. (in Thai)
- Whale, E., Bulling, A. E. K., & Fry, S. C. (2023). Biochemical characterisation of cellulose and cell-wall-matrix polysaccharides in variously oxidised sugar-beet pulp preparations differing in viscosity. *International Journal of Biological Macromolecules*, 253, 127356.

ศูนย์ส่งเสริมศิลปาชีพระหว่างประเทศ. (2552). จักสานกระจูด. องค์ความรู้ประเภทเครื่องจักสาน.

ผักพื้นบ้านที่มีสารประกอบโพลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระสูงใน จังหวัดนราธิวาส

High Polyphenols, Total Flavonoids and Anti-oxidant Content of the Local Vegetables in Naradhiwas Province

ภูรวินทร์ สนิท^{1*}, จารุวรรณ แดงโรจน์¹, พงษ์พันธ์ สุขสุพันธ์¹, วรชมน วัฒนายน¹
Poohrawind Sanitt^{1*}, Charuwan Daengrot¹, Pongpan Suksupan¹, Wassamon Wattanayon¹

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted 20 November,2023)

บทคัดย่อ

จังหวัดนราธิวาสเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงโดยเฉพาะผักพื้นบ้านหลายชนิดที่ชาวบ้านนิยมรับประทานสดกับข้าวยาและผักที่ใช้เป็นส่วนประกอบของอาหารปรุงสุก อย่างไรก็ตามยังไม่มีข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ที่เปิดเผยถึงสารประกอบที่สำคัญในพืชมากนัก งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์สารประกอบโพลีฟีนอล สารฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระในผักพื้นบ้านของจังหวัดนราธิวาส โดยการเก็บรวบรวมผักพื้นบ้านมา 10 ชนิด ล้างทำความสะอาด อบแห้งแล้วจึงบดเป็นผง จากนั้นทำการสกัดหยาบด้วยตัวทำละลายเมทานอล แล้วดึงตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแบบหมุน (Rotary evaporator) และกำจัดโมเลกุลของน้ำออกด้วยเครื่องทำแห้งแบบแช่แข็ง (Freeze dryer) เมื่อได้สารสกัดหยาบแล้วจึงทำการวิเคราะห์หาสารประกอบโพลีฟีนอลรวมด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetry ผักที่มีปริมาณสารโพลีฟีนอลสูงจะถูกนำมาวิเคราะห์หาสารประกอบฟลาโวนอยด์รวมและสารต้านอนุมูลอิสระ การวิจัยนี้พบว่าผักพื้นบ้านสองชนิด ที่มีปริมาณสารประกอบฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระสูงมาก ได้แก่ ยอดมะม่วงหิมพานต์ ยอดขี้หนอน ซึ่งจะนำไปศึกษาวิจัยในขั้นสูงเพื่อให้เกิดเป็นนวัตกรรมที่เพิ่มมูลค่าของผักพื้นบ้านเหล่านี้ต่อไป

คำสำคัญ: ผักพื้นบ้าน โพลีฟีนอล ฟลาโวนอยด์ สารต้านอนุมูลอิสระ

¹คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹Faculty of Science and technology, Princess of Naradhiwas University

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

Abstract

Naradhiwas Province is an area with high biodiversity, especially local vegetables that are served for daily meals such as Spicy Rice Salad with Vegetable or Khao Yum and ready-cooked meals. However, negligible scientific knowledge is available about the bioactive compounds in local vegetables. This study aims to identify polyphenols, flavonoid contents, and anti-oxidant activity of the local vegetables in the area of Naradhiwas province. Ten local vegetables were collected and repeatedly washed before drying in a hot oven. The dried leaves were later ground into powder, and crude methanolic extracts were performed using a rotary evaporator and freeze dryer for removal of water molecule. The methanolic extracts were thereafter used to analyze polyphenol compounds by the Folin-Ciocalteu Colorimetry method. The local vegetables with high polyphenols content were selected for total flavonoid content and anti-oxidant activity analysis. Two species of local vegetables showed significantly higher total flavonoid contents and anti-oxidant activity. This investigation will lead us to advance research in the production of high value innovations from local vegetables.

Keywords: Local vegetables, Polyphenol, Flavonoid Anti-oxidant

บทนำ

โพลีฟีนอลเป็นสารเมตาโบไลต์ขั้นทุติยภูมิของพืช พบได้ทั่วไปในผัก ผลไม้ ธัญพืช ชา และ กาแฟ ถึงแม้ว่าสารโพลีฟีนอลมีความหลากหลาย แต่สารเหล่านี้สร้างมาจากสารตั้งต้นเดียวกันคือ กรดอะมิโนไทโรซีน หรือฟีนอลอาลาโนน โดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ทางชีวภาพที่เรียกว่าวิถีฟีนิลโพรพานอยด์ในพืช (Pereira, Valentao, Pereira & Andrade, 2020) สารโพลีฟีนอลเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่สามารถยับยั้งอนุมูลอิสระโดยการให้อิเล็กตรอนหรือไฮโดรเจนอะตอมจนเกิดเป็นโมเลกุลที่ไม่เป็นพิษต่อเซลล์ร่างกาย (Tsoa, 2010) โดยทั่วไปสารโพลีฟีนอลสามารถจัดเป็นกลุ่มย่อยได้แก่ กรดฟีนอลิก ฟีนอลิกเอไมด์ และ ฟลาโวนอยด์ (Seabra, Andrade, Valentao, Fernandes, Carvalho & Bastos, 2006 และ Pereira, Valentao, Pereira & Andrade, 2020)

กรดฟีนอลิก (Phenolic acids) พบมากในผักผลไม้ เมล็ดธัญพืช มักใช้เป็นส่วนประกอบในเครื่องสำอางและอุตสาหกรรมอาหาร (Kumar & Goel, 2019) ในขณะที่สารฟีนอลิกเอไมด์ (Phenolic amides) พบในผลไม้ที่มีรสหวานมีฤทธิ์ชะลอความชรา และช่วยปรับภูมิคุ้มกันในร่างกาย (Zhu, Zhao, Dai, Qin, Yuan & Wang, 2020 และ Tsao, 2010) และฟลาโวนอยด์ (Flavonoids) พบในใบ ดอก ราก ชาชนิดต่างๆ เมล็ดพืช เป็นสารที่ช่วยเสริมสร้างความจำ บำรุงสมอง ลดความเสี่ยงอัลไซเมอร์ (Panche, Diwan & Chandra, 2016)

ผักพื้นบ้านของไทยเป็นแหล่งที่ให้สารต้านอนุมูลอิสระที่สำคัญหลายชนิด ซึ่งนอกจากจะให้กลิ่นหอมและเพิ่มรสชาติของอาหารแล้ว ยังมีฤทธิ์ทางยานำมาใช้รักษาโรคหรือการรับประทานเพื่อป้องกันโรคได้อีกด้วยสารต้านอนุมูลอิสระมีคุณสมบัติในการป้องกันหรือยับยั้งอนุมูลอิสระที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมตาบอลิซึมของร่างกาย ลดปฏิกิริยาถูกโซ่และลดการถูกทำลายโดยอนุมูลอิสระที่อาจจะนำมาซึ่งโรคเรื้อรังต่างๆ เช่น โรคมะเร็ง โรคที่เกี่ยวข้องหลอดเลือดหัวใจ โรคอัลไซเมอร์ (Lobo, Patil, Phatak & Chandra, 2010) พื้นที่จังหวัดนราธิวาสเป็นแหล่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง มีผักพื้นบ้านที่นำมาใช้เป็นอาหารและสมุนไพรรักษาโรคหลายชนิด อย่างไรก็ตามแหล่งความรู้เกี่ยวกับสารสำคัญในผักพื้นบ้านของจังหวัดนราธิวาสมีน้อยมาก จึงมีความจำเป็นที่ต้องศึกษาวิจัยเพื่อนำองค์ความรู้ที่ได้มาพัฒนาผักพื้นบ้านให้เป็นพืชที่สร้างมูลค่าต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อสกัดสารสำคัญจากผักพื้นบ้าน 10 ชนิดได้แก่ ยอดมะม่วงหิมพานต์ มะระขี้นก ผักขี้หนอน ยอดปามะรุ่ม ทำม้ง ชะมวง ชะพลู ผักกาดนกเขา และขมิ้นดำ
2. เพื่อวิเคราะห์หาสารโพลีฟีนอลในผักพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิด โดยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetry
3. เพื่อตรวจวิเคราะห์สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ในพืชที่มีสารโพลีฟีนอลสูง 5 ชนิด

วิธีดำเนินการวิจัย

1. การคัดเลือกผักพื้นบ้านและการตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์

ผักพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิด ได้แก่ ยอดมะม่วงหิมพานต์ มะระขี้นก ผักขี้หนอน ยอดปามะรุ่ม ทำม้ง ชะมวง ชะพลู ผักกาดนกเขา ขมิ้นดำ หาซื้อจากตลาดเทศบาล อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส โดยพืชทุกชนิดจะเลือกใช้

เฉพาะใบอ่อนหรือใบเปสลาด จากนั้นตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์โดยใช้การรวบรวมชื่อชนิดพันธุ์ ลักษณะทางพฤกษศาสตร์สรรพคุณทางยาและการใช้ประโยชน์ด้านอาหารของผักพื้นบ้านของกรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก (สำนักคุ้มครองภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย, 2552)

2. การเตรียมตัวอย่างพืชสำหรับการสกัด

ยอดอ่อนรวมทั้งใบเปสลาดจะถูกนำมาอบแห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 50 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 48 ชั่วโมง จากนั้นนำใบแห้งที่ได้มาบดละเอียดด้วยเครื่องปั่นจนเป็นผง แล้วจึงเก็บในตู้กันความชื้นจนกว่าจะนำมาใช้สกัด

3. การสกัดหยาบด้วยเมทานอล

ซึ่งผงผักที่บดละเอียด 10 กรัม มาใส่ในขวดรูปชมพู่ขนาด 200 มิลลิลิตร เติมนเมทานอล 100 มิลลิลิตร นำขวดรูปชมพู่ไปเข้าเครื่องเขย่าด้วยความเร็ว 130 รอบต่อนาที ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน จากนั้นนำมากรองด้วยกระดาษกรอง (Whatmann) เบอร์ 42 ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 110 มิลลิเมตร ที่ส่วนที่เป็นกากผง จากนั้นระเหยตัวทำละลายออกด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบหมุน เพื่อดึงเอาเมทานอลออก ด้วยอุณหภูมิ 40 องศาเซลเซียส จนเมทานอลระเหยไปเกือบหมด จึงเติมน้ำกลั่นลงในสารสกัดประมาณ 10 มิลลิลิตรแล้วจึงนำไปเข้าเครื่องระเหยอีกครั้ง จนเหลือสารสกัดในน้ำประมาณ 10 มิลลิลิตร นำสารสกัดที่ได้ไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส ข้ามคืนจนเป็นน้ำแข็ง จากนั้นจึงนำไปเข้าเครื่องทำให้แห้งแบบแช่แข็ง เพื่อดึงเอาน้ำออก เหลือเพียงสารสกัดหยาบที่แห้งจึงนำไปวิเคราะห์ในขั้นต่อไป

4. การวิเคราะห์ปริมาณสารโพลีฟีนอล

นำสารสกัดหยาบทั้งหมด มาวิเคราะห์ปริมาณสารโพลีฟีนอลด้วยวิธี Folin-Ciocalteu Colorimetry (Singh, Chidambara & Jayaprakasha, 2002) หลักการคือ การวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกของสารสกัดทั้งหมด โดยใช้ Folin-Ciocalteu reagent ซึ่งเป็นสารละลายที่มีสีเหลือง เมื่อเติมสารต้านอนุมูลอิสระลงไปสารละลายจะเปลี่ยนเป็นสีม่วงหรือน้ำเงินซึ่งเป็นสีของ Molybdate (V) วัดค่าการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 765 นาโนเมตร โดยใช้สารมาตรฐาน Gallic acid เป็นสารมาตรฐาน ที่มีความเข้มข้น 0-600 มิลลิกรัมต่อลิตร และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร ด้วยเครื่องไมโครเพลตรีดเดอร์ (Microplate reader) และนำค่าการดูดกลืนแสงที่ได้ไปสร้างกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก จากนั้นปิเปตสารละลายตัวอย่าง 20 ไมโครลิตร แล้วเติม Folin-Ciocalteu 2N reagent 100 ไมโครลิตร และเติม Na_2CO_3 80 ไมโครลิตร ตามลำดับ โดยใช้เอทานอลเป็นแบลนด์ เขย่า และวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ 765 นาโนเมตร นำค่าที่ได้คำนวณหาปริมาณโพลีฟีนอล เทียบกับกราฟมาตรฐานกรดแกลลิก และแสดงผลเป็นค่า Gallic acid equivalents ต่อน้ำหนัก ตัวอย่างแห้งหนัก 1 กรัม (GAE/g crude extract) (ปิยะนุชและกาญจนา, 2558)

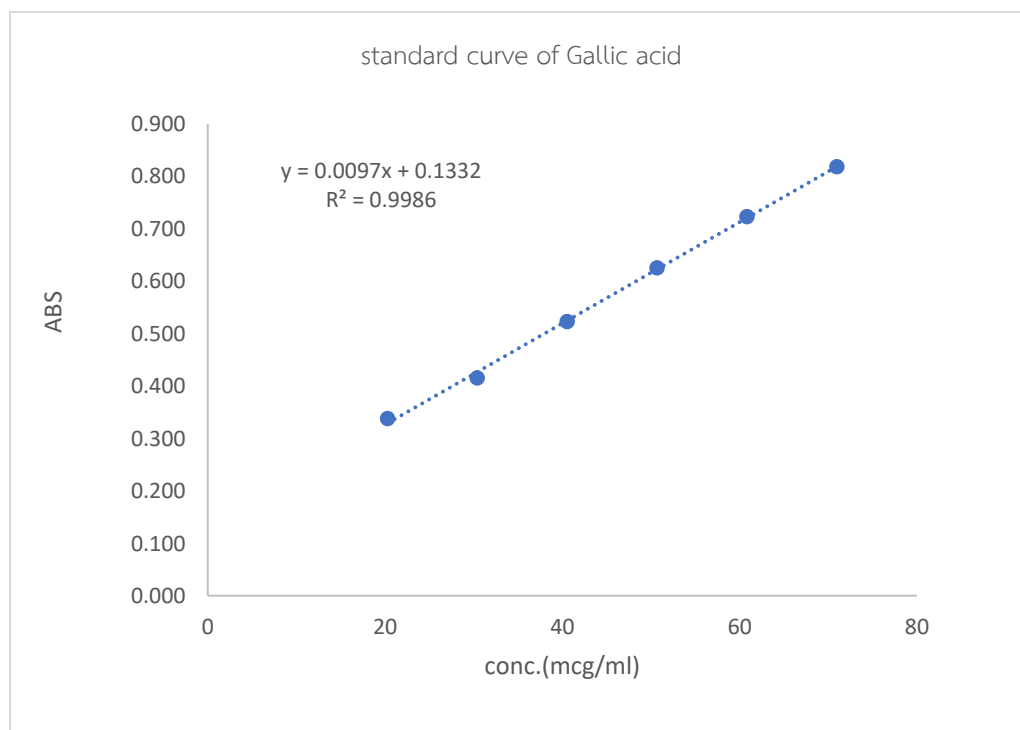
5. การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ

การวิเคราะห์หาปริมาณสารฟลาโวนอยด์และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระ ทำโดยวิธี Quercetin equivalent assay และ DPPH assay (Trolox equivalent antioxidant capacity) โดยการส่งวิเคราะห์ ณ ศูนย์ความเป็นเลิศด้านนวัตกรรมและผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ มหาวิทยาลัยแม่ฟ้าหลวง

ผลการวิจัย

1. การจำแนกชื่อวิทยาศาสตร์และการวิเคราะห์ปริมาณโพลีฟีนอล

ผักพื้นบ้านทั้ง 10 ชนิดซื้อจากตลาดเทศบาลเมืองนราธิวาส จากนั้นนำมาตรวจสอบชื่อทางวิทยาศาสตร์ จากลักษณะใบกับข้อมูลในหนังสือเล่มรวบรวมพันธุ์ไม้ของกรมพัฒนาการแพทย์และการแพทย์ทางเลือก โดยสำนักคุ้มครองภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทย (สำนักคุ้มครองภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยและสมุนไพร, 2552) และผลการวิเคราะห์หาปริมาณโพลีฟีนอลรวมโดยเทียบกับกราฟมาตรฐานแกลลิก (รูปที่ 1) พบว่าได้ค่าตั้งแต่ 6.55-97.95 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด โดยพืชที่มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงสุดคือ มะม่วงหิมพานต์ รองลงมาคือผักขึ้นนอน เท่ากับ 97.95 และ 61.39 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ ในขณะที่ ยอป่ามีปริมาณสารโพลีฟีนอลรวมน้อยที่สุดคือ 6.55 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัด ดังตารางที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟมาตรฐานของสารละลายกรดแกลลิก

ตารางที่ 1 ปริมาณฟีนอลิกรวมของผักพื้นบ้านที่วิเคราะห์ได้ในแต่ละชนิด

ลำดับที่	ชื่อสามัญ	ชื่อวิทยาศาสตร์	Total phenolic content GAE (mg/g)
1	มะม่วงหิมพานต์	<i>Anacardium occidentale</i>	97.95
2	มะระขี้นก	<i>Momordica charantia</i>	17.80
3	ผักขี้หนอน	<i>Zollingeria dongnaiensis</i> Pierre	61.39
4	ยอป่า	<i>Morinda coreia</i> Buch.-Ham.	6.55
5	มะรุม	<i>Moringa oleifera</i>	10.94
6	ทำมัง	<i>Litsea Petiolata</i> Hook.f.	24.71
7	ชะมวง	<i>Garcinia cowa</i>	16.71
8	ชะพลู	<i>Piper sarmentosum</i>	14.78
9	ผักกาดนกเขา	<i>Emilia sonchifolia</i> (L.)Dc.	19.76
10	ขมิ้นดำ	<i>Curcuma aeruginosa</i> Roxb	21.51

2. ผลการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระ

จากการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH โดยการคัดเลือกผักพื้นบ้านที่มีปริมาณ โพลีฟีนอลสูงเพียง 5 ชนิดคือ มะม่วงหิมพานต์ ผักขี้หนอน ทำมัง ชะพลู และผักกาดนกเขา จากการวิเคราะห์พบว่าสารที่สกัดด้วยเมทานอลมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระที่สูงมากในพืชสองชนิดคือ มะม่วงหิมพานต์และผักขี้หนอน ซึ่งมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระประมาณ 3,910 และ 3,895 มิลลิกรัมโทรลลอคต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ (ตารางที่ 2)

ตารางที่ 2 ปริมาณฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระของพืชผักแต่ละชนิด

ลำดับที่	ชื่อสามัญ	Antioxidant activity: DPPH assay (mg TEAC/g extract)
1	มะม่วงหิมพานต์	3,910.4 ± 14.2*
2	ผักขี้หนอน	3,895.3 ± 31.3*
3	ทำมัง	145.14 ± 3.83*
4	ชะพลู	124.28 ± 2.61*
5	ผักกาดนกเขา	65.18 ± 0.28*

* $\pm$ ค่าवलของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3)

3. การวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์

สารฟลาโวนอยด์เป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่มีบทบาทสำคัญคือ ช่วยชะลอการเสื่อมของเซลล์สมอง (Spencer, 2010) ช่วยบำรุงสมอง เสริมสร้างความจำ (Bakoyiannis, Daskalopoulou, Pergialiotis & Perrea, 2019 และ Cheatham, Niemman & Neilson, 2022) ดังนั้นจึงได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณสาร ฟลาโวนอยด์ในพืชทั้ง 5 ชนิด พบว่า ยอดมะม่วงหิมพานต์และยอดขี้หนอนมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงคือ 706.3 และ 346.2 มิลลิกรัมแควอเซตินต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ (ตารางที่ 3)

ตารางที่ 3 ปริมาณฟลาโวนอยด์ของพืชแต่ละชนิด

ลำดับที่	ชื่อสามัญ	Total flavonoid content (mg QE/g extract)
1	มะม่วงหิมพานต์	706.3 $\pm$ 9.5*
2	ผักขี้หนอน	346.2 $\pm$ 9.2*
3	ตำมั่ง	23.77 $\pm$ 0.72*
4	ชะพลู	24.54 $\pm$ 0.90*
5	ผักกาดนกเขา	35.61 $\pm$ 1.67*

* ค่าवलของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) โดยการทดลอง 3 ซ้ำ (n=3)

อภิปรายผล

จากปริมาณสารโพลีฟีนอลที่วิเคราะห์ได้จะพบว่า การสกัดด้วยเมทานอลจะให้สารออกมาในปริมาณ 97.75 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อกรัม) เมื่อเทียบกับปริมาณสารสกัดในงานวิจัยก่อนหน้านี้ พบว่าสามารถสกัดสารโพลีฟีนอลได้มากถึง 274.95 มิลลิกรัมแกลลิกต่อกรัมสารสกัด (Dumsud, Chanwun, Sukkrong & Tedphume, 2018) ซึ่งพบว่าสูงกว่าถึงเกือบสามเท่า ซึ่งอาจจะเป็นผลมาจากการสกัดด้วยสเกลขนาดใหญ่ที่ใช้ปริมาตรตัวทำละลายและน้ำหนักแห้งของยอดมะม่วงหิมพานต์จำนวนมาก (750 กรัมต่อ 3 ลิตร) ในขณะที่กลุ่มผู้วิจัยใช้สเกลขนาดเล็กคือผงแห้ง 10 กรัม ต่อ 100 มิลลิลิตรของเมทานอล การสกัดด้วยสารสกัดเมทานอลที่โดยเฉลี่ยจะอยู่ในระดับไมโครกรัมต่อกรัมของสารสกัด เนื่องจากเมทานอลเป็นตัวทำละลายที่มีความมีขั้วสูงจึงสามารถละลายสารมีขั้วออกมาได้มาก จากการวิเคราะห์พบว่ามีสารโพลีฟีนอลอยู่ในระดับสูงในพืชทุกชนิดที่ระดับมิลลิกรัมต่อกรัมของสารสกัด ผักที่มีปริมาณโพลีฟีนอลสูงสุดสองตัวอย่างแรกคือ ยอดมะม่วงหิมพานต์ ผัก

ข้า้หนอน และผักที่มีกลิ่นหอมเฉพาะตัวคือ ทำม้ง ชะพลู ผักกาดนกเขา ได้ถูกเลือกเพื่อส่งตัวอย่างวิเคราะห์หาสารฟลาโวนอยด์และสารต้านอนุมูลอิสระต่อไป

เมื่อวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า มีปริมาณสูงมากหากเปรียบเทียบกับพืชอีกสามชนิดคือ ใบทำม้ง ใบชะพลู ผักกาดนกเขา ซึ่งสูงกว่าประมาณ 25-60 เท่า จากนั้นจึงนำสารสกัดจากพืชตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด ส่งวิเคราะห์หาสารประกอบกลุ่มเป้าหมายคือฟลาโวนอยด์ จากการวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์พบว่ามีปริมาณสูงกว่าพืชอื่นๆ คือ ทำม้ง ชะพลู และ ผักกาดนกเขา ประมาณ 15-20 เท่า ดังนั้น จากการวิจัยนี้จึงทำให้ค้นพบว่า ยอดมะม่วงหิมพานต์และยอดข้า้หนอนมีสารฟลาโวนอยด์ซึ่งมีฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระสูงมาก มีรายงานการพบสารต้านอนุมูลอิสระสูงในมะม่วงหิมพานต์ก่อนหน้านี้ (Chanudom & Tangpong, 2011) มีการศึกษาแยกองค์ประกอบย่อยของสารฟลาโวนอยด์ในใบมะม่วงหิมพานต์ซึ่งพบกลุ่มย่อยได้แก่ แอนโทไซยานิน ฟลาโวนอล และ เควอเซติน (Sousa de Brito, Pessanha de Arajo, Lin & Harnly, 2014) และยังไม่มีรายงานการวิจัยสารฟลาโวนอยด์ในผักข้า้หนอน งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นเป็นครั้งแรกว่า ยอดมะม่วงหิมพานต์และยอดข้า้หนอนมีปริมาณสารฟลาโวนอยด์สูงมากเมื่อเทียบกับพืชผักชนิดอื่น ซึ่งพืชที่มีสารฟลาโวนอยด์ปริมาณสูงนี้เหมาะสมที่จะนำไปพัฒนาเป็นนวัตกรรมขั้นสูงที่จะเพิ่มมูลค่าให้พืชพื้นบ้านต่อไป

สรุปผล

ผักพื้นบ้านที่มีปริมาณสารโพลีฟีนอลสูงสุด 3 ชนิดแรกคือ มะม่วงหิมพานต์ ผักข้า้หนอน และทำม้ง ซึ่งปริมาณสารโพลีฟีนอลที่วิเคราะห์ได้คือ 97.5, 61.39 และ 24.71 มิลลิกรัมกรดแกลลิกต่อกรัมสารสกัดแห้งตามลำดับ เมื่อนำพืชที่ได้นี้ไปวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระพบว่า ยอดมะม่วงหิมพานต์และยอดข้า้หนอนมีปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระสูงคือ 3,910.4 และ 3,895.3 มิลลิกรัมTrolox ต่อกรัมสารสกัด ตามลำดับ โดยปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระในยอดมะม่วงหิมพานต์และยอดข้า้หนอนมีปริมาณสูงกว่าผักพื้นบ้านชนิดอื่นๆ ประมาณ 25-60 เท่า และเมื่อนำสารสกัดไปวิเคราะห์ปริมาณสารฟลาโวนอยด์พบว่า ยอดมะม่วงหิมพานต์และยอดผักข้า้หนอนมีปริมาณสาร 706.3 และ 346.2 มิลลิกรัมTrolox ต่อกรัมสารสกัด ซึ่งสูงกว่าผักชนิดอื่นถึงประมาณ 15-20 เท่า ดังนั้น จึงควรส่งเสริมให้มีการวิจัยขั้นสูงและพัฒนานวัตกรรมจากยอดมะม่วงหิมพานต์ และยอดข้า้หนอน ต่อไปในอนาคต

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยในอนาคตควรมุ่งเน้นการศึกษาสารประกอบฟลาโวนอยด์ และสารต้านอนุมูลอิสระในพืชดังกล่าวข้างต้นคือ ยอดมะม่วงหิมพานต์ ยอดผักขึ้นนอน เพื่อนำไปเป็นส่วนประกอบของอาหาร รวมถึงศึกษาถึงผลต่อความจำของคนกลุ่มต่างๆ เพื่อเพิ่มมูลค่าของนวัตกรรมให้มากยิ่งขึ้น

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณเงินทุนสนับสนุนการวิจัยจากสำนักงานสภานโยบายการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรมแห่งชาติ (หน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.)) และคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธราชนครินทร์ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และเครื่องมือในการทำวิจัย

อ้างอิง

- ปิยะนุช เจริญผล และ กาญจนา วงศ์กระจ่าง, (2558) การศึกษาระบบตัวทำละลายที่เหมาะสมของการสกัดและปริมาณฟีนอลิก ฟลาโวนอยด์และฤทธิ์ต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากใบดาวเรือง, Bakoyiannis วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์, ปีที่ 7, ไม่ปรากฏเลขหน้า.
- สำนักคุ้มครองภูมิปัญญาการแพทย์แผนไทยและสมุนไพร. 2553 สารานุกรมสมุนไพรในพื้นที่เขตอนุรักษ์ภูผากูด จังหวัดมุกดาหาร.กรมพัฒนาการแพทย์แผนไทยและการแพทย์ทางเลือก กระทรวงสาธารณสุข. พิมพ์ครั้งที่ 1. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์องค์การสงเคราะห์ทหารผ่านศึกในพระบรมราชูปถัมภ์.
- Bakoyiannis, I., Daskalopoulou A., Pergialiotis V., Perrea D. (2019). Phytochemicals and cognitive health: Are flavonoids doing the trick? *Biomedicine & Pharmacotherapy*, 109, .1497-1488
- Chanudom L., and Tangpong J. (2011). Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities from 13 Thai traditional plants. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 30, 1.
- Cheatham, C.L., Niemman D. C., Neilson D.P. (2022). Enhancing the Cognitive Effects of Flavonoids With Physical Activity: Is There a Case for the Gut Microbiome? *Frontier Neuroscience*, 16, .833202

- Dumsud, T., Chanwun, T., Sukkrong, C., Tedphume T. (2018). Anti-advanced glycation end-products and α -glucosidase activities from shoot of *Anacardium occidentale* Linn. extract. *วารสารวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี หัวเฉียวเฉลิมพระเกียรติ*, 4(2), 30-39.
- Kumar, N. and Goel, N., (2019). Phenolic acids: Natural versatile molecules with promising therapeutic applications. *Biotechnology Report*, 24, e.00370
- Lobo, V., Phatil, A., Phatak, A., Chandra N., (2010). Free radicals, antioxidants and functional foods: Impact on human health. *Pharmacogn Rev*, (8)4 , -1181.26
- Panche, A.N., Diwan, A. D., Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of nutritiional science*, 5, p. e.47
- Pereira M.D., Valentao P., Pereira A. J., Andrade P. B., (2009). Phenolics: from chemistry to biology. *Molecule*, 14, 2202-2211.
- Seabra, R.M., Andrade, P.B., Valentão, P., Fernandes, E., Carvalho, F., Bastos, M.L. (2006) In *Biomaterials from Aquatic and Terrestrial organisms*; Fingerman, M., Nagabhushanam, R., Eds., *Science Publishers*: Enfield, NH, USA, pp. 115-174.
- Singh, R.P., Chidambara K. N., Jayaprakasha, G. K., (2002). Studies on the Antioxidant Activity of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Seed Extracts Using in Vitro Models. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (1)50 , .86-81
- Spencer, J.P.E., (2010). The impact of fruit flavonoids on memory and cognition. *British Journal of Nutrition*, 104 S(3), S-40S.47
- Sousa de Brito, E., Pessanha de Arajo, C., Lin L.-Z., Harnly, J., (2014). Determination of the flavonoid components of cashew apple (*Anacardium occidentale*) by LC-DAD-ESI/MS. *Food Chem*, 105(3), 1112-1118
- Tsao, R., (2010). Chemistry and biochemistry of dietary polyphenols. *Nutrients*, (12)2, -123112.46
- Zhu, P.-F., Zhao Y.-L., Dai Z., Qin X.-J., Yuan H.-L., Jin Q., Wang., (2020). Phenolic Amides with Immunomodulatory Activity from the Nonpolysaccharide Fraction of *Lycium barbarum* Fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, (10)68, .3087-3079

การศึกษารวมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

The Nature of Mathematical Conceptual Understanding of Grade 6 Students on Weight Measurement Based on APOS Theory

นนทกร ประชุมกาเยะมาต^{1*}, จิตติมา มานะการ², โรสนี จริยะมาการ³, ยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ⁴, นูรีดา อูมา⁵
Nonttakorn Prachumkayohmat^{1*}, Chittima Manakarn², Rosnee Chariyamakarn³, Yupawan Srisawat⁴,
Nureeda Umar⁵

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted 20 November,2023)

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษารวมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่งตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้ระเบียบวิธีการวิจัยเชิงคุณภาพที่เน้นการวิเคราะห์โพโทคอล และนำเสนอข้อมูลแบบบรรยายเชิงวิเคราะห์ กลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง โดยเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ ได้แก่ 1) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง เป็นแบบทดสอบปรนัย จำนวน 20 ข้อ และ 2) งานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง โดยงานปฏิบัติดังกล่าวเป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 20 ข้อ การเก็บรวบรวมข้อมูลเริ่มจากให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง จากนั้นแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน พิจารณาคะแนนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ โดยใช้เทคนิค 25% (1: 2: 1) หลังจากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดังกล่าวทำงานปฏิบัติเพื่อพิจารณาคะแนน และคัดเลือกนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจำนวน 9 คน และทำการสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง อยู่ที่ระดับการกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งเห็นได้จากการเขียนตอบในงานปฏิบัติและจากการสัมภาษณ์ กล่าวคือ นักเรียนสามารถปฏิบัติตามเงื่อนไขที่กำหนด นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถอธิบายและสรุปผล

^{1,2,3,4 และ 5} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏวชิราวุธราชชนครินทร์ นราธิวาส 96000 ประเทศไทย

^{1,2,3,4 และ 5} Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, 96000 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Nonttakorn.p@pnu.ac.th

มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ที่ระดับแผนภาพทางปัญญา นั่นคือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการชั่งเพื่อที่จะหาคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้

คำสำคัญ: ระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ การชั่ง ทฤษฎี APOS

Abstract

This research aims to study the nature of mathematical conceptual understanding of grade 6 students on weight measurement based on APOS theory. This study used the qualitative research method and presented as descriptive data analysis. The study groups of the students were identified and selected with a specific purpose. The research tools were as follows: (1) a multiple-choice mathematical proficiency test, with 20 questions on weight measurement; and (2) a task on weight measurement in the form of a subjective test with 20 questions. Regarding the data collection process, the students took a mathematical proficiency test on weight measurement and were divided into three groups, namely, top-level, middle-level, and low-level scores, and the 25% technique (1: 2: 1) was applied to test scores. Then, the students in each group were given a task on weight measurement, consisting of four levels on a conceptual understanding of mathematical concepts, following the APOS theory framework. The data was analyzed after being obtained from a focus group of nine sixth-grade students, and the students in the focus group were divided into four different levels on a conceptual understanding of mathematical concepts were interviewed. The results revealed the following: students achieved the action, process and object levels on weight measurement were illustrated by their words from the interviews; some students achieved the schema level on weight measurement in order to find the correct solution on weight measurement.

Keywords: Mathematical conceptual understanding levels, Weight measurement, APOS theory

บทนำ

การเรียนรู้คณิตศาสตร์ในระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน เป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งในการที่จะช่วยส่งเสริมให้ผู้เรียนเกิดความคิดอย่างเป็นระบบและคิดอย่างมีเหตุผล ซึ่งคณิตศาสตร์เป็นรายวิชาสำคัญวิชาหนึ่งที่พัฒนาให้เกิดความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เศรษฐกิจและสังคม โลกในปัจจุบันมีความเจริญก้าวหน้าส่วนหนึ่งเป็นผลจากการคิดค้นทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในทุกสาระได้มุ่งเน้นให้นักเรียนเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ (Ministry of education, 2008) สภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (National Council of Teachers of Mathematics : NCTM, 2000) ได้เสนอหลักการและมาตรฐานสำหรับคณิตศาสตร์ในโรงเรียน ซึ่งหนึ่งในหกหลักการการเรียนรู้ที่นำเสนอไว้ กล่าวว่า นักเรียนต้องเรียนคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจ เสริมสร้างความรู้ใหม่จากความรู้และประสบการณ์ที่ตนเองมีอยู่ก่อนหน้านี้อย่าง กระตือรือร้น และจากการศึกษาของ Makhanong (2003) พบว่า ความเข้าใจทางคณิตศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ การเรียนคณิตศาสตร์โดยการจำข้อเท็จจริง หรือขั้นตอนวิธีการโดยปราศจากความเข้าใจจะเป็นอุปสรรคสำคัญของการนำความรู้ไปใช้เป็นพื้นฐานในการเรียนระดับที่สูงขึ้น

ปัจจุบันในชั้นเรียนคณิตศาสตร์มักพบปัญหาเกี่ยวกับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนอยู่บ่อยครั้ง ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เป็นหนึ่งในห้าของสมรรถนะทางคณิตศาสตร์ และเป็นสมรรถนะอันดับแรกของผู้เรียนคณิตศาสตร์ควรมี ซึ่งควรส่งเสริมให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนทุกคนในชั้นเรียน (Kilpatrick, Swafford, Findell & Editors, 2001) การที่ผู้เรียนมีความเข้าใจเชิง มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ จะทำให้ผู้เรียนมองเห็นการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์และกระบวนการซึ่งจะนำไปสู่การให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ได้อย่างเป็นลำดับ (NCTM, 2000) ทฤษฎีที่ใช้ในการประเมิน และอธิบายพัฒนาการเกี่ยวกับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในแง่ของการเรียนการสอนมีหลายทฤษฎีด้วยกัน ทฤษฎีหนึ่งที่นักวิจัยทางด้านคณิตศาสตร์ศึกษานำมาใช้ คือ ทฤษฎี APOS มีเป้าหมายเพื่อใช้เป็นกรอบแนวคิดในการประเมิน และอธิบายพัฒนาการเกี่ยวกับระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของผู้เรียนว่าเป็นอย่างไร (Prachumkayohmat, 2019) ทฤษฎี APOS ที่นำเสนอโดยดูบินสกี (Dubinsky, 1991) ได้แบ่งระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับการกระทำ (Action : A) 2) ระดับกระบวนการ (Process : P) 3) ระดับสิ่งที่เรียนรู้ (Object : O) และ 4) ระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema : S)

การวัดและเรขาคณิตเป็นสาระการเรียนรู้หนึ่งในคณิตศาสตร์ ซึ่งสาระดังกล่าวในโรงเรียนหรือในชีวิตประจำวัน มีความสำคัญมากเนื่องจากการวัดเกี่ยวข้องและมีบทบาทอย่างมากต่อการดำเนินชีวิตของมนุษย์เรา (National Measurement Office, 2017) ในหลักสูตรประถมศึกษาหรือมัธยมศึกษาตอนต้นจึงระบุให้เน้นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นความเข้าใจเกี่ยวกับการวัดและกำหนดให้เรียนในทุกระดับชั้น ซึ่งการซึ่งเป็นส่วนหนึ่งในสาระ

การวัดถือว่าเป็นเนื้อหาที่สำคัญและเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของนักเรียนชั้นประถมศึกษาโดยตรง (Prachumkayohmat, Piasai, Hajisalah & Janjaroon, 2020) จากการศึกษาของ Sethachan (2013) ที่ได้ทำการสัมภาษณ์ครูระดับประถมศึกษา จำนวน 5 ท่าน ได้ให้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับปัญหาการเรียนสาระการวัด พบว่านักเรียนมีปัญหาในเรื่องการเปลี่ยนหน่วย เช่น ไม่สามารถเปลี่ยนหน่วยจากเซนติเมตรเป็นเมตร จากกรัมเป็นกิโลกรัมได้ เพราะไม่เข้าใจหลักการเปลี่ยน และผลจากการสัมภาษณ์ครูคณิตศาสตร์ระดับประถมศึกษา เกี่ยวกับปัญหาการจัดการเรียนรู้ในสาระการวัด พบว่า ครูส่วนใหญ่มุ่งเน้นการสอนตามเนื้อหาตามหลักสูตรที่กำหนด ไม่ได้มุ่งเน้นให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกปฏิบัติจริง เพื่อให้นักเรียนได้เห็นภาพและทำให้นักเรียนรู้สึกสนุกไปกับการเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้สัมผัสกับเครื่องมือวัดและอุปกรณ์จริง จึงทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน (Prachumkayohmat, Piasai, Hajisalah & Janjaroon, 2020)

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้น ทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในบริบทของนักเรียนไทย โดยการศึกษาจะอยู่ในกรอบของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ฉบับปรับปรุง พุทธศักราช 2560) งานวิจัยนี้จะสะท้อนให้เห็นถึงธรรมชาติที่แท้จริงของนักเรียนที่เกี่ยวกับระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ว่านักเรียนมีความเข้าใจเรื่องดังกล่าวอย่างไร ซึ่งข้อมูลดังกล่าวจะเป็นประโยชน์เพื่อนำมากำหนดแนวทางและวางแผนการจัดการเรียนรู้คณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ให้เหมาะสมและสอดคล้องกับความสามารถของผู้เรียนต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

วิธีดำเนินการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร คือ นักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ของโรงเรียนแห่งหนึ่ง ในจังหวัดนราธิวาส จำนวน 32 คน คัดเลือกนักเรียนโดยทำการเลือกแบบเจาะจง โดยผ่านการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง จำนวน 20 ข้อ เพื่อคัดแยกนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ นักเรียนกลุ่มเก่ง นักเรียนกลุ่มปานกลาง และนักเรียนกลุ่มอ่อน โดยจัดเรียงคะแนนจากการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง

การชั่ง และนักเรียนทั้ง 32 คน เป็นนักเรียนที่ให้ทำงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง เพื่อศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS

กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนที่คัดเลือกมาจากนักเรียนที่มีส่วนเกี่ยวข้องกับการวิจัย (กลุ่มประชากร) จำนวน 32 คน จากนักเรียนกลุ่มเก่ง นักเรียนกลุ่มปานกลาง และนักเรียนกลุ่มอ่อน กลุ่มละ 3 คน รวม 9 คน โดยเลือกจากกลุ่มนักเรียนทั้งหมดที่ทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง และนักเรียนที่ทำงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS เป็นกลุ่มนักเรียนที่ใช้เพื่อศึกษาเจาะลึกระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ที่ใช้ความรู้ในระดับประถมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย และเป็นนักเรียนที่ผู้วิจัยพิจารณาแล้วว่าน่าจะให้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ เมื่อพิจารณาจากการเขียนตอบในงานปฏิบัติ (Task) และการสื่อสารของนักเรียน มีการสัมภาษณ์เชิงลึกเป็นรายกรณี ในการวิเคราะห์ข้อมูลครั้งนี้ผู้วิจัยตั้งชื่อสมมติของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง เป็นแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 20 ข้อ ที่ผ่านการทดสอบคุณภาพเครื่องมือจากผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.24-0.74 และมีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.24-0.47 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 0.88
2. งานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง ที่ปรับปรุงจากระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ (Prachumkayohmat, 2019) เป็นแบบทดสอบอัตนัยจำนวน 20 ข้อ ที่ผ่านการคัดเลือกข้อคำถามโดยการสนทนากลุ่ม (Focus Group) กับผู้เชี่ยวชาญด้านคณิตศาสตร์ศึกษาจำนวน 3 ท่าน

การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. ให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จำนวน 32 คน ทำงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง แล้วทำการวิเคราะห์ผลการทำงานปฏิบัติดังกล่าวที่สร้างขึ้นตามกรอบทฤษฎี APOS เพื่อจำแนกระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในแต่ละระดับของนักเรียน โดยพิจารณาคะแนนของนักเรียนที่ได้จากระดับการกระทำ ระดับกระบวนการ ระดับสิ่งที่เรียนรู้ และระดับแผนภาพทางปัญญา และการวิจัยนี้ได้กำหนดเกณฑ์ร้อยละ 80 ใช้ตัดสินในการผ่านแต่ละระดับ กล่าวคือ ถ้านักเรียนคนใดได้คะแนนตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป ถือว่านักเรียนคนดังกล่าวมีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ในระดับนั้น

ทฤษฎี APOS ที่นำเสนอโดยดูบินสกี (Dubinsky, 1991) ได้แบ่งระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็น 4 ระดับ ได้แก่ 1) ระดับการกระทำ (Action : A) 2) ระดับกระบวนการ (Process : P) 3) ระดับสิ่งที่เรียนรู้ (Object : O) และ 4) ระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema : S) พฤติกรรมแต่ละระดับของความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง **ระดับการกระทำ (Action)** นักเรียนสามารถ 1) บอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักตามคำสั่งที่กำหนดให้ได้ โดยข้อคำถามจากงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง ในระดับการกระทำ ข้อ A1-A4 ให้นักเรียน

บอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดให้ดังรูป โดยเติมตัวอักษรภาษาอังกฤษให้ตรงตามชื่อเครื่องชั่งน้ำหนักให้ถูกต้อง 2) เลือกใช้เครื่องมือในการชั่งน้ำหนักตามที่ระบุได้ ข้อ A5-A8 ให้นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือในการชั่งน้ำหนักสิ่งของตามที่ระบุดังภาพ 3) ชั่งน้ำหนักตามคำสั่งโดยใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่กำหนดให้ได้ ข้อ A9-A10 ให้นักเรียนบอกน้ำหนักจากสิ่งที่กำหนดให้ และให้นักเรียนวาดเข็มตาชั่งเพื่อแสดงน้ำหนักของสิ่งที่กำหนดให้ต่อไป

ระดับกระบวนการ (Process) นักเรียนสามารถ 1) เลือกใช้เครื่องชั่งน้ำหนักที่เหมาะสมในการชั่งสิ่งของที่กำหนดให้ได้ ข้อ P1-P3 ให้นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือในการชั่งน้ำหนัก และบอกหน่วยการชั่งที่เหมาะสมในการชั่งน้ำหนักของสิ่งที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องชั่งน้ำหนักนั้น และ 2) คาดคะเนน้ำหนักของสิ่งที่กำหนดให้ที่เป็นแบบมาตรฐานได้ ข้อ P4-P5 ให้นักเรียนโยงภาพที่กำหนดให้ กับน้ำหนักที่คาดคะเนได้ และให้ตอบคำถามว่าใครคาดคะเนให้เหมาะสมกับความเป็นจริง และไม่เหมาะสมกับความเป็นจริงมากที่สุด พร้อมอธิบายเหตุผล

ระดับสิ่งที่เรียนรู้ (Object) นักเรียนสามารถ 1) เปลี่ยนหน่วยการชั่งที่กำหนดให้ที่เป็นแบบมาตรฐานได้ ข้อ O1 ให้นักเรียนหาน้ำหนักของสิ่งที่กำหนดให้ พร้อมแสดงวิธีคิด 2) นำกระบวนการในการชั่งมาเชื่อมโยงกับความรู้อื่นเพื่อสร้างโมทัศน์ใหม่เกี่ยวกับการชั่งได้ ข้อ O2 ให้นักเรียนระบุน้ำหนักและหน่วยการชั่งลงในช่องสี่เหลี่ยมให้น้ำหนักทั้งสองข้างเท่ากัน ข้อ O3 กำหนดน้ำหนักของผลไม้ชนิดต่าง ๆ ดังภาพ ให้นักเรียนจับคู่ภาพผลไม้ให้ตรงกับน้ำหนักบนตาชั่ง พร้อมทั้งวาดสเกลน้ำหนักรวมของผลไม้ทั้งห้าชนิด และ

ระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema) นักเรียนสามารถแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการชั่งน้ำหนักโดยอธิบายความเข้าใจในระดับการกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ได้ ข้อ S1-S2 ให้นักเรียนแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการชั่งต่อไป

2. แบ่งนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ออกเป็น 3 กลุ่ม ที่พิจารณาจากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ได้แก่ นักเรียนกลุ่มเก่ง นักเรียนกลุ่มปานกลาง และนักเรียนกลุ่มอ่อน โดยคัดเลือกนักเรียนมาสัมภาษณ์อย่างน้อย กลุ่มละ 1 คน ซึ่งใช้การสัมภาษณ์โดยใช้งานเป็นฐาน (Task-based interview) พร้อมทั้งใช้เครื่องบันทึกวีดิทัศน์บันทึกเหตุการณ์ขณะทำการสัมภาษณ์ โดยข้อมูลจากวีดิทัศน์จะถูกนำมาถอดเป็นข้อความในรูปโปรโตคอล (Protocol) เพื่อหาหลักฐานระดับความเข้าใจเชิงโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน และนำเสนอข้อมูลแบบบรรยายเชิงวิเคราะห์ (Analytic description) สังเคราะห์ข้อมูลและสรุปผลการศึกษาระดับความเข้าใจเชิงโมทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ สถิติพื้นฐาน ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. สถิติที่ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา (IOC) ความยากง่าย (p) อำนาจจำแนก (r) ความเชื่อมั่นโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบัก (Cronbach's alpha coefficient; α)
3. การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพ โดยนำข้อมูลที่ได้จากการทำงานปฏิบัติของนักเรียน และโปรโตคอลที่ได้จากการถอดเสียงจากเครื่องบันทึกวีดิทัศน์ มาวิเคราะห์ธรรมชาติ

ของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของดูบินสกี (Dubinsky, 1991) แล้วนำเสนอในรูปแบบการบรรยายเชิงวิเคราะห์

ผลการวิจัย

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบทฤษฎี APOS ของดูบินสกีว่าเป็นอย่างไร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง อยู่ที่ระดับการกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ ซึ่งเห็นได้จากการเขียนตอบในงานปฏิบัติและจากการสัมภาษณ์เชิงลึกโดยใช้งานเป็นฐาน (Task-based interview) กล่าวคือ ที่ระดับการกระทำนักเรียนกลุ่มเป้าหมายสามารถปฏิบัติตามคำสั่ง หรือเงื่อนไขที่กำหนด เช่น นักเรียนสามารถบอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดให้ ดังรูป โดยเติมตัวอักษรภาษาอังกฤษให้ตรงตามชื่อเครื่องชั่งน้ำหนักได้ถูกต้อง โดยผู้วิจัยพยายามใช้คำถามเพื่อสร้างความเข้าใจที่ตรงกันเกี่ยวกับความสามารถในการบอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนัก ดังตัวอย่างในโพโทคอลต่อไปนี้

ความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับการกระทำ (Action)

ผู้วิจัย : จากข้อ A1 โจทย์ให้นักเรียนบอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักตามที่กำหนดให้ บอกครูได้ไหมว่าแต่ละภาพเรียกชื่อว่าอะไรบ้าง

นักเรียนกลุ่มเก่งคนที่ 1 มะนาว : (มะนาวแสดงสีหน้ามั่นใจ) พร้อมตอบว่าข้อ A1 คือภาพ A เรียกว่า “เครื่องชั่งสปริงแบบเข็ม” (มะนาวชี้ไปที่ภาพ A) กับ B เรียกว่า “เครื่องชั่งดิจิตอล” ค่ะ (ชี้ไปที่ภาพ B)

นักเรียนกลุ่มปานกลางคนที่ 1 ส้ม : (ส้มอมยิ้ม แล้วนิ่งไป 5 วินาที) แล้วตอบว่า “เครื่องชั่งสปริงแบบเข็ม” คือภาพ A ภาพ B เรียกว่า “เครื่องชั่งดิจิตอล” (ชี้ไปที่ภาพ A และ B)

นักเรียนกลุ่มอ่อนคนที่ 3 ละมุด : (ละมุดเกาหัว) แล้วตอบว่า A เรียกว่า “เครื่องชั่งสปริงแบบเข็ม” B เรียกว่า “เครื่องชั่งดิจิตอล” ใช่ไหมครับ? (ชี้ไปที่ภาพ A และ B)

จากงานปฏิบัติและโพโทคอลจะเห็นได้ว่านักเรียนเข้าใจในคำสั่งที่โจทย์กำหนดให้ซึ่งนักเรียนทั้งสามคนตอบในลักษณะเดียวกัน สอดคล้องกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายคนที่เหลือที่แสดงให้เห็นว่ามีความเข้าใจที่ระดับการกระทำ กล่าวคือ นักเรียนกลุ่มเป้าหมายสามารถยืนยันความเข้าใจของตนเองว่าเข้าใจในคำสั่งที่โจทย์กำหนดให้ว่าอย่างไร และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายที่เป็นนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน สามารถบอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักได้ถูกต้องครบถ้วน แต่นักเรียนกลุ่มปานกลาง (ส้ม) และกลุ่มอ่อน (ละมุด) สามารถบอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักได้ถูกต้องเพียงบางส่วนเท่านั้น

จากโปรโตคอลที่นำเสนอไว้ข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มปานกลางและกลุ่มอ่อน ไม่มั่นใจในการตอบชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักของตนเอง โดยนักเรียนจะแสดงพฤติกรรมออกมา เช่น เกาหัว อมยิ้ม และเงียบเป็นเวลา 5 ถึง 10 วินาที ก่อนที่จะตอบคำถามต่อผู้วิจัย สาเหตุอาจเป็นเพราะนักเรียนไม่คุ้นเคยกับการใช้เครื่องมือชั่งน้ำหนักบางชนิด หรือขาดประสบการณ์ในการใช้จริงในชีวิตประจำวันหรือในขณะที่เรียนในชั้นเรียน และการเรียนเนื้อหาเพียงแต่ในหนังสือเรียนโดยขาดการลงมือปฏิบัติอาจทำให้ขาดความคงทนในการจดจำชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนักประเภทต่าง ๆ และการเลือกใช้งานที่เหมาะสมได้

ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับกระบวนการ (Process)

จากงานปฏิบัติ เรื่อง การชั่ง ข้อ P3 ให้นักเรียนเลือกใช้เครื่องมือในการชั่งน้ำหนัก และบอกหน่วยการชั่งที่เหมาะสมในการชั่งน้ำหนักของสิ่งที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลในการเลือกใช้เครื่องชั่งน้ำหนักนั้น นักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน สามารถอธิบายและสรุปผลของคำตอบจากการทำงานปฏิบัติได้ แสดงด้วยตัวอย่างผลงานของนักเรียนดังนี้

เครื่องชั่งน้ำหนัก



ข้อ P3 ถ้าแม่ค้าต้องการชั่งน้ำหนักอะโวคาโด 25 ผล

นักเรียนกลุ่มเก่ง

แม่ค้าจะเลือกใช้เครื่องชั่งหมายเลขใด..... 5..... 1

เหตุผลที่เลือกใช้เครื่องชั่งนี้..... เพราะสามารถชั่งอะโวคาโดได้รวมกันได้เยอะ และชั่งน้ำหนักได้อย่างรวดเร็ว..... 2

หน่วยการชั่งที่เหมาะสมในการชั่งน้ำหนักอะโวคาโดคือ..... กิโลกรัม..... 1

ข้อ P3 ถ้าแม่ค้าต้องการชั่งน้ำหนักอะโวคาโด 25 ผล

นักเรียนกลุ่มปานกลาง

แม่ค้าจะเลือกใช้เครื่องชั่งหมายเลขใด..... 1..... 1

เหตุผลที่เลือกใช้เครื่องชั่งนี้..... เพราะเครื่องชั่งนี้สามารถชั่งได้เยอะ..... 2

หน่วยการชั่งที่เหมาะสมในการชั่งน้ำหนักอะโวคาโดคือ..... กิโลกรัม..... 1

ข้อ P3 ถ้าแม่ค้าต้องการชั่งน้ำหนักอะโวคาโด 25 ผล

นักเรียนกลุ่มอ่อน

แม่ค้าจะเลือกใช้เครื่องชั่งหมายเลขใด..... 1..... 1

เหตุผลที่เลือกใช้เครื่องชั่งนี้..... เพราะเครื่องชั่งนี้สามารถชั่งได้เยอะ..... 2

หน่วยการชั่งที่เหมาะสมในการชั่งน้ำหนักอะโวคาโดคือ..... กิโลกรัม..... 1

ภาพที่ 1 ผลการทำงานปฏิบัติระดับกระบวนการ (Process) ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

จะเห็นว่านักเรียนกลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน เลือกใช้เครื่องชั่งน้ำหนักหมายเลข 1 เครื่องชั่งสปริงแบบ 20 กิโลกรัมอาจเป็นเพราะนักเรียนเคยเห็นแม่ค้าใช้ตามท้องตลาดทั่วไป ซึ่งเป็นคำตอบที่นักเรียนส่วนใหญ่เลือกตอบ

แต่สำหรับนักเรียนกลุ่มเก่งมีแนวคิดในการเลือกใช้เครื่องมือชั่งน้ำหนักที่แตกต่างจากกลุ่มที่กล่าวมาข้างต้น คือ เลือกใช้เครื่องมือชั่งน้ำหนักหมายเลข 5 เครื่องชั่งดิจิตอล อาจจะเป็นเพราะประสบการณ์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่มที่ต่างกัน โดยนักเรียนได้ให้เหตุผลว่าเครื่องชั่งน้ำหนักหมายเลข 5 แสดงค่าน้ำหนักได้ไวกว่าเครื่องชั่งน้ำหนักหมายเลข 1

ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับสิ่งที่เรียนรู้ (Object)

จากงานปฏิบัติ เรื่อง การชั่ง ข้อ O1 ให้นักเรียนหาน้ำหนักของสิ่งที่กำหนดให้ พร้อมแสดงวิธีคิด นักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน สามารถอธิบาย นำกระบวนการในการชั่งมาเชื่อมโยงกับความรู้อื่นเพื่อสร้างมโนทัศน์ใหม่เกี่ยวกับการชั่ง และสรุปผลของคำตอบจากการทำงานปฏิบัติได้ถูกต้องเพียงบางส่วน แสดงด้วยตัวอย่างผลงานของนักเรียนดังนี้

นักเรียนกลุ่มเก่ง



ข้อ O1 จากข้อมูลข้างต้น สับประรด 1 ลูกจะมีน้ำหนักเป็นกิโลกรัม กี่ขีด
จงแสดงวิธีคิด...
ผลคูณ 1 ลูก 800 + กรัม
ผลคูณ 2 ลูก 800 + กรัม
1600
หน่วย 1 ก่อน 250 + กรัม
หน่วย 2 250 + กรัม
500
ดังนั้น ผลคูณ 2 ลูก - หน่วย 2 ก่อน = 1600 - 500 กรัม
= 1100 กรัม
สรุป 1 ลูก 1,100 กรัม = 1 กิโลกรัม 1 ชีด
ตอบ จากข้อมูลข้างต้น สิ่งของ 1 ลูก
จะมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม 1 ชีด



ข้อ O1 จากข้อมูลข้างต้น สับประรด 1 ลูกจะมีน้ำหนักเป็นกิโลกรัม กี่ขีด
จงแสดงวิธีคิด...
ผลคูณ 1 ลูก 800 + กรัม = 1600 กรัม
แล้ว หน่วย 2 ก่อนมาบวก = 400 กรัม
1600
400
1200
ดังนั้น ผลคูณ 1 ลูก จะมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม 2 ชีด

นักเรียนกลุ่มปานกลาง



ข้อ O1 จากข้อมูลข้างต้น สับประรด 1 ลูกจะมีน้ำหนักเป็นกิโลกรัม กี่ขีด
จงแสดงวิธีคิด...
วิธีทำ...
เกณฑ์หนึ่งก่อนมีน้ำหนักเท่ากับ 2 ชีดครึ่ง
เมื่อนำหนึ่งลูกหนัก 800 กรัม
2 ชีด = 200 กรัม
800 กรัม = 8 ชีด
2 ชีด + 8 ชีด = 10 ชีด ซึ่งเท่ากับ 1000 กรัม
แต่ 8 ชีด = 800 กรัม
ดังนั้น ผลคูณหนึ่งลูกจะมีน้ำหนัก 1 กิโลกรัม 2 ชีด

นักเรียนกลุ่มอ่อน

ภาพที่ 2 ผลการทำงานปฏิบัติระดับสิ่งที่เรียนรู้ (Object) ของนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

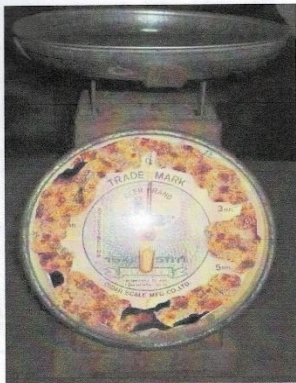
จากภาพที่ 2 เป็นตัวอย่างบางส่วนของร่องรอยการเขียนตอบของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ทั้ง 3 กลุ่ม จะเห็นว่านักเรียนกลุ่มเก่ง สามารถอธิบาย นำกระบวนการในการซึ่งมาเชื่อมโยงกับความรู้อื่นเพื่อสร้างมโนทัศน์ใหม่เกี่ยวกับการซึ่ง แต่สรุปผลของคำตอบจากการทำงานปฏิบัติได้ถูกต้องเพียงบางส่วน สำหรับนักเรียนกลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน ไม่สามารถเปลี่ยนหน่วยที่โจทย์กำหนดมาให้ เช่น เนยหนึ่งก้อนมีน้ำหนักเท่ากับ 2 ชีดครึ่ง นักเรียนทั้ง 2 กลุ่มดังกล่าวจึงใช้การเปลี่ยนหน่วยจาก 2 ชีด เป็น 200 กรัม แต่น้ำหนักอีกครั้งชีดนักเรียนไม่นำมาบวกกับน้ำหนักที่มีอยู่แล้ว 2 ชีด สาเหตุอาจเป็นเพราะนักเรียนอาจจะไม่เข้าใจในภาษาเขียนที่โจทย์กำหนดให้ เช่น 2 ชีดครึ่ง หรือครึ่งชีด นักเรียนอาจไม่เข้าใจในการเปลี่ยนหน่วยการซึ่งน้ำหนักจากชีดเป็นกรัม จากกรัมเป็นชีด หรือไม่รู้ว่าครึ่งชีดเข้มของตาซึ่งจะชี้ไปที่ไหน จึงทำให้คำตอบที่ได้ไม่ถูกต้อง

นักเรียนกลุ่มเป้าหมายบางส่วนที่มีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ระดับแผนภาพทางปัญญานั้นคือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการซึ่งเพื่อที่จะหาคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้

ความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema)

จากงานปฏิบัติ เรื่อง การซึ่ง ข้อ S2 ให้นักเรียนแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับการซึ่งน้ำหนัก มีเพียงนักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเก่งเท่านั้น ที่มีความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ระดับแผนภาพทางปัญญากล่าวคือ สามารถแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับการซึ่งน้ำหนักโดยอธิบายความเข้าใจในระดับการกระทำกระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้เพื่อที่จะหาคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้ สามารถแสดงด้วยตัวอย่างผลงานของนักเรียนดังนี้

ข้อ S2 กำหนด ตาซึ่งที่มีรอยเส้น ดังภาพ

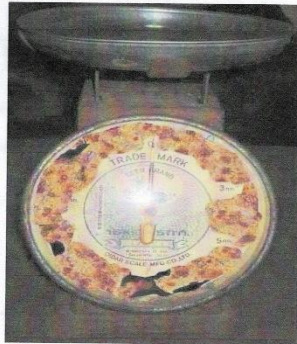


ถ้านักเรียนต้องการซึ่งให้ได้น้ำหนัก 7 กิโลกรัม โดยใช้ตาซึ่งดังภาพ นักเรียนจะมีวิธีการซึ่งอย่างไร
จงแสดงวิธีคิด

ครั้งแรกซึ่งก้อน 5 กิโลกรัม แล้วนำออก 5 กิโลกรัม
แล้วนำออกอีก 2 กิโลกรัม นั่นก็พอได้
ซึ่งครั้งที่สองอีก 5 กิโลกรัม ได้ 5 กิโลกรัมแล้วนำมาบวกกับ
5 กิโลกรัมซึ่งครั้งแรก แล้วจะได้ครบ 7 กิโลกรัมพอดี

3

ข้อ S2 กำหนด ตาซึ่งที่มีรอยเส้น ดังภาพ



ถ้านักเรียนต้องการซึ่งให้ได้น้ำหนัก 7 กิโลกรัม โดยใช้ตาซึ่งดังภาพ นักเรียนจะมีวิธีการซึ่งอย่างไร
จงแสดงวิธีคิด

จะซึ่งข้อซึ่ง 1 ชนิก 5 กิโลกรัม
เอาของที่เหลือซึ่ง 5 กิโลกรัมไปซึ่งใส่ให้เหลือ 5 กิโลกรัม
ของที่เหลือเอาออก แล้วเอาของออกทั้งหมด 2 กิโลกรัม
เราเอาของอิน โทฟไปซึ่งใส่ได้ 5 กิโลกรัม
ดังนั้น เอาของที่เหลือ 5 กิโลกรัมไม่รวมกับของซึ่ง
ซึ่ง 5 กิโลกรัม
$$= 5 + 5 = 10$$

3

ภาพที่ 3 ผลการทำงานปฏิบัติระดับแผนภาพทางปัญญา (Schema) ของนักเรียนกลุ่มเก่ง

ได้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเก่งเพียงกลุ่มเดียวที่มีความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ระดับแผนภาพทางปัญญา นั่นคือ นักเรียนสามารถแก้สถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวกับการชั่งน้ำหนักโดยอธิบายความเข้าใจในระดับ การกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ เพื่อที่จะหาคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้

ผู้วิจัย : จากข้อ S2 นักเรียนทราบไหมว่าเครื่องชั่งน้ำหนักในภาพมีชื่อว่าอะไร

นักเรียนกลุ่มเก่งคนที่ 3 อุ่น : (อุ่นเอานิ้วชี้ไปที่รูปตาชั่งที่เป็นสนิม) พร้อมตอบว่า “เครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริง” ค่ะ

นักเรียนกลุ่มปานกลางคนที่ 1 ส้ม: (ส้มมองหน้าผู้วิจัย) แล้วตอบว่า “เครื่องชั่งน้ำหนักแบบสปริง”

นักเรียนกลุ่มอ่อนคนที่ 2 มะยม : (มะยมเงิบ...แสดงสีหน้าคิด) แล้วตอบว่า “เครื่องชั่งแบบสปริง”

ผู้วิจัย : จากข้อ S2 เครื่องชั่งดังกล่าว เอาไว้ชั่งอะไรได้บ้าง

นักเรียนกลุ่มเก่งคนที่ 1 มะนาว : (มะนาวยิ้ม) พร้อมตอบว่า หนูเห็นแม่ค้าในตลาดใช้ชั่งผลไม้ เนื้อสัตว์ต่าง ๆ....(ทำสีหน้าคิด) แล้วตอบว่า เหมาะสำหรับชั่งของที่ไม่หนักมาก และไม่เบามาก

นักเรียนกลุ่มปานกลางคนที่ 2 น้อยหน้า : (น้อยหน้านิ่งไป 5 วินาที) แล้วตอบว่า ใช้สำหรับชั่งผลไม้หรือปลาที่หนักไม่เกิน 20 กิโลกรัม ค่ะ

นักเรียนกลุ่มอ่อนคนที่ 2 มะยม : (มะยมเอามือเกาหัว แล้วยิ้ม) แล้วตอบว่า ชั่งของตามตลาดนัดครับ เช่น ผัก

ผู้วิจัย : จากข้อ S2 ถ้านักเรียนต้องการชั่งของให้ได้น้ำหนัก 7 กิโลกรัม นักเรียนจะมีวิธีการชั่งอย่างไร นักเรียนบอกครูได้ไหมครับ

นักเรียนกลุ่มเก่งคนที่ 2 ชมพู : (ชมพูเปิดดูงานปฏิบัติของตนเพื่อดูข้อ S2) พร้อมตอบว่า ชั่ง 5 ชั่ง 5 เอาออก 3 รวมกันเป็น 7 ค่ะ

นักเรียนกลุ่มปานกลางคนที่ 3 ลินจี่: (ลินจี่ทำสีหน้าเครียด พร้อมส่ายหัว) แล้วตอบว่า “หนูไม่รู้ค่ะครู”

นักเรียนกลุ่มอ่อนคนที่ 1 พลั : (พลัเงิบไปประมาณ 5 วินาที แล้วส่งยิ้มให้ผู้วิจัย) แล้วตอบว่า “ผมทำไม่ได้ครับ”

จากโปรโตคอลที่นำเสนอไว้ข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 กลุ่ม เข้าใจในคำสั่งในงานปฏิบัติที่ผู้วิจัยถามขณะสัมภาษณ์เชิงลึก นักเรียนสามารถบอกชื่อเครื่องมือชั่งน้ำหนัก พร้อมทั้งสามารถบอกการใช้งานของเครื่องชั่งน้ำหนักดังกล่าวได้ถูกต้องและเหมาะสม แสดงให้เห็นว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายทั้ง 3 กลุ่ม มีความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ระดับการกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ และสำหรับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเก่ง สามารถใช้กลยุทธ์ในการแก้สถานการณ์ปัญหาที่โจทย์กำหนดเครื่องชั่งน้ำหนักที่มีสนิมมาให้แล้วให้นักเรียนชั่งน้ำหนักสิ่งของให้ได้ 7 กิโลกรัม จะเห็นได้ว่านักเรียนกลุ่มเป้าหมายกลุ่มเก่งเพียงกลุ่มเดียวที่มีความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ระดับแผนภาพทางปัญญา

อภิปรายผล

จากการศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่งของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบทฤษฎี APOS ของดูบินสกี (Dubinsky, 1991) พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่ มีธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่แตกต่างกัน ได้แก่ ระดับการกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ สาเหตุอาจเนื่องมาจากตัวงานปฏิบัติ เรื่อง การชั่ง ที่ให้นักเรียนทดสอบเป็นลักษณะของปัญหาปลายเปิดที่ให้นักเรียนทุกคนได้แสดงแนวคิดด้วยความเข้าใจของตนเอง อีกทั้งการวิจัยครั้งนี้ไม่ได้ใช้รูปแบบการสอนใด ๆ เนื่องจากผู้วิจัยต้องการศึกษาธรรมชาติที่แท้จริงของระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ทำให้เกิดแนวคิดหรือร่องรอยการเขียนตอบในงานปฏิบัติของนักเรียนที่มีความแตกต่างและหลากหลาย และมีนักเรียนกลุ่มเป้าหมายบางส่วนที่มีระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่ระดับแผนภาพทางปัญญา โดยสามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์เกี่ยวกับการชั่ง และนำไปสู่การได้คำตอบของสถานการณ์ปัญหาในงานปฏิบัติได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Prachumkayohmat, Piasai, Hajisalah & Janjaroon (2020) ที่ได้ทำการศึกษาระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่แตกต่างกัน ซึ่งการวิจัยเรื่องดังกล่าวได้จัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่ม A AP APO และ APOS ผลของการจัดกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่งอยู่ในกลุ่มระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่ม APOS จำนวน 2 คน กลุ่ม APO จำนวน 4 คน กลุ่ม AP จำนวน 2 คน และกลุ่ม A จำนวน 2 คน รวมทั้งหมด 10 คน นักเรียนกลุ่มปานกลางอยู่ในระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่ม APO จำนวน 1 คน กลุ่ม AP จำนวน 1 คน กลุ่ม A จำนวน 9 คน และไม่ผ่านเกณฑ์จำนวน 9 คน รวมทั้งหมด 20 คน และนักเรียนกลุ่มอ่อนอยู่ในระดับความเข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ กลุ่ม A จำนวน 4 คน และไม่ผ่านเกณฑ์ จำนวน 6 คน รวมทั้งหมด 10 คน นอกจากนี้งานวิจัยของ Dencha, Sangaroon, Inprasitha & Srichompoo (2015) ที่ศึกษาความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง เลขยกกำลัง ในชั้นเรียนที่ใช้การสอนด้วยวิธีการแบบเปิด (Open approach) ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนได้มีส่วนร่วมในการแสดงแนวคิดทางคณิตศาสตร์ด้วยความเข้าใจของตนเอง และจากแนวคิดของเพื่อนร่วมชั้น จึงทำให้ระดับความเข้าใจทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน นักเรียนมีความเข้าใจระดับการกระทำ กระบวนการ สิ่งทีเรียนรู้ และสามารถเชื่อมโยงความเข้าใจทั้ง 3 ระดับ ให้เป็นส่วนหนึ่งของแผนภาพทางปัญญาได้

สรุปผล

ในการวิจัยเรื่อง การศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ตามกรอบทฤษฎี APOS ของดูบีนสกีว่าเป็นอย่างไร ผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากการทดสอบด้วยงานปฏิบัติ (Task) เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายส่วนใหญ่มีธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง อยู่ในระดับการกระทำ กระบวนการ และสิ่งที่เรียนรู้ และนักเรียนกลุ่มเป้าหมายบางส่วนมีธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ที่ระดับแผนภาพทางปัญญา นั่นคือ นักเรียนสามารถเชื่อมโยงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการชั่งเพื่อที่จะหาคำตอบที่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ เนื้อหาการชั่ง เป็นเนื้อหาที่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนให้เกิดความสนุกสนานได้ การจัดหลักสูตร เรื่อง การชั่ง สำหรับนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาตอนต้นและระดับชั้นประถมศึกษาตอนปลาย ควรเน้นให้นักเรียนได้มีประสบการณ์ในการใช้เครื่องมือชั่งน้ำหนักจากสถานการณ์จริง โดยครูผู้สอนควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนสามารถปฏิบัติได้จริง เพื่อให้เกิดประสบการณ์ที่มากกว่าการเรียนรู้จักเครื่องมือชั่งน้ำหนักด้วยภาพในหนังสือเรียน เนื่องจากการเรียนเนื้อหาการชั่งแบบเดิมอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและขาดความคงทนในเนื้อหาดังกล่าว ครูผู้สอนจำเป็นต้องเข้าใจรูปแบบการสอนการวัดแนวใหม่ เช่น รูปแบบการสอนไดแอส (DIAS model) โดยงานวิจัยของ Thinwiangthong & Inprasitha (2018) ได้นำเสนอรูปแบบการสอนแนวใหม่สำหรับการวัดในคณิตศาสตร์ระดับโรงเรียน ซึ่งรูปแบบการสอนนี้ทำให้นักเรียนสามารถเรียนรู้คณิตศาสตร์ได้ด้วยตนเอง เข้าใจสาระสำคัญของการวัด และนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยที่ใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงคุณภาพที่มีเป้าหมายในการศึกษาธรรมชาติของระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การชั่ง ตามกรอบทฤษฎี APOS ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ว่าเป็นอย่างไร ผลการวิจัยครั้งนี้จึงขึ้นอยู่กับบริบทของโรงเรียนที่ผู้วิจัยเข้าไปเก็บรวบรวมข้อมูล สำหรับผู้วิจัยที่สนใจจะศึกษาประเด็นเกี่ยวกับระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ สามารถศึกษาจากกรอบแนวคิดเบื้องต้นเกี่ยวกับระดับความเข้าใจเชิงมนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง (Prachumkayohmat, 2019) ซึ่งเป็นเครื่องมือในการประเมินและพัฒนาระดับความ

เข้าใจเชิงมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ เรื่อง การวัดความยาวและการชั่ง ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 เพื่อนำไปต่อยอดหรือประยุกต์ใช้กับเนื้อหาในสาระอื่น หรือใช้ร่วมกับรูปแบบการสอนอื่น ๆ

อ้างอิง

- Dencha, T., Sangaroon, K., Inprasitha, M., & Srichompoo, S. (2015). Students' mathematical understanding levels on exponent in classroom using taught by open approach. *Veridian E-Journal, Silpakorn University*, 8(2), 1719-1734.
- Dubinsky, E. (1991). Reflective abstraction in advance mathematical thinking. In D. O. Tall (Ed.), *Advance Mathematical Thinking* (pp. 95-123). Dordrecht: Kluwer.
- Kilpatrick, J., Swafford, J., Findell, B., & Editors. (2001). *Adding it up: Helping Children Learn Mathematics*. Washington, DC: National Academic Press.
- Makhanong, A. (2003). *Collection of Articles and Directives on Learning Management, The Learning Outcomes of Mathematics Subject Group*. Bangkok: Bophidhkanphim Limited. (in Thai)
- Ministry of education. (2008). *The Basic Education Core Curriculum (A.D.2008)*. Bangkok: Kurusapa Ladprao Publishing.
- National Council of Teachers of Mathematics. (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: NCTM.
- National Measurement Office. (2017). *Measurement in Daily Life*. 2 October 2023, Retrieved from <https://www.npl.co.uk/upload/pdf/measurement-matters.pdf>
- Prachumkayohmat, S. (2019). *Study of the Mathematical Conceptual Understanding of Prathomsuksa Six Students on Measurements of Length and Weight. Doctor's Thesis, D.Ed. (Mathematics)*. Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Prachumkayohmat, S., Piasai, K., Hajisalah, S. & Janjaroon, A. (2020). Study of the Level of Mathematical Conceptual Understanding on Measurements of Length and Weight among Sixth-Grade Students, Srinakharinwirot University. *Journal of Research Unit on Science*,

Technology and Environment for Learning (JSTEL), 11(2), 292-304.
doi.org/10.14456/jstel.2020.17

- Sethachan, P. (2013). *A Study of Learning Achievement and Attitudes Toward Mathematics for Measuring Length and Weight of Grade 3 Students with Games Learning*. Master's Project, M.Ed. (Elementary Education). Bangkok: Srinakharinwirot University. (in Thai)
- Thinwiangthong, S. & Inprasitha M. (2018). The New Model of Teaching Measurements in the School Level Mathematics Course. *Nakhon Phanom University Journal*, 8(3), 118-127.

การเปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินในการยับยั้งแบคทีเรีย

Comparison of *Musa sapientum* (ABB group) cv 'KLuai Hin' Peel Extracts for Antibacterial Activity

สุชาดา แสงวิมาน^{1*}, จารุวรรณ ประดับแสง¹, สกาวรัตน์ เบ็นดีอราแม², และณภัทร บุรพนาวิบูลย์²
Suchada Saengwiman^{1*}, Charuwan Pradabsang¹, Sakaorat Bendueramae², and Naphat Buraphanawibun²

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted 20 November,2023)

บทคัดย่อ

กล้วยหิน จัดเป็นพืชในวงศ์ Musaceae พบในแถบบริเวณจังหวัดภาคใต้ตอนล่าง ได้แก่ จังหวัดยะลา ปัตตานี และนราธิวาส ผลสดนิยมนำมาแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ ส่วนของเปลือกเป็นสิ่งเหลือใช้ จึงควรมีการศึกษา เพื่อนำเปลือกของกล้วยชนิดนี้มาใช้ประโยชน์ต่อไป งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล ในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 3 ชนิด *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 โดยใช้วิธี Agar disk diffusion โดยทดสอบกับสารสกัดความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร จากการทดลอง พบว่า ค่าร้อยละของผลผลิต (%yield) ของสารสกัดอยู่ในช่วงระหว่าง 0.42-1.20 และที่ระดับความเข้มข้น 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบด้วยตัวทำละลายน้ำสามารถยับยั้งการเจริญของ *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 ได้ดี โดยมีค่ายับยั้งแบคทีเรีย เท่ากับ 8.83 ± 0.76 และ 10.83 ± 0.76 มิลลิเมตร ตามลำดับ จากงานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสามารถนำมาประยุกต์ใช้เป็นส่วนผสมของผลิตภัณฑ์ที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมในการยับยั้งเชื้อเพื่อลดการใช้สารเคมีและเพิ่มมูลค่าวัสดุเหลือใช้อีกทางหนึ่งในอนาคต

คำสำคัญ: เปลือกกล้วย สารสกัดหยาบ ฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

¹ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

¹ Faculty of Science and Technology Princess of Naradhiwas University

² คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

² Faculty of Medicine Princess of Naradhiwas University

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

Abstract

Musa sapientum (ABB group) cv ‘Kluai Hin’ belongs to the Musaceae Family, which is abundantly found in the southernmost provinces; Yala, Pattani, and Narathiwat. Its fruits are normally processed for various local products while the peel becomes the waste effecting the environment. This study aims to investigate the effects of the aqueous and ethanol extracts of raw and ripe banana peel on the inhibition of three different bacterial species; *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538P, and *B. subtilis* ATCC 6051 using agar disk diffusion method at the concentration of 50, 100, 150, and 200 mg/ml. The percent yield of crude extract was ranged from 0.42-1.20. The result showed that the aqueous crude extract of raw banana peels at 200 mg/ml can inhibit *S. aureus* ATCC 6538P and *B. subtilis* ATCC 6051 at 8.83 ± 0.76 and 10.83 ± 0.76 mm respectively. Therefore, the banana peel extracts can be used in natural antibacterial product which can potentially reduce chemical used and become more environmentally friendly. Moreover, it increases value to the left over material in the future.

Keywords: Banana peel, Crude extract, Antibacterial activity

บทนำ

กล้วย จัดเป็นพืชในวงศ์ Musaceae เป็นไม้ผลเขตร้อนที่เก่าแก่ชนิดหนึ่ง และปลูกกันอย่างแพร่หลายทั่วไปในประเทศเขตร้อนรวมทั้งในประเทศไทย และมีคุณค่าทางเศรษฐกิจ (กรมวิชาการเกษตร, 2561) กล้วยเป็นพืชที่ใช้ประโยชน์ได้แทบทุกส่วนทั้งลำต้น ใบ และผล โดยเฉพาะส่วนผล สามารถรับประทานสด หรือแปรรูปออกไปหลายรูปแบบ ทั้งผลสุกและผลดิบ เช่น กล้วยฉาบ กล้วยกวน กล้วยตาก เป็นต้น นอกจากเนื้อผลแล้ว ส่วนของเปลือกซึ่งเป็นส่วนเหลือทิ้งมีสารสำคัญที่มีประโยชน์หลากหลาย เช่น สารประกอบฟีนอลิก (นิสาพร, ปิยศิริ และอุบล, 2562) และแทนนิน (พรรณพนัน, 2562) นอกจากนี้ Sigiro (2021) ยังได้นำเปลือกกล้วยจากเมือง Medan ประเทศอินโดนีเซียมาดัดแปลงเป็นวัสดุคาร์บอนรูพรุนและสามารถฆ่าเชื้อ *E.coli* ได้ด้วยเช่นกัน พันธุ์กล้วยในประเทศไทยมีหลากหลายชนิด กล้วยหิน (*Musa sapientum* (ABB group) cv ‘Kluai Hin’) เป็นหนึ่งในกล้วยที่เป็นพืชเศรษฐกิจสำคัญของภาคใต้ตอนล่างและขึ้นทะเบียนเป็นสิ่งบ่งชี้ทางภูมิศาสตร์ (Geographical Indication, GI) ของจังหวัดยะลา มีลักษณะเด่นเฉพาะตัวเมื่อเปรียบเทียบกับกล้วยชนิดอื่น เช่น มีรสชาติอร่อย ไม่ฝาด เนื้อไม่ยุ่ย สีขาวอมเหลือง มีลักษณะแข็งเล็กน้อย สามารถเก็บได้นานเมื่อเทียบกับกล้วยชนิดอื่นในสภาวะ

เดียวกัน ลักษณะผลเป็นเหลี่ยม เมื่อดิบเปลือกจะเป็นสีเขียว และเปลี่ยนเป็นสีเหลืองเมื่อกล้วยสุกแล้ว ดังภาพที่ 1 นิยมบริโภคในรูปของกล้วยปิ้งสุก เช่นกล้วยต้ม กล้วยทอด กล้วยฉาบ หรือใช้เป็นอาหารของนก ผลพลอยได้จากการแปรรูปกล้วยหิโนคือเปลือก เปลือกของกล้วยหิโนจึงเป็นสีเหลืองใช้ที่น่าสนใจนำมาศึกษาสารประกอบสำคัญต่างๆ โดยเฉพาะคุณสมบัติในการต้านทานเชื้อแบคทีเรียซึ่งในปัจจุบันแบคทีเรียมีความหลากหลายมากขึ้น การรักษาด้วยการใช้ยาปฏิชีวนะ ทำให้แบคทีเรียมีแนวโน้มในการดื้อยาสูงขึ้น การใช้สารปฏิชีวนะที่ได้จากพืชจึงเป็นอีกหนึ่งทางเลือกที่น่าสนใจในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย สุคนธ์, เทียนชัย และเพชรลดา (2555) และ Ehiowemwenguan, Emoghene & Inetianbor (2014) พบว่าสารแทนนินในเปลือกผลไม้มีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรควางสายพันธุ์ได้ดี เช่น *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* และ *Salmonella typhimurium* เป็นต้น งานวิจัยนี้จึงมีความสนใจในการศึกษาเปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกกล้วยหิโนเพื่อยับยั้งแบคทีเรีย โดยใช้เปลือกกล้วยหิโนที่เหลืองทั้งจากธรรมชาติในท้องถิ่น เพื่อช่วยลดปริมาณขยะ และนำของเหลือใช้มาดัดแปลงให้เกิดประโยชน์ทางยา โดยเปรียบเทียบสารสกัดเปลือกกล้วยหิโนทั้งดิบ และสุกโดยใช้ตัวทำละลายน้ำและเอทานอล และเปรียบเทียบฤทธิ์การยับยั้งแบคทีเรียแกรมบวก 2 ชนิด ได้แก่ *B. subtilis* ATCC 6051, *S. aureus* ATCC 6538P และแบคทีเรียแกรมลบ 1 ชนิดคือ *E. coli* ATCC25922



ภาพที่ 1 ลักษณะผลกล้วยหิโน (*Musa sapientum* (ABB group) cv ‘Kluai Hin’)

- A. แสดงลักษณะผลกล้วยหิโนดิบ
- B. แสดงลักษณะผลกล้วยหิโนสุก

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษา และเปรียบเทียบผลของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหิโนทั้งดิบและสุกด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอลในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย

วิธีดำเนินการวิจัย

1. พืชที่ใช้ในงานวิจัย

กล้วยหินที่ใช้ในงานวิจัยนี้ คือเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุก

2. การสกัดสารจากเปลือกกล้วยหิน

2.1 การสกัดด้วยตัวทำละลาย

นำเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุก มาล้างให้สะอาดผึ่งให้แห้งและนำมาหั่นขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 1-3 วัน ซึ่งน้ำหนักเปลือกกล้วยหินที่อบแห้ง 50 กรัม เติมน้ำละลายเอทานอล 95% ปริมาตร 250 มิลลิลิตรในขวดวัดปริมาตรปิดฝาให้สนิท ตั้งทิ้งไว้พร้อมเขย่าบนเครื่องเขย่าเป็นเวลา 24 ชั่วโมงที่อุณหภูมิห้อง เมื่อครบกำหนด นำไปกรองแยกสารสกัดหยาดด้วยผ้าขาวบาง แล้วกรองโดยเครื่องกรองสุญญากาศ ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำสารที่สกัดได้มาระเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ เมื่อได้สารสกัดนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน แล้วนำมาทำให้แห้งอีกครั้งด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry) จะได้สารสกัดในรูปสารสกัดหยาด ซึ่งน้ำหนักของสารที่สกัดได้ นำไปคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (%yield)

2.2 การสกัดด้วยน้ำโดยวิธีการต้ม

นำชิ้นส่วนเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุก มาล้างให้สะอาดผึ่งให้แห้งและนำมาหั่นหยาดซึ่งน้ำหนักเปลือกกล้วยหินสดที่หั่นหยาด 50 กรัม เติมน้ำ ปริมาตร 250 มิลลิลิตรในปิกเกอร์ แล้วต้มที่อุณหภูมิ 70 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 30 นาที เมื่อครบกำหนด นำไปกรองแยกสารสกัดหยาดด้วยผ้าขาวบาง แล้วกรองโดยเครื่องกรองสุญญากาศ ผ่านกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 4 นำสารที่สกัดได้มาระเหยตัวทำละลายออก โดยใช้เครื่องระเหยสุญญากาศ เมื่อได้สารสกัดนำไปแช่แข็งที่อุณหภูมิ -20 องศาเซลเซียส นาน 1 วัน แล้วนำมาทำให้แห้งอีกครั้งด้วยเครื่องระเหยแห้งแบบเยือกแข็ง (Freeze dry) จะได้สารสกัดในรูปสารสกัดหยาด ซึ่งน้ำหนักของสารที่สกัดได้ นำไปคำนวณหาร้อยละของผลผลิต (%yield)

3. การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรีย

นำ *B. subtilis* ATCC 6051, *S. aureus* ATCC 6538P และ *E. coli* ATCC25922 ที่เลี้ยงในอาหาร NB มาเจือจางตั้งแต่ความเข้มข้น 10^{-1} ถึง 10^{-7} เลือกความเข้มข้น 10^{-5} 10^{-6} และ 10^{-7} ปริมาณ 0.1 มิลลิลิตร ในอาหารเหลว NB มาใส่ในอาหาร NA จากนั้นทำการป้ายเชื้อ (Swab) โดยใช้สำลีพันปลายไม้ ที่มีเชื้อ

แบคทีเรียลงบนจานเพาะเลี้ยง โดยทำเชื้อละ 3 จาน (3 ซ้ำ) ซึ่งสารสกัดที่สกัดได้จากแต่ละตัวทำลายมาอย่างละ 0.1 กรัม ใส่ในหลอดทดลอง ละลายด้วย Dimethyl sulfoxide (DMSO) ปริมาตร 500 ไมโครลิตร จากนั้นทำการเจือจางเป็นความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร แล้วดูตามปริมาตร 20 ไมโครลิตร ลงในดิสก์ยา หลังจากนั้น นำไปวางบนอาหารที่ทำการป้ายเชื้อ นำจานเพาะเชื้อไปบ่มที่ตู้บ่มเชื้ออุณหภูมิ 35 ± 2 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 24 ชั่วโมง ทำการวัดขนาดความกว้างของบริเวณใสที่เกิดขึ้นรอบดิสก์ยา (clear zone)

4. การวิเคราะห์ทางสถิติ

การทดสอบฤทธิ์ต้านแบคทีเรียใช้การวางดิสก์ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูล โดยการวัดความกว้างของบริเวณใสที่เกิดขึ้นรอบดิสก์ที่ซึบสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินของแต่ละตัวทำลาย ทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติโดยใช้โปรแกรม SPSS 16.0 ในการวิเคราะห์ One-way ANOVA

ผลการวิจัย

1. สารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหิน

สารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำ และ เอทานอล พบว่าสารสกัดหยาบที่ได้มีลักษณะแตกต่างกัน (ตารางที่ 1) ซึ่งสารที่ได้จากการสกัดเปลือกกล้วยหินดิบด้วยตัวทำละลายน้ำจะมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลเข้ม ส่วนเปลือกกล้วยหินสุกจะมีลักษณะเป็นผงละเอียดสีน้ำตาลอ่อน และสารสกัดหยาบที่ได้จากการสกัดเปลือกกล้วยหินดิบด้วยตัวทำละลายเอทานอล จะมีลักษณะหนืดให้สีเขียวเข้ม ส่วนเปลือกกล้วยหินสุกจะมีลักษณะหนืดให้สีน้ำตาลเข้ม จากนั้นนำค่าที่ได้ไปคิดร้อยละน้ำหนักแห้งจากผลผลิตร้อยละของผลิตภัณฑ์ (% yield) พบว่า สารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหิน มีค่าร้อยละของผลิตภัณฑ์อยู่ในช่วง 0.42-1.20 โดยพบว่า สารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินดิบที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำให้ค่าร้อยละของสารสกัดมากที่สุด คือ 1.20 และสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินสุกที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำให้ค่าร้อยละของสารสกัดน้อยที่สุดคือ 0.42 ซึ่งสารสกัดที่ได้นี้จะนำไปใช้ในการศึกษาคุณสมบัติการยับยั้งแบคทีเรียต่อไปด้วยวิธีการแพร่สารละลายในวุ้น (Agar disc diffusion)

ตารางที่ 1 ปริมาณสารสกัดที่ได้จากเปลือกกล้วยหินเมื่อสกัดด้วยน้ำและเอทานอล

ชนิดของสมุนไพร	ตัวทำละลาย	ลักษณะของสารสกัด	ลักษณะสีของสารสกัด	ร้อยละของสารสกัด
เปลือกกล้วยหิน (ดิบ)	น้ำ	ผงละเอียด	สีน้ำตาลเข้ม	1.20
	เอทานอล	หนืด	สีเขียวเข้ม	1.02
เปลือกกล้วยหิน (สุก)	น้ำ	ผงละเอียด	สีน้ำตาลอ่อน	0.42
	เอทานอล	หนืด	สีน้ำตาลเข้ม	0.7

2. ศึกษาระดับความเข้มข้นต่างๆของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินในการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 3 ชนิด โดยวิธี Agar disc diffusion

จากการนำสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอล ที่ความเข้มข้น 50 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร มาทดสอบการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรีย 3 ชนิด คือ *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 ด้วยวิธี Agar disc diffusion ได้ผลดังแสดงในตารางที่ 2 พบว่า ที่ระดับความเข้มข้น 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายเอทานอล สามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียทดสอบทั้งสามชนิด ในขณะที่สารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำสามารถยับยั้งเชื้อ 2 ชนิด คือ *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 มีเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งกว้าง 8.83 ± 0.76 และ 10.83 ± 0.76 มิลลิเมตร ตามลำดับ รองลงมาคือสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายน้ำสามารถยับยั้งเชื้อ 2 ชนิด คือ *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 โดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งกว้าง 8.33 ± 0.57 และ 9.50 ± 0.50 มิลลิเมตร ตามลำดับ แต่สารสกัดเปลือกกล้วยหินทั้งสุกและดิบด้วยตัวทำละลายไม่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 เมื่อเปรียบเทียบสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายเอทานอล พบว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบมีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีกว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสุกโดยมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งกว้าง 6.67 ± 0.28 7.67 ± 0.57 และ 8.00 ± 0.00 มิลลิเมตร ตามลำดับ ในขณะที่สารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสุกมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียโดยมีเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งเท่ากับ 6.00 ± 1.00 7.33 ± 0.57 และ 7.83 ± 0.28 มิลลิเมตร ตามลำดับ เมื่อนำเส้นผ่านศูนย์กลางการยับยั้งมาวิเคราะห์เปรียบเทียบกัน ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ($P \leq 0.05$) พบว่า เปลือกกล้วยดิบที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ได้ ในขณะที่สารสกัดจากเอทานอล

สามารถยับยั้งเชื้อได้ตั้งแต่ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติกับความเข้มข้น 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ในขณะที่สารสกัดของเปลือกกล้วยดิบทั้งน้ำและเอทานอลสามารถยับยั้งการเจริญของ เชื้อ *S.aureus* และ *B.subtilis* ได้ตั้งแต่ 100 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร และไม่มี ความแตกต่างทางสถิติ เมื่อเพิ่ม ความเข้มข้นของสารสกัดเป็น 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร (ตารางที่ 3) และผลการทดลองในเปลือกกล้วย หินสุกก็เป็นไปในทิศทางเดียวกัน (ตารางที่ 4)

ตารางที่ 2ฤทธิ์ในการยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหีนดิบและเปลือกกล้วยหีนสุกที่ระดับความเข้มข้นต่างกันในตัวทำละลายต่างกัน

สมุนไพร	ความเข้มข้น (มิลลิกรัมต่อ มิลลิลิตร)	สารสกัด	ค่าเฉลี่ยของการยับยั้งแบคทีเรีย (มิลลิเมตร)		
			<i>E.coli</i> ATCC 25922	<i>S.aureus</i> ATCC 6528P	<i>B.subtilis</i> ATCC 6051
เปลือกกล้วย หีน (ดิบ)	50	น้ำ	-	-	-
	100		-	6.67±0.28	8.00±0.00
	150		-	7.17±1.25	9.50±0.50
	200		-	8.83±0.76	10.83±0.76
	50	เอทานอล	-	-	-
	100		5.17±0.28	6.83±0.76	7.00±0.86
	150		5.50±0.00	7.00±0.00	7.83±0.28
	200		6.67±0.28	7.67±0.57	8.00±0.00
เปลือกกล้วย หีน (สุก)	50	น้ำ	-	-	-
	100		-	6.00±1.00	7.67±0.57
	150		-	7.33±1.15	8.17±0.28
	200		-	8.33±0.57	9.50±0.50
	50	เอทานอล	-	-	-
	100		5.00±0.00	6.00±0.00	6.50±0.86
	150		5.17±0.28	6.83±0.28	7.17±1.04
	200		6.00±1.00	7.33±0.57	7.83±0.28
	(H ₂ O) Negative control		-	-	-
	(Ethanol) Negative control		-	-	-
	(DMSO) Negative control		-	-	-
	Gentamicin 280 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร		26.0±0.00	23.0±0.00	27.0±0.00

หมายเหตุ: - คือ ไม่มีฤทธิ์ในการยับยั้งเชื้อ แสดงค่าเฉลี่ย ± ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Mean ± S.D., N=3)

ตารางที่ 3 การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้นต่างๆโดยวิธี Agar disc diffusion

ความเข้มข้นของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	สารสกัด	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด (mm $\pm$ S.D)		
		<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B.subtilis</i>
		ATCC 25922	ATCC 6528P	ATCC6051
100	น้ำ	0.00 $\pm$ 0.00 ^c	6.67 $\pm$ 0.28 ^b	8.00 $\pm$ 0.00 ^a
150		0.00 $\pm$ 0.00 ^c	7.17 $\pm$ 1.25 ^b	9.50 $\pm$ 0.50 ^a
200		0.00 $\pm$ 0.00 ^c	8.83 $\pm$ 0.76 ^b	10.83 $\pm$ 0.76 ^a
100	เอทานอล	5.17 $\pm$ 0.28 ^c	6.83 $\pm$ 0.76 ^{ab}	7.00 $\pm$ 0.86 ^a
150		5.50 $\pm$ 0.00 ^c	7.00 $\pm$ 0.00 ^b	7.83 $\pm$ 0.28 ^a
200		6.67 $\pm$ 0.28 ^c	7.67 $\pm$ 0.57 ^b	8.00 $\pm$ 0.00 ^a
Gentamicin (280 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)		26.0 $\pm$ 0.00 ^b	23.0 $\pm$ 0.00 ^c	27.0 $\pm$ 0.00 ^a

ตารางที่ 4 การยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายน้ำและเอทานอล ที่ระดับความเข้มข้นต่าง ๆ โดยวิธี Agar disc diffusion

ระดับความเข้มข้น ต่างกันของสารสกัด (มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)	สารสกัด	ค่าเฉลี่ยเส้นผ่านศูนย์กลางของฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียทั้ง 3 ชนิด (mm $\pm$ S.D)		
		<i>E.coli</i>	<i>S.aureus</i>	<i>B.subtilis</i>
		ATCC 25922	ATCC 6528P	ATCC6051
100	น้ำ	0.00 $\pm$ 0.00 ^b	6.00 $\pm$ 1.00 ^a	7.67 $\pm$ 0.57 ^a
150		0.00 $\pm$ 0.00 ^b	7.33 $\pm$ 1.15 ^a	8.17 $\pm$ 0.28 ^a
200		0.00 $\pm$ 0.00 ^c	8.33 $\pm$ 0.57 ^b	9.50 $\pm$ 0.50 ^a
100	เอทานอล	5.00 $\pm$ 0.00 ^b	6.00 $\pm$ 0.00 ^{ab}	6.50 $\pm$ 0.86 ^a
150		5.17 $\pm$ 0.28 ^b	6.83 $\pm$ 0.28 ^{ab}	7.17 $\pm$ 1.04 ^a
200		6.00 $\pm$ 1.00 ^b	7.33 $\pm$ 0.57 ^a	7.83 $\pm$ 0.28 ^a
Gentamicin (280 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร)		26.0 $\pm$ 0.00 ^b	23.0 $\pm$ 0.00 ^c	27.0 $\pm$ 0.00 ^a

*ข้อมูลที่แสดงเป็นค่าเฉลี่ย $\pm$ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานสำหรับแบคทีเรียแต่ละชนิด ค่าเฉลี่ยที่แสดงในแนวตั้งที่มีอักษรแตกต่างกัน (a,b และ c) แสดงความแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($p < 0.05$) ของ ขนาดการยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินสุกเมื่อใช้ตัวทำละลายต่างชนิดกัน

อภิปรายและสรุปผล

จากการศึกษาประสิทธิภาพของสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกที่สกัดด้วยตัวทำละลาย 2 ชนิด คือ น้ำและเอทานอล สามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งหมดที่ทดสอบ คือ *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 โดยสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินดิบและสุกด้วยตัวทำละลายน้ำสามารถยับยั้งเชื้อ 2 ชนิดคือ *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของ *E. coli* ATCC 25922 ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุคนธ์ และคณะ (2555) ที่ศึกษาฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกผลไม้ 5 ชนิด ได้แก่ ทุเรียนพันธุ์หมอนทอง มังคุดสุกส้มเขียวหวาน กล้วยน้ำว้าดิบ และหมากสง ด้วยตัวทำละลายน้ำ เอทานอล และอะซิโตน มาทดสอบฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย 4 ชนิดคือ *B. subtilis*, *S. aureus*, *E. coli* และ *S. typhimurium* ด้วยวิธี Agar well diffusion จากการทดลองพบว่าเมื่อทดสอบคุณสมบัติการยับยั้งการเจริญของสารสกัดจากเปลือกผลไม้ต่อแบคทีเรียแกรมลบ พบว่าสารสกัดจากเปลือกผลไม้ทุกชนิดที่ทดสอบด้วยตัวทำละลายน้ำไม่สามารถยับยั้งเชื้อ *E. coli* ซึ่งเป็นแบคทีเรียแกรมลบ โดยสารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) ที่สกัดด้วยตัวทำละลายน้ำสามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *B. subtilis* ได้ดี และยังตรงกับงานวิจัยของ Chabuk et al. (2013) ที่เปลือกกล้วยหินที่สกัดด้วยน้ำไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อ *E. coli* ได้ ส่วนสารสกัดเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายเอทานอลสามารถยับยั้งแบคทีเรียทั้งหมดที่ทดสอบ ได้แก่ *E. coli* ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 และจะเห็นได้ว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินดิบมีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีกว่าสารสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยหินสุก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ วิภา และชิดชม (2537) ที่ได้ทำการสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย ได้แก่ กล้วยหอมทอง กล้วยน้ำว้า และกล้วยไข่ ในระยะความสุกต่างกัน คือ ดิบ ห่าม และสุก พบว่าปริมาณแทนนินในเปลือกกล้วยขึ้นอยู่กับพันธุ์และระยะเวลาสุกโดยกล้วยดิบมีปริมาณแทนนินสูงสุดและลดต่ำลงเมื่อกล้วยสุกมากขึ้น สารแทนนินมีฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย ดังงานวิจัยของ วิสสุตา และคณะ (2558) ซึ่งพบว่าเปลือกผลไม้ที่มีแทนนินเป็นส่วนประกอบจะมีความสามารถในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในบางสายพันธุ์ได้เช่น *B. cereus*, *E. coli*, *S. Typhimurium*, *S. aureus* และ *S. epidemidis* เป็นต้น นอกจากนี้งานวิจัยของ สุคนธ์ และคณะ (2555) พบว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยน้ำว้า (*Musa sapientum* Linn.) ด้วยตัวทำละลายเอทานอลเมื่อนำมาทดสอบกับเชื้อ *B. subtilis* และ *S. aureus* มีฤทธิ์ยับยั้งเชื้อเท่ากับ 11.3 ± 0.6 และ 12.3 ± 1.1 มิลลิเมตร โดยสามารถยับยั้ง *S. aureus* ได้ดีที่สุด ในการวิจัยนี้พบว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกที่ระดับความเข้มข้น 50 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ไม่สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อทั้งหมดที่ทดสอบคือ *E. coli*

ATCC 25922, *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 เมื่อเพิ่มระดับความเข้มข้นเป็น 100 150 และ 200 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร พบว่า สารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกด้วยตัวทำละลายน้ำ และเอทานอล สามารถยับยั้งการเจริญของเชื้อแบคทีเรียได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ นิธิ (2555) พบว่าฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนังที่พบบ่อย เมื่อทำการทดสอบกับสารสกัดที่ความเข้มข้น 10 20 และ 40 มิลลิกรัมต่อมิลลิลิตร ด้วยตัวทำละลายเอทานอลนั้นไม่เกิดการยับยั้งเชื้อ จะเห็นได้ว่าเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกซึ่งมีสารแทนนินเป็นองค์ประกอบที่น่าสนใจ โดยพบว่าในเปลือกผลไม้ทุกชนิดมีสารแทนนิน ซึ่งแทนนินมีฤทธิ์ฝาดสมานแผล จึงใช้เป็นยารักษาโรคท้องเสียได้ แทนนินมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียได้ นอกจากนี้แทนนิน มีคุณสมบัติช่วยในการตกตะกอนโปรตีน ทำให้หนังสือตัวไม่เน่าเปื่อยจึงมีการใช้แทนนินในอุตสาหกรรมการฟอกหนัง ในทางการแพทย์พบว่า สารแทนนินบางประเภทมีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของแบคทีเรียบางชนิดได้ เช่น Theogallin, Gallic acid และ Ellagic acid เป็นต้น (พนิดา และคณะ, 2564)

จากการทดลองพบว่าสารสกัดจากเปลือกกล้วยหินดิบและเปลือกกล้วยหินสุกที่นำมาทำการศึกษาสามารถยับยั้งการเจริญของแบคทีเรียแกรมบวกได้แก่ *S. aureus* ATCC 6538P และ *B. subtilis* ATCC 6051 ได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมลบ *E. coli* ATCC 25922 อาจเกิดได้จากหลายสาเหตุ เช่น แบคทีเรีย แกรมลบมีความต้านทานต่อสารสกัดจากสมุนไพรได้ดีกว่าแบคทีเรียแกรมบวก เนื่องจากแบคทีเรียแกรมลบมีเยื่อชั้นนอก (Outer membrane) และ periplasmic space ซึ่งไม่พบในแบคทีเรียแกรมบวก และสารไลโปพอลิแซคคาไรด์ที่เป็นองค์ประกอบของเยื่อชั้นนอกจะเป็นตัวกั้นการซึมผ่านของสารได้ดี ขณะที่แบคทีเรียแกรมบวกไม่มีโครงสร้างเหล่านี้ทำให้สารต่างๆ ซึมผ่านเข้าเยื่อหุ้มเซลล์ของแบคทีเรียแกรมบวกได้ง่ายกว่าแบคทีเรียแกรมลบ (วิสุตา และคณะ, 2558) นอกจากนี้สรรพคุณของพืชสมุนไพรมีความแตกต่างกันในทดสอบการยับยั้งแบคทีเรียขึ้นอยู่กับปัจจัยที่อาจส่งผลต่อคุณภาพของการทดสอบความไวของยาต่อเชื้อแบคทีเรีย ได้แก่ อาหารที่ใช้เพาะเลี้ยง ปริมาณเชื้อที่ใช้ทดสอบ อุณหภูมิ และระยะเวลาการบ่ม (นิธิ, 2555) รวมทั้งอายุของผลไม้ สายพันธุ์ของสมุนไพร สภาวะแวดล้อม แหล่งเพาะปลูก ฤดูกาลการเก็บพืชสมุนไพร และวิธีการสกัดที่แตกต่างกัน พืชสมุนไพรบางชนิดมีขี้ดจำกัด เช่น สารเมือก (Mucus substance) ทำให้พืชที่สกัดมีความหนืดและเป็นอุปสรรคต่อการสกัดได้ ส่งผลถึงสารที่เราต้องการทดสอบนั้นมีปริมาณน้อย และมีผลต่อการออกฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรีย ในส่วนของการเลือกตัวทำละลายในการสกัดถือว่าเป็นปัจจัยหลักในการสกัดเพราะตัวทำละลายแต่ละประเภทมีการออกฤทธิ์ของพืชสมุนไพรแตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ควรทำการศึกษาการสกัดด้วยสารละลายชนิดอื่น ๆ เพื่อหาตัวทำละลายที่เหมาะสมในการสกัดสารจากเปลือกกล้วยหิน
2. ควรศึกษาสารประเภทอื่นที่อยู่ในเปลือกกล้วยหิน เช่น สารประกอบฟีนอลิก วิตามินต่าง ๆ เพื่อสามารถนำไปประยุกต์ใช้ต่อยอดในอนาคตได้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ สนับสนุนสถานที่และอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้

อ้างอิง

- Chabuck, Z.A.G., Al-Charrakh, A.H., Hindi, N.K.K., Hindi, S.K.K. (2013) Antimicrobial effect of aqueous banana peel extract Iraq. *Research Gate: Pharmaceutical Sciences*, 1, 73-75.
- Ehiowemwenguan, G., Emoghene, A.O., Inetianbor, J.E. (2014). Antibacterial and phytochemical analysis of banana fruit peel. *IOSR Journal of Pharmacy*, 4, 18-25.
- Sigiro, M. (2021). Natural bio waste of banana peel-derived porous carbon for in-vitro antibacterial activity toward Escherichia coli. *Ain Shams Engineering Journal*, 12, 4157-4165.
- กรมวิชาการเกษตร. (2561). กล้วยกินได้. *เนื่องในโอกาสครบรอบ 46 ปี การสถาปนากรมวิชาการเกษตร*
- นิธิ ตั้งศิริทรัพย์. (2555). การศึกษาฤทธิ์ของสารสกัดจากเปลือกกล้วยหอมดิบต่อการยับยั้งแบคทีเรียก่อสิวและการติดเชื้อผิวหนังที่พบได้บ่อย. เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาตจวิทยา บัณฑิตวิทยาลัยมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- นิสาพร มุหะมัด, ปิยศิริ สุนทรนนท์ สินไชย, อุบล ต้นสม. (กรกฎาคม 2562). วิธีการสกัดสารประกอบฟีนอลิกที่เหมาะสมในเปลือกกล้วย 3 ชนิด เพื่อประยุกต์ใช้ในเครื่องสำอาง. *เอกสารนำเสนอในการประชุมวิชาการและนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง นวัตกรรมการศึกษาเพื่อการพัฒนาสังคมสู่ความยั่งยืน*, (908-915), ขอนแก่น.
- พนิดา แสนประกอบ, ปัทมาภรณ์ เจริญนนท์, ชารินันท์ แจงกลาง. (2564). สบู่เหลวต้านเชื้อแบคทีเรีย

- จากสารสกัดเปลือกกล้วย. วารสารบัณฑิตวิทยาลัย พิษณุพรรณ, 16(2), 187-197.
- พรรณพนัช แซ่ม. (2562). ผลของการสกัดหยาบจากเปลือกกล้วยน้ำว้าและสารเคลือบผิวอัลจิเนตต่อคุณภาพของผลมะนาวหลังการเก็บเกี่ยว. เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะเทคโนโลยีเกษตร มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี.
- วิภา สุโรจนะเมธากุล, ชิดชม อีรางะ. (2537). การสกัดแทนนินจากเปลือกกล้วย. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร, 28, 578-586.
- วิสสุตา คุ่มวงษา, ลลิตา ไพบูรณ์, ปิยาภรณ์ สุภักด์ดำรงกุล. (2558). ประสิทธิภาพของเจลล้างมือผสมสารสกัดจากเปลือกผลไม้ในการยับยั้งแบคทีเรียก่อโรค. วารสารวิทยาและเทคโนโลยี ห้วเฉี่ยวเฉลิมพระเกียรติ, 1(2), 66-81.
- เฉลิมพระเกียรติ. 1 (2), 67-81.
- สุคนธ์ ตันติไพบูลย์วุฒิ, เทียนชัย น่วมเศรษฐี, เพชรลดา เดชาเย็นง. (2555).ฤทธิ์ยับยั้งแบคทีเรียของสารสกัดจากเปลือกผลไม้บางชนิด. วารสารวิชาการมหาวิทยาลัยขอนแก่น, 17(6), 880-894.

ปัญหาบางประการเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต

Some Common Algebraic Misconceptions

นนทกร ประชุมกาเยาะมาต^{1*}, โรสนี จริยะมาการ², จิตติมา มานะการ³, ยุพาวรรณ ศรีสวัสดิ⁴, สุรลักษณ์ มะ⁵
 Nonttakorn Prachumkayohmat^{1*}, Rosnee Chariyamakarn², Chittima Manakarn³, Yupawan Srisawat⁴,
 Sureeluk Ma⁵

(Received: 15 August,2023 ; Revised: 2 October,2023 ; Accepted 20 November,2023)

บทคัดย่อ

บทความนี้มีความมุ่งหมายเพื่อนำเสนอความสำคัญของการเรียนพีชคณิต ซึ่งพีชคณิตเป็นสาระที่สำคัญใน
 วิชาคณิตศาสตร์และเป็นปัญหาที่พบบ่อยครั้งในกระบวนการเรียนรู้ที่ทำให้พบข้อผิดพลาดในความคิดเกี่ยวกับ
 พีชคณิตของผู้เรียน และการเน้นความสำคัญของงานวิจัยที่ผ่านมาเกี่ยวกับพีชคณิต ในบทความนี้ได้จำแนก
 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้พีชคณิตออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) ตัวแปร 2) นิพจน์พีชคณิต
 3) สมการเชิงเส้น 4) พหุนาม นิพจน์ที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง และกรณฑ์ และ 5) ฟังก์ชันและกราฟ โดยอ้างอิงจาก
 วรณกรรมเพื่อนำเสนอข้อผิดพลาดทางความคิดในพีชคณิตที่พบบ่อยและเน้นให้ผู้สอนเห็นความสำคัญและ
 ตระหนักถึงข้อผิดพลาดเหล่านี้ นอกจากนี้ยังเสนอให้ขยายขอบเขตการศึกษาในงานนี้เพื่อค้นหากลยุทธ์ในการสอน
 ที่มีประสิทธิภาพในการแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน

คำสำคัญ: มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน คณิตศาสตร์ พีชคณิต

Abstract

This article aims to examine the significance of learning algebra as a critical topic in
 mathematics education. Recognizing the importance of learning algebra is crucial for educators
 to address common misconceptions that hinder students' mathematical progress. Drawing on
 existing literature, it categorizes these misconceptions into five main categories: 1) variables;

^{1,2,3,4 และ 5} คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์ นราธิวาส 96000 ประเทศไทย

^{1,2,3,4 และ 5} Faculty of Science and Technology, Princess of Naradhiwas University, Narathiwat, 96000 Thailand

*Corresponding Author, E-mail: Nonttakorn.p@pnu.ac.th

2) algebraic expressions; 3) linear equations; 4) polynomials, exponents, and radical expressions; and 5) functions and graphs. Additionally, the article identifies the challenges of misconceptions that student encounter while learning algebra. It proposes expanding research in this field to develop effective teaching strategies that can address the common misconceptions in algebra that are often encountered in the classroom: that educators can enhance students' mathematical proficiency and promote an effective learning experience in algebra.

keywords: Misconceptions in Algebra, Mathematics, Algebra

บทนำ

พีชคณิตเป็นสาขาหนึ่งในคณิตศาสตร์ที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้าง ความสัมพันธ์ และจำนวน การเรียนพีชคณิตเบื้องต้นจะเริ่มสอนในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษา โดยจะศึกษาเกี่ยวกับการบวก การลบ การคูณ การหาร เลขยกกำลัง และการถอดราก นอกจากนี้พีชคณิตยังรวมไปถึงการศึกษาสัญลักษณ์ และตัวแปร โดยพีชคณิตถูกพิจารณาว่าเป็นวิชาที่มีความสำคัญเปรียบเสมือนกระดูกสันหลังของวิชาคณิตศาสตร์ และได้รับการยอมรับว่าเป็นประตูสู่ความสำเร็จในการเรียนคณิตศาสตร์ นั้นหมายความว่าพีชคณิตมีบทบาทสำคัญต่อการเรียนคณิตศาสตร์ อย่างไรก็ตามมีนักเรียนจำนวนมากที่ยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดทางพีชคณิต นักเรียนยังไม่ได้รับความรู้หรือทักษะที่จำเป็นในเนื้อหา (Cai, 2004; Chaudhary, 2022) ในอดีตกาลพีชคณิตเป็นวิชาที่ถูกกำหนดไว้ให้นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรียนเท่านั้น เนื่องจากมีความเชื่อกันว่าการที่จะเรียนพีชคณิตได้นั้นผู้เรียนจำเป็นต้องมีพื้นฐานทางเลขคณิตเป็นอย่างดีเสียก่อน จึงทำให้หลักสูตรคณิตศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาในอดีตมุ่งเน้นไปที่การเรียนเลขคณิตเป็นส่วนใหญ่และไม่ได้กำหนดให้มีการเรียนพีชคณิตกับนักเรียนระดับนี้ (Chazan & Yerushalmy, 2003) ข้อความที่มีการยอมรับกันอย่างแพร่หลายจากทั่วโลกที่มาจากการนำเสนอของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติของสหรัฐอเมริกา (NTCM, 2000) ที่ได้กล่าวว่าให้มีการเรียน “พีชคณิตสำหรับทุกคน (Algebra for Everyone)” ความสามารถทางพีชคณิตไม่ว่าจะเป็นทั้งความสามารถในการใช้ตัวแปรและสูตรทางคณิตศาสตร์อย่างแม่นยำเป็นสิ่งสำคัญในการดำเนินชีวิตทั้งในการทำงานและการเตรียมตัวสำหรับการศึกษาต่อในระดับที่สูงขึ้น นักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาควรมีประสบการณ์ที่เตรียมพร้อมสำหรับการเรียนพีชคณิตที่ซับซ้อนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงได้ข้อสรุปที่ยอมรับในปัจจุบันคือ การเตรียมความพร้อมสำหรับการเรียนพีชคณิตที่เป็นทางการควรเริ่มตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษา (Cai & Knuth, 2005) และนอกจากนี้ Cathcart, Pothier, Vance & Bezuk. (2003) ได้เสนอแนะว่าหลักสูตรระดับชั้นประถมศึกษาควรมีลักษณะที่เป็นรูปธรรมเพื่อเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้พีชคณิตที่เป็นนามธรรมในระดับที่สูงขึ้น

เมื่อกล่าวถึงพีชคณิต คนส่วนใหญ่จะเข้าใจว่าพีชคณิตเป็นวิชาที่ว่าด้วยการแก้สมการที่ซับซ้อน หรือ การดำเนินการกับนิพจน์และตัวแปร ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นเพียงบางส่วนของพีชคณิตเท่านั้น (NCTM, 2000) พีชคณิต ในมุมมองของนักคณิตศาสตร์ศึกษา เช่น ยูซิสกิน (Usiskin, 1999) กล่าวว่าพีชคณิตคือภาษาของวิชาคณิตศาสตร์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับเรื่องตัวแปร นิพจน์ และโครงสร้างของการใช้สัญลักษณ์ โดยเขายังกล่าวอีกว่าการจะให้คำนิยามของพีชคณิตนั้นไม่ใช่เรื่องง่าย บางทีคนเราอาจมองว่าพีชคณิตเป็นวิชาที่เกี่ยวข้องกับคุณสมบัติต่างๆ ของจำนวนจริง และนอกจากนี้พวกเขามองว่าพีชคณิตคือวิชาที่ว่าด้วยเรื่องฟังก์ชัน ความสัมพันธ์ และการใช้แบบจำลองทางคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา ซึ่งจะเกี่ยวข้องกับการหาแบบรูปของสิ่งต่างๆ การนำเสนอความคิดในรูปของสมการ ตาราง กราฟ และการแก้สมการเพื่อหาคำตอบของสถานการณ์ (Christmas & Fey, 1999; Greenes & Findell, 1999; Johnston, Willis & Hughes, 1995; Lew, 2004)

มโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์เป็นสิ่งจำเป็นมากต่อการเรียนรู้ของนักเรียน ผู้เรียนที่มีมโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ ที่ถูกต้องจะสามารถเรียนรู้และนำไปใช้ในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้ดี สิ่งเหล่านี้จะเป็นพื้นฐานในการ เชื่อมโยงมโนทัศน์หรือแนวความคิดเกี่ยวกับคณิตศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้น จึงเป็นสิ่งจำเป็นที่นักเรียนทุกคนต้องมี และครูผู้สอนต้องหมั่นพัฒนามโนทัศน์ทางคณิตศาสตร์ให้นักเรียนทุกคนสามารถบรรลุจุดประสงค์การเรียนรู้ที่ กำหนดไว้ได้ แต่ในสถานการณ์จริงสำหรับชั้นเรียนคณิตศาสตร์นั้นยังมีนักเรียนบางคนที่ไม่สามารถบรรลุเป้าหมาย ตามที่กำหนดไว้ อาจเนื่องมาจากความแตกต่างทางด้านสติปัญญา ความสนใจ ความถนัด และรวมไปถึงความ บกพร่องในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนของครู ปัญหาต่างๆ เหล่านี้จะนำไปสู่ปัญหาที่สำคัญของนักเรียน นั่นก็คือการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางคณิตศาสตร์ และสำหรับการเรียนเนื้อหาเกี่ยวกับพีชคณิต ซึ่งเป็นสาระ หนึ่งในคณิตศาสตร์ที่มีความเป็นนามธรรมสูง จะพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตใน หลากหลายรูปแบบ แต่อย่างไรก็ดีการทราบถึงข้อมูลในเรื่องการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน จะเป็น ข้อมูลย้อนกลับในการปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน เพื่อปรับปรุงและแก้ไขมโนทัศน์ที่มีอยู่อย่าง ไม่ ถูกต้อง ตลอดจนการแก้ปัญหาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ข้อมูลที่ได้จาก การศึกษา รวบรวม และวิเคราะห์มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียนจะมีส่วนสำคัญมากในการพัฒนามโนทัศน์ ทางคณิตศาสตร์และมโนทัศน์ทางพีชคณิตที่ถูกต้องของนักเรียนทุกคน

การเรียนรู้สาระพีชคณิตในวิชาคณิตศาสตร์ หากเราสามารถพัฒนากรอบแนวคิดที่ช่วยในการเสริมสร้าง มโนทัศน์เกี่ยวกับการคิดของผู้เรียน จะมีส่วนสำคัญในการสร้างข้อมูลพื้นฐานสำหรับการกำหนดเป้าหมายหรือ มาตรฐานการเรียนรู้และการออกแบบหลักสูตรการเรียนรู้ เพื่อให้เหมาะสมกับความสามารถของผู้เรียนในแต่ละ ช่วงวัย (Cobb, Wood, Yackel, Nicholls, Wheatley, Trigatti & Perlwitz, 1991) การรวบรวมงานวิจัยที่ ทำการศึกษาเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต จะช่วยให้นักวิจัยทางคณิตศาสตร์ศึกษาและครูผู้สอน มองเห็นถึงความผิดพลาดทางพีชคณิตที่เกิดขึ้นระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ในชั้นเรียน ทำให้ผู้เกี่ยวข้อง ตระหนักถึงปัญหา มองหากลยุทธ์ในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการออกแบบกิจกรรมการ

เรียนรู้ และอาจพิจารณาการนำพีชคณิตไปใช้ใหม่ เนื่องจากพีชคณิตไม่เพียงแต่ให้ความสำคัญแค่ด้านการพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และเจตคติที่ดีต่อการเรียนคณิตศาสตร์เท่านั้น แต่ยังเป็นหัวใจสำคัญในการเสริมสร้างทักษะกระบวนการทางคณิตศาสตร์ และสมรรถนะทางคณิตศาสตร์อีกด้วย

มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต สำหรับบทความนี้ผู้วิจัยได้จำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้พีชคณิตออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) ตัวแปร 2) นิพจน์พีชคณิต 3) สมการเชิงเส้น 4) พหุนาม นิพจน์ที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง และกรณฑ์ และ 5) ฟังก์ชันและกราฟ โดยจะนำเสนอมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตในแต่ละประเภทตามลำดับ

1) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับตัวแปร (Variables)

ในการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับตัวแปรของผู้เรียน จากงานวิจัยที่กล่าวถึงโดยสแตซี และแม็คเกรเกอร์ (Stacey & MacGregor, 1997) พบว่า ส่วนใหญ่เกิดจากการขาดความเข้าใจเกี่ยวกับโครงสร้างพื้นฐานของพีชคณิต โดยผู้เรียนมักกำหนดตัวแปรและใช้ตัวอักษรย่อแทนคำอธิบายที่ไม่ถูกต้อง บางครั้งผู้เรียนใช้สัญลักษณ์หรืออ้างอิงตัวอักษรเพื่อแทนวัตถุในชีวิตจริง จากการศึกษาของเดมบี้ (Demby, 1997) ผู้เรียนตีความนิพจน์พีชคณิต “ $8a$ ” ว่าเป็น “8 ลูกแอปเปิ้ล” ถ้าต้องการให้ผู้เรียนมีการเปลี่ยนแปลงนิพจน์ “ $2a + 3a$ ” เป็น “2 ลูก แอปเปิ้ลบวกกับ 3 ลูกแอปเปิ้ล” อาจเป็นการกระทำที่ไม่เพียงพอต่อการยกระดับกระบวนการแก้ปัญหาของผู้เรียน เมื่อต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาที่มีความซับซ้อนยิ่งขึ้น หรือขาดการเชื่อมโยงระหว่างรูปธรรมไปเป็นนามธรรม เช่น แทนจำนวนลูกแอปเปิ้ลด้วย a งานวิจัยทั้งสองเรื่องนี้ได้เน้นถึงตัวอย่างที่เกี่ยวข้อง “เมื่อแอปเปิ้ลราคา a สตางค์ และกล้วยราคา b สตางค์” เพื่อแสดงให้เห็นว่าผู้เรียนอาจให้ความหมายที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับตัวแปร ถ้าเราต้องการหาราคาของแอปเปิ้ล 3 ลูก เราจะนำราคาของแอปเปิ้ล “ a ” มาคูณด้วย 3 จึงจะได้ราคาของแอปเปิ้ล 3 ลูก คือ $3a$ สตางค์ ความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนที่อาจเกิดขึ้นคือผู้เรียนอาจเข้าใจว่า “ a ” คือ “แอปเปิ้ล” แทนที่จะเป็นราคาของแอปเปิ้ล หรือผู้เรียนอาจจะเข้าใจว่า $3a$ คือ “3 แอปเปิ้ล” แทนที่จะเป็นราคาของแอปเปิ้ล 3 ลูก ความเข้าใจที่ถูกต้องคือผู้เรียนมองเห็น “ a ” และ “ b ” ในนิพจน์พีชคณิตว่าเป็นตัวแทนของราคาของแอปเปิ้ลและกล้วย และต้องรู้จักการใช้สัญลักษณ์การคูณ (‘’) ในการคำนวณราคาของผลไม้ต่างๆ โดยเมื่อเราต้องการหาราคาของแอปเปิ้ล 3 ลูก เราจะนำ “ a ” คูณด้วย 3 หรือเขียนเป็น $3a$ จึงจะได้ผลลัพธ์ที่ถูกต้องคือราคาของแอปเปิ้ล 3 ลูก มีค่าเป็น $3a$ สตางค์ ดังนั้น การเข้าใจความหมายและบทบาทของตัวแปรในพีชคณิตจึงเป็นเรื่องที่สำคัญมาก ผู้เรียนต้องใส่ใจเรื่องการใช้สัญลักษณ์และเครื่องหมายที่ถูกต้อง เพื่อให้เกิดความเข้าใจที่ถูกต้องในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์

2) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับนิพจน์พีชคณิต (Algebraic Expression)

นิพจน์พีชคณิตคือการเขียนให้อยู่ในรูปของค่าคงตัวกับตัวแปร เช่น -3 , $\sqrt{2}$, $x+1$, $2x-y$, $\sqrt{x^2+y^2}$, $x^3-y^3+2xy+3xyz$, $\frac{x+y}{x-y}$, $\frac{1}{x^2+y^2-1}$, $\frac{3x^2y+4z}{y^3-x}$, ... ผู้เรียนจะต้องดำเนินการกับพจน์ในลักษณะต่อไปนี ซึ่งเกิดจากการบวก การลบ การคูณ การหาร การยกกำลัง การหารากของจำนวนหรือตัวแปร x , y , z , ... เราเรียกนิพจน์ที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตว่า “นิพจน์พีชคณิต” ตัวแปรเป็นสัญลักษณ์ที่ใช้แทนค่าที่เปลี่ยนไปได้ (Liebenberg, Lincheveski, Oliver, & Sasman, 1998) เช่น เวลา น้ำหนัก อุณหภูมิ ระยะทาง พื้นที่ ปริมาตร หรือจำนวนนักเรียน เป็นต้น การหาค่าของนิพจน์พีชคณิตสามารถทำได้โดยแทนตัวแปรด้วยจำนวนที่ต้องการแล้วคำนวณหาค่านั้นออกมา เช่น ถ้าเราใส่ค่าตัวแปร x เป็น 0 หรือ y เป็น -1 ลงในนิพจน์ $x^2 - y^2 + 2xy - 1$ จะได้ $(0)^2 - (-1)^2 + 2(0)(-1) - 1 = -2$

ในการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับนิพจน์พีชคณิต Cambell (2009) ได้สังเกตเห็นว่าผู้เรียนมีความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับการตรวจรูปนิพจน์ตรรกยะ $\frac{x+y}{y} = x+1$, $\frac{x+y}{y} = x$ ความผิดพลาดที่พบบ่อยครั้งในกระบวนการตรวจรูปนิพจน์พีชคณิตที่ซับซ้อนที่เป็นตัวอย่างของการทำให้อยู่ในรูปสำเร็จเกินเงื่อนไข เช่น ผู้เรียนใช้กฎที่ไม่ถูกต้อง โดยมองว่านิพจน์ $\frac{a+x}{b+x}$ มีค่าเท่ากับ $\frac{a}{b}$ เช่นเดียวกับ $\frac{ax}{bx} = \frac{a}{b}$ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของมุลังเยร์ (Mulungye, 2016) ที่พบว่า 37% ของผู้เรียนสามารถดำเนินการกับนิพจน์พีชคณิตให้อยู่ในรูปที่เรียบง่ายได้ แต่ขั้นตอนวิธีไม่ถูกต้อง กล่าวคือผู้เรียนสามารถประยุกต์ใช้กฎที่ถูกต้อง แต่ใช้กระบวนการแยกพจน์ในนิพจน์เกี่ยวกับพีชคณิตไม่ถูกต้อง ซึ่งทำให้การตัดออกเป็นไปอย่างไม่ถูกต้อง เช่นเดียวกับการศึกษาของอีโกดาวัตต์ (Egodawatte, 2011) พบว่า ในการพยายามแก้ปัญหามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน $\frac{xa+xb}{x+xd}$ ผู้เรียนใช้วิธีการแยกพจน์เพื่อตัด x ซึ่งได้ $\frac{xa}{x} + \frac{xb}{xd}$ นอกจากนี้อสเตนและซาคาเรีย (Osten & Zakaria, 2018) ได้กล่าวถึงปัญหาในการดำเนินการกับนิพจน์พีชคณิต $\frac{xa+xb}{x+xd}$ จะเห็นว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนที่พบบ่อยมีอยู่สองแบบคือ $\frac{a+b}{d}$ หรือ $a + \frac{b}{d}$ ซึ่งเกิดจากกระบวนการที่ผู้เรียนสามารถแยกตัวประกอบ x ออกจากตัวเศษและตัวส่วนของนิพจน์พีชคณิตได้ คือ $\frac{x(a+b)}{x(1+d)}$ แต่ลืมทำการตัดตัวเศษและตัวส่วน หรือผู้เรียนเขียนคำตอบให้อยู่ในรูป $x(a+b)$, $x(1+d)$ โดยไม่ได้ดำเนินการให้อยู่ในรูปสำเร็จ จึงทำให้ได้คำตอบที่อยู่ในรูปสำเร็จแต่ไม่สมบูรณ์

การเรียนรู้โครงสร้างพีชคณิตเป็นเรื่องที่สำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาทักษะทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเนื่องจากเป็นพื้นฐานที่จำเป็นในการเข้าใจและแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ที่ซับซ้อนในระดับที่สูงขึ้น ผู้เรียนบางคนอาจสับสนในขั้นตอนที่คล้ายกันในโครงสร้างของพีชคณิต และความคล้ายคลึงกันนี้อาจทำให้เกิดความเข้าใจที่คลาดเคลื่อนในการแก้ปัญหา จากการศึกษางานวิจัยของอีโกดาวัตต์ (Egodawatte, 2011; Osten & Zakaria, 2018) พบว่า นักเรียนมักคูณนิพจน์พีชคณิตไม่ถูกต้อง เมื่อมีกรณี $\left[x\left(\frac{a}{b}\right) \right]$ ผู้เรียนคิดว่าต้องนำตัว

แปร x มาคูณกับทั้งตัวเศษและตัวส่วนของนิพจน์พีชคณิต และเขียนคำตอบเป็น $\left(\frac{ax}{bx}\right)$ ซึ่งเป็นคำตอบที่ไม่ถูกต้อง เพื่อเพิ่มเติมความเข้าใจเกี่ยวกับการคูณนิพจน์พีชคณิต นักเรียนควรเข้าใจในขั้นตอนของการคูณที่ถูกต้อง

เมื่อมี การคูณระหว่างตัวแปร x และนิพจน์ $\left(\frac{a}{b}\right)$ ซึ่งจะได้คำตอบเป็น $x\left(\frac{a}{b}\right) = \frac{ax}{b}$ นอกจากนี้ผู้เรียนมักจะ

เข้าใจผิดและมองว่า $\left[x\left(\frac{a}{b}\right) \right]$ สามารถเขียนให้อยู่ในรูป $\sqrt[b]{x^a}$ หรือ x^{a-b}

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับสมการเชิงเส้น (Linear Equations)

สมการเชิงเส้น เป็นสมการพหุนามที่ตัวแปรในสมการมีเลขชี้กำลังเป็น 1 และไม่มีผลคูณของตัวแปร เช่น $3x - 5 = 1$ หรือ $2t + 7 = 2 + t$ (ตัวแปรเดียว), $4x - 5y = 1 - 2y$ (สองตัวแปร), $x + y + z = 5$ (สามตัวแปร) เป็นต้น มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับสมการเชิงเส้น จากการศึกษาของมุลังเยร์, โอคอนเนอร์, และเอนดีทิว (Mulungye, O'Connor, & Ndethiu, 2016) พบว่า นักเรียนไม่มีความเข้าใจเกี่ยวกับการดำเนินการกับจำนวนเต็มในการแก้สมการ การใช้สมบัติสมมาตร สมบัติการแจกแจง สมบัติการถ่ายทอด และการคำนวณ เช่นเดียวกับไททัส (Titus, 2010) พบว่า สำหรับการจัดนิพจน์ให้อยู่ในรูปสำเร็จ ผู้เรียนขาดความเข้าใจในการดำเนินการพื้นฐานและการใช้ลำดับของการดำเนินการเกี่ยวกับจำนวนลบหรือจำนวนที่มีเครื่องหมายลบติดอยู่ในนิพจน์ นอกจากนี้โทกาและอัซการ์ (Toka & Aşkar, 2002) พบว่า มีความเข้าใจผิดเกี่ยวกับการใช้สมบัติการแจกแจง นักเรียนบางคนเขียนสมการ $5 - 3(2 - x) = -7$ ให้อยู่ในรูป $5 - 6 - 3x = -7$ นอกจากนี้ นักเรียนเขียนสมการเดียวกันในรูปแบบใหม่เป็น $2(2 - x) = -7$ โดยใช้ลำดับการดำเนินการไม่ถูกต้องเช่นเดียวกัน เห็นได้ว่านักเรียนมักมีข้อผิดพลาดในแง่แนวคิดเกี่ยวกับการแจกแจงเครื่องหมายลบ เช่น $2 - (3x - 4y) = 2 - 3x - 4y$ ยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอื่นเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นที่นักเรียนมักเข้าใจไม่ถูกต้อง โดยลี (Li, 2006) ได้ทำการทดสอบความสามารถในการแก้สมการเชิงเส้นอย่างง่ายของนักเรียน เช่น เมื่อให้นักเรียนแก้สมการ $19 = 3 + 4y$ เขาพบว่ามีปัญหาที่เกิดขึ้นกับนักเรียนหลายประการ

เริ่มต้นที่โครงสร้างของสมการที่แตกต่างจากสมการที่นักเรียนคุ้นเคย ปัญหาที่สองคือการใช้ตัวแปร “ y ” แทนค่าที่ไม่ทราบ ในขณะที่นักเรียนบางคนคิดว่ามีเฉพาะตัวแปร “ x ” เท่านั้นที่สามารถแทนค่าในสมการที่ไม่ทราบค่าได้ และยังมีนักเรียนบางคนที่ยังไม่เข้าใจว่า “ $4y$ ” คืออะไร ในการศึกษาครั้งนี้เขายังพบว่านักเรียนเข้าใจไม่ถูกต้องเมื่อเห็นนิพจน์ $3 + 4y$ โดยเข้าใจว่ามีความหมายเช่นเดียวกับ $3 + 4 + y$, $(3 + 4)y$, $3^4 + y$ เป็นต้น จากการศึกษาดังกล่าวทำให้ทราบว่านักเรียนมีมีโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแก้สมการเชิงเส้น ทั้งในขั้นตอนการดำเนินการกับจำนวนเต็ม การใช้สมบัติต่างๆ และการจัดนิพจน์ให้อยู่ในรูปสำเร็จ เหตุผลหลักอาจเกิดจากการขาดความเข้าใจพื้นฐานในขั้นตอนการดำเนินการทางคณิตศาสตร์ นอกจากนี้ยังมีโนทัศน์ที่ไม่ถูกต้องเกี่ยวกับสมการเชิงเส้นที่ทำให้นักเรียนคลาดเคลื่อนในกระบวนการแก้ปัญหาในระดับที่ยากขึ้น หากนักเรียนได้รับความเข้าใจที่ถูกต้องเกี่ยวกับการแก้สมการเชิงเส้น จะช่วยให้พวกเขาสามารถแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีประสิทธิภาพและถูกต้องได้ในระดับชั้นเรียนที่สูงขึ้น

4) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับพหุนาม นิพจน์ที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง และกรณฑ์ (Polynomials, Exponents and Radical Expressions)

จากการศึกษาลักษณะของมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับพหุนาม นิพจน์ที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง จากการศึกษาของมุลุงเยร์ (Mulungye, 2016) พบว่า นักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการประยุกต์ใช้สมบัติการแจกแจงกับเลขยกกำลังที่ไม่ถูกต้อง เช่น พวกเขาเขียนนิพจน์ $(a + b)^5$ ในรูปแบบ $a^5 + b^5$ หรือเขียนนิพจน์ $3(a + b)^2$ ให้อยู่ในรูป $3a^2 + 3b^2$ และจากการศึกษาของอีโกดาวัตต์ (Egodawatte, 2011) พบว่า นักเรียนมักมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในรูปแบบเดียวกัน เช่น นักเรียนกระจาย $(A + B)^2$ ให้อยู่ในรูปแบบ $A^2 + B^2$ แล้วดำเนินการเพิ่มเติมเพื่อเพิ่มคำตอบด้วย A^2B^2 , $(AB)^2$ เป็นต้น สิ่งเหล่านี้เป็นผลมาจากการนำความรู้ที่มีอยู่เดิมมาใช้อย่างไม่ถูกต้อง นอกจากนี้ในการศึกษาอื่นๆ ที่สอดคล้องกัน นักเรียนกระจาย $(x + y)^2$ ให้อยู่ในรูป $x^2 + y^2$ และยังเข้าใจว่า $\sqrt{x+y} = \sqrt{x} + \sqrt{y}$ ด้านมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับนิพจน์ที่อยู่ในรูปกรณฑ์ ยังมีประเด็นที่นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อน เช่น “รากที่สองของ 16 กับ $\sqrt{16}$ ” ยังเป็นกรณีที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ่อยครั้งเช่นเดียวกัน (Barcellos, 2005 และ Mulungye et al., 2016) และจากการศึกษาของโอโฮเซ (Ojose, 2015) พบว่า นักเรียนบางคนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการบวกพหุนาม นิพจน์ที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง โดยนักเรียนมักคิดว่าพวกเขาสามารถบวกกำลังของนิพจน์ที่มีฐานเหมือนกันได้ ดังนั้นพวกเขามักจะทำการรวมกำลังของนิพจน์ดังกล่าวเข้าด้วยกันโดยใช้การคูณเลขชี้กำลัง เช่น การดำเนินการกับนิพจน์ $y^2 + y^4$ ให้อยู่ในรูป y^8 และจากการศึกษาในกรณีของบูธ, บาร์เบียร์, ไอเยอร์ และบลากอเยฟ (Booth, Barbieri, Eyer & Blagoev, 2014) กล่าวว่า นักเรียนบางคนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการรวมพจน์ที่แตกต่างกัน โดยนักเรียนมองว่าเป็นหนึ่งตัวแปรเท่านั้น เช่น ถามนักเรียนว่า $9z + 1$ มีค่าเท่าไร นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าสามารถรวมกันได้จึงตอบ $10z$ หรือนักเรียนนำพหุนาม

$6x^2 + 4x$ มารวมกันจึงตอบเป็น $10x^3$ เป็นความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง นอกจากนี้เขายังพบว่านักเรียนสามารถแยกวงเล็บของกำลังสองสมบูรณ์ $(y + 4)^2$ ให้อยู่ในรูป $(y + 4)(y + 4)$ โดยนักเรียนตอบ $y^2 + 16$ เป็นคำตอบสุดท้าย แต่นักเรียนไม่สามารถแสดงขั้นตอนการคูณของพจน์ภายในได้

5) มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตเกี่ยวกับฟังก์ชันและกราฟ (Functions and Graphs)

ฟังก์ชันเป็นหัวข้อที่มีความสำคัญในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้และเน้นให้นักเรียนได้ศึกษาตั้งแต่ระดับชั้นประถมศึกษาไปจนถึงระดับมหาวิทยาลัย ในการศึกษาของคาซินซิส, คูซุก, และอิสเลเยน (Casnsiz, Kucuk, & Isleyen, 2011) ผู้วิจัยพบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับแนวคิดของฟังก์ชันและกราฟของฟังก์ชัน นักเรียนบางคนไม่สามารถรับรู้ได้ว่ากราฟที่กำหนดให้ความสัมพันธ์นั้นเป็นฟังก์ชันหรือไม่ และนักเรียนบางคนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความต่อเนื่อง นอกจากนี้เขายังสังเกตเห็นว่านักเรียนบางคนไม่สามารถแยกแยะระหว่างตัวแปรต้นและตัวแปรตามในฟังก์ชันหรือกราฟได้อย่างถูกต้อง

จากการศึกษางานวิจัยของโอจาล (Öçal, 2017) เขาให้นักเรียนทำกิจกรรมเกี่ยวกับฟังก์ชันโดยใช้ความรู้เกี่ยวกับนิพจน์พีชคณิต เลขยกกำลัง พหุนาม กรณธ์ และสมการ โดยกิจกรรมนี้นักเรียนจะสามารถสร้างและใช้ฟังก์ชันของตนเอง และช่วยให้นักเรียนเข้าใจฟังก์ชันในรูปแบบต่างๆ ได้มากขึ้น นอกจากนี้นักเรียนยังสามารถนำเสนอฟังก์ชันต่างๆ ในรูปแบบของกราฟเพื่อให้เห็นภาพการเปลี่ยนแปลงของฟังก์ชันในเงื่อนไขที่แตกต่างกันได้อย่างชัดเจน โดยการเชื่อมโยงความรู้ทางทฤษฎีและการนำเสนอผ่านกราฟจะช่วยสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องในการเรียนรู้เกี่ยวกับฟังก์ชันอย่างมีประสิทธิภาพ งานวิจัยนี้สามารถขยายผลการศึกษาไปสู่การสำรวจการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการหาค่าเส้นกำกับของฟังก์ชันพื้นฐานได้แก่ $\frac{1}{x}$, $\ln x$, และ e^x และการมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับความต่อเนื่องของฟังก์ชัน

จากการศึกษางานวิจัยของออสเตนและซาคาเรีย (Osten & Zakaria, 2018) เขาได้ให้นักเรียนหาค่าของฟังก์ชัน $f(x) = x^2 - 1$, $f(0)$ และให้แก้สมการของฟังก์ชันดังกล่าว เขาพบข้อผิดพลาดหลายประการเกี่ยวกับการหาค่าของฟังก์ชัน โดยพบว่านักเรียนสามารถแทนค่า 0 ลงในฟังก์ชัน $f(x) = x^2 - 1$ ได้ แต่นักเรียนทำแค่เพียงการแทนค่า 0 ลงไปในฟังก์ชันดังกล่าว แต่นักเรียนไม่ได้แสดงคำตอบสุดท้ายให้ถูกต้องสมบูรณ์ได้ เช่น นักเรียนเขียนคำตอบ $0^2 - 1$, $0 - 1$ ซึ่งเป็นคำตอบที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ และในการแก้สมการ $x^2 - 1 = 0$ นักเรียนเขียนคำตอบสุดท้ายเป็น $(x - 1)(x + 1) = 0$ และ $x = \pm\sqrt{1}$ นอกจากนี้เขายังพบว่านักเรียนแก้สมการโดยเขียนให้อยู่ในรูป $f(x^2 - 1) = 0$ แล้วเขียนคำตอบสุดท้ายเป็น $f = \frac{0}{x^2 - 1}$ ถือว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในการแก้สมการดังกล่าว

บทสรุป

จากการศึกษาดังกล่าวจะเห็นได้ว่ามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต เป็นปัญหาที่พบเห็นได้มากในนักเรียนทุกระดับชั้น ผู้วิจัยได้ทำการสำรวจข้อมูลจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตที่มีการศึกษาอย่างมากมายของนักการศึกษารวมไปถึงนักวิจัยที่สนใจศึกษาหัวข้อที่เกี่ยวข้องกับพีชคณิตในชั้นเรียน บทความนี้จึงเป็นการนำเสนอถึงข้อผิดพลาดทางความคิดหรือมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิต โดยบทความนี้ได้จำแนกมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนที่เกิดขึ้นในการเรียนรู้พีชคณิตออกเป็น 5 ประเภท ได้แก่ 1) ตัวแปร 2) นิพจน์พีชคณิต 3) สมการเชิงเส้น 4) พหุนาม นิพจน์ที่อยู่ในรูปเลขยกกำลัง และกรณฑ์ และ 5) ฟังก์ชันและกราฟ นักเรียนแสดงให้เห็นถึงการยึดติดกับแนวความคิดที่มีอยู่เดิมหรือมโนทัศน์ที่เคยเรียนรู้มาก่อนและความผิดพลาดในการแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง ผลกระทบทางลบจากมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางพีชคณิตส่งผลกระทบต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางคณิตศาสตร์ และความสำเร็จในการเรียนของนักเรียนทั้งในด้านพีชคณิตและวิชาที่เกี่ยวข้อง การเรียนพีชคณิตจึงเป็นเป้าหมายที่สำคัญของนักเรียนทุกคนในฐานะที่จะเป็นพลังที่สำคัญในการเรียนรู้ นักเรียนควรได้รับการปลูกฝังให้สนใจในการสร้างความเข้าใจ และเห็นความสำคัญไปจนถึงประโยชน์ของพีชคณิต ดังนั้นการสำรวจและแก้ไขมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเหล่านี้จึงเป็นสิ่งที่จำเป็นในกระบวนการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนและการออกแบบการสอนของครูอย่างเร่งด่วน

อ้างอิง

- Barcellos, A. (2005). *Mathematical Misconceptions of College-Age Algebra Students*. (Doctor of Philosophy). University of California, USA.
- Booth, J. L., Barbieri, C., Eyer, F., & Blagoev, J. P. (2014). Persistent and Pernicious Misconceptions in Algebraic Problem Solving. *Journal of Problem solving*, 7(1), 10-23.
- Cai, Jinfa. (2004). Developing Algebraic Thinking in the Earlier Grades from an International Perspective. *The Mathematics Educator*, 8(1), 1-5.
- Cai, J., & Knuth, E. (2005). The Development of Students' Algebraic Thinking in earlier Grades from Curricular, Instructional, and Learning Perspectives. *International Review on Mathematics Education*, 24, 1-4.

- Cambell, A. (2009). *Remediation of First-Year Mathematics Students' Algebra Difficulties*. (Doctoral Dissertation). University of KwaZulu-Natal, South Africa.
- Cansiz, S., Kucuk, B. & Isleyen, T. (2011). Identifying the Secondary School Students' Misconceptions about Functions, *Procedia Social and Behavioral Sciences*, Turkey, 15, 3837-3842.
- Cathcart, W. G., Pothier, Y. M., Vance, J. H., & Bezuk, N. S. (2003). *Learning Mathematics in Elementary and Middle Schools*. (3rd ed.). Englewood Cliffs, N.J.: Merrill/Prentice Hall.
- Chaudhary, N. (2022). *Students' Errors in Learning Algebra at Basic Level*. (Master's Thesis). Tribhuvan University, Nepal.
- Chazan, D. & Yerushalmy, M. (2003). On Appreciating the Cognitive Complexity of School Algebra: Research on Algebra Learning and Directions of Curricular Change. In J. Kilpatrick, W. G. Martin, & D. Shifter (Eds.), *A Research Companion to Principles and Standards for School Mathematics* (pp. 123-135). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Christmas, T. P. & Fey, T. J. (1999). Communicating the Importance of Algebra to Students. In B. Moses (Ed.), *Algebraic Thinking Grades K-12: Reading from NCTM's School-Based Journals and Other Publications* (pp. 5-13). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Cobb, P., Wood, T., Yackel, E., Nicholls, J., Wheatley, G., Trigatti, B., & Perlwitz, M. (1991). Assesment of a Problem-Centered Second-Grade Mathematics Project. *Journal for Research in Mathematics Education*, 22, 3-29.
- Demby, A. (1997). Algebraic Procedures used by 13-to-15-Year-Olds. *Educational Studies in Mathematics*, 33, 45-70.
- Egodawatte, G. (2011). *Secondary School Students Misconception in Algebra*. (Doctoral Dissertation). University of Toronto, Canada.

- Greenes, C., & Findell, C. (1999). Developing Students' Algebraic Reasoning Abilities. In L.V. Stiff & F. R. Curcio (Eds.), *Developing Mathematical Reasoning in Grades K-12* (pp. 127-137). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.
- Johnston, C. L., Willis, A. T., & Hughes, G. M. (1995). *Developmental Mathematics* (4th ed.). Boston: PWS Publishing.
- Lew, H. C. (2004). Developing Algebraic Thinking in Early Grades: Case Study of Korean Elementary School Mathematics. *The Mathematics Educator*, 8(1), 1-5.
- Li, X. (2006). *Cognitive Analysis of Students' Errors and Misconceptions in Variables, Equations, and Functions*. (Doctoral Thesis). Texas A&M University, USA.
- Liebenberg, R., Linchevski, L., Olivier, A., & Sasman, M. (1998). Laying the Foundation for Algebra: Developing an Understanding of Structure. *Paper presented at the 4th Annual Congress of the Association for Mathematics Education of South Africa (AMESA)*, Pietersburg.
- Mulungye, M. M. (2016). *Sources of Students' Errors and Misconceptions in Algebra and Influence of Classroom Practice Remediation in Secondary Schools Machakos Sub-Country, Kenya*. (Master's Thesis). Kenyatta University, Kenya.
- Mulungye, M. M., O'Connor M., & Ndethiu S. (2016). Sources of Student Errors and Misconceptions in Algebra and Effectiveness of Classroom Practice Remediation in Machakos Country-Kenya. *Journal of Education and Practice*, 7(10), 31-33.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2000). *Principles and Standards for School Mathematics*. Reston, VA: Author.
- Öçal, M. F. (2016). Asymptote Misconception on Graphing Functions: Does Graphing Software Resolve It? *Malaysian Online Journal of Educational Technology*, 5, 21-33.
- Ojose, B. (2015). Students' Misconceptions in Mathematics: Analysis of Remedies and What Research Says. *Ohio Journal of School Mathematics, Fall 2015*, Vol. 72.
- Osten, N. & Zakaria, N. (2018). Secondary School Students' Errors and Misconceptions in Learning Algebra. *Journal of Education and Learning (edulearn)*, 12(4), 690-701.

- Stacey, K. & MacGregor, M. (1997). Ideas about Symbolism that Students Bring to Algebra. *The Mathematics Teacher*. 90(2), 110-113.
- Titus, F. (2010). *A Cognitive Analysis of Developmental Mathematics Students' Errors and Misconceptions in Real Number Computations and Evaluating Algebraic Expressions*. (Doctoral Dissertation). University of Houston, Texas.
- Toka, Y., & Aşkar, P. (2002). The Effect of Cognitive Conflict and Conceptual Change Text on Students' Achievement Related to First Degree Equations with One Unknown. *Hacettepe Universitesi Egitim Fakultesi Dergisi-hacettepe University Journal of Education*, 23.
- Usiskin, Z. (1999). Doing Algebra in Grades K-4. In B. Moses (Ed.), *Algebraic Thinking Grades K-12: Reading from NCTM's School-Based Journals and Other Publications* (pp. 5-13). Reston, VA: The National Council of Teachers of Mathematics.

คำแนะนำการเตรียมและส่งต้นฉบับ

วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

วารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร เป็นวารสารที่รับตีพิมพ์เผยแพร่บทความวิจัยและบทความวิชาการ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี สาขาต่างๆ ประกอบด้วย สาขาชีววิทยา เคมี ฟิสิกส์ คณิตศาสตร์ สถิติ และสารสนเทศ และด้านอื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ โดยบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ ต้องเป็นผลงานวิจัยที่แล้วเสร็จไม่เกิน 5 ปี ไม่เคยตีพิมพ์หรืออยู่ในระหว่างพิจารณาตีพิมพ์ในวารสารอื่น เมื่อได้รับการตอบรับให้ตีพิมพ์ ถ้าเป็นบทความวิจัยที่เป็นหรือเป็นส่วนหนึ่งของวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ต้องมีหนังสือรับรองและลงนามทั้งอาจารย์ที่ปรึกษาหลักและนักศึกษาผู้ทำวิทยานิพนธ์/ดุษฎีนิพนธ์ กองบรรณาธิการขอสงวนสิทธิ์ในการแก้ไขต้นฉบับเพื่อความเหมาะสมและเป็นไปตามเกณฑ์ที่กองบรรณาธิการกำหนด โดยบทความที่จะตีพิมพ์เผยแพร่ ต้องผ่านการพิจารณาถ่วงถ่วง ตรวจสอบจากผู้ทรงคุณวุฒิ (Peer review) ที่มีความรู้ ความชำนาญ มีประสบการณ์ ในด้านที่เกี่ยวข้องในการประเมินบทความ เพื่อให้ข้อคิดเห็น ข้อเสนอแนะ ที่เป็นประโยชน์ก่อนการตีพิมพ์เผยแพร่จำนวนอย่างน้อย 2 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 ขนาด ตัวอักษร 14 อักษรปกติและให้ระบุตัวเลขเป็นตัวยกท้ายชื่อผู้เขียน เพื่อแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับสถานที่ทำงานของผู้เขียนบทความทุกคนไว้ที่เชิงอรรถในหน้าแรก

4. ชื่อหน่วยงานของผู้เขียน ทั้งภาษาไทยและภาษาอังกฤษ อยู่ส่วนล่างสุดที่เชิงอรรถในหน้าแรก ขนาดตัวอักษร 12 หนา ระบุหน่วยงานรองและหน่วยงานหลัก และระบุตัวเลขเป็นตัวยกหน้าชื่อหน่วยงานผู้เขียนทุกท่าน 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 (ระบุคำเต็ม ไว้ในครั้งแรก) 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) ระบุแบบแผนการวิจัยการได้มาซึ่งกลุ่มตัวอย่าง และการกำหนดขนาดกลุ่มตัวอย่าง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การหาคุณภาพเครื่องมือ วิธีการ เก็บรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูล

10.6 ผลการวิจัย (Results) เสนอผลที่พบตามวัตถุประสงค์การวิจัยตามลำดับอย่างชัดเจน ควรเสนอในรูปตารางหรือแผนภูมิ

10.7 อภิปรายผล (Discussion) เสนอเป็นความเรียง ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของผลการวิจัยกับกรอบแนวคิด และงานวิจัยที่ผ่านมา ไม่ควรอภิปรายเป็นข้อ ๆ แต่ชี้ให้เห็นถึงความเชื่อมโยงของตัวแปรที่ศึกษาทั้งหมด

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 ชิดขอบซ้ายเส้นตารางให้มีเฉพาะแนวนอนตรงหัวและท้ายตารางเท่านั้น 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 และการอ้างครั้งต่อไปให้ใส่เฉพาะชื่อสกุลของคนแรก แล้วตามด้วย et al. ตัวอย่างเช่น

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

และ (Seeley et al., 2016) ในการอ้างครั้งต่อไป

ผู้เขียนตั้งแต่ 6 คนขึ้นไป: อ้างครั้งแรกและครั้งต่อไป ให้ใส่เฉพาะชื่อสกุลของคนแรก แล้วตามด้วย et al. เช่น

(Chongchareon et al., 2016)

2. การอ้างอิงในรายการอ้างอิง

2.1 การอ้างอิงทั่วไป

1) ถ้าผู้เขียนไม่เกิน 7 คน ใส่ชื่อผู้เขียนทุกคน ถ้าผู้เขียนตั้งแต่ 8 คนขึ้นไป ให้ใส่ชื่อ 6 คนแรกและตาม 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

บรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

99 หมู่ 8 ตำบลโคกเคียน อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

การเขียนอ้างอิงแบบ APA ฉบับพิมพ์ครั้งที่ 6

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

1. การอ้างอิงในเนื้อหา (In-text citation) เป็นการอ้างอิงในระบบนามปี (author-date citation system) โดยระบุชื่อผู้เขียน และปีพิมพ์เพื่อเป็นการชี้แนะผู้อ่านไปยังแหล่งข้อมูลที่อ้างอิงท้ายเล่ม หรือบรรณานุกรมของผลงานวิชาการ 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

สุวรรณและปฐมามาศ(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 และเบคสตรนด์ (Kirchhoff & 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

วิสัยทัศน์ของผู้อำนวยการโรงพยาบาลชุมชนที่ให้ความสำคัญกับการคัดกรองเบาหวาน เป็นปัจจัยสนับสนุนความสำเร็จ.....(เมธา, 2551)

การรับประทานยาให้ต่อเนื่องขึ้นอยู่กับความตั้งใจ หรือกำลังใจของผู้ป่วยและจำเป็นต้องอาศัยแผนการรักษา และทีมสุขภาพ (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)

การออกกำลังกายแบบไทจีชึ่งจัดเป็นการออกกำลังกายแบบแอโรบิกที่มีความหนักเบาระดับปาน กลาง (Klein & Adams, 2004)

รูปแบบการเขียนอ้างอิงในเนื้อหา

1. การอ้างอิงที่มีผู้เขียน 1 คน

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ

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

พรหมพาหกุล (Prompahakul, 2011) พบว่า พยาบาลไทยในภาคใต้ส่วนใหญ่ไม่เคยอบรมการดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้าย ซึ่งการอบรมเป็นสิ่งสำคัญ

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

หรือ

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนท้ายข้อความ

ผู้ดูแลที่มีงานประจำต้องปรับเวลาทำงานให้มีความสะดวกในการดูแลผู้ป่วย ทำให้ผู้ดูแลรู้สึกเหนื่อย.....
(สุธีรา, 2554)

ส่วนใหญ่พบว่า ลักษณะการปวดศีรษะที่เกิดขึ้น เป็นชนิดไมเกรนมากที่สุด และปวดแบบตึงเครียด
รองลงมา (Walker, 2007)

2. การอ้างอิงที่มีผู้เขียน 2 คน

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนก่อนข้อความ

ธารทิพย์และอรพิน (2547) กล่าวว่า ความชุกปัจจัยเสี่ยงต่อการเกิดเบาหวานมีเพิ่มขึ้น.....
บอยด์และวัตตัน (Boyde & Watton, 2001) กล่าวว่า การปรับเปลี่ยนวิถีการดำรงชีวิต.....
จากการศึกษาของ เคิร์ชฮอฟฟ์ และเบคสเตรนด์ (Kirchhoff & Beckstrand, 2000) ได้ชี้ให้เห็นว่า
การที่พยาบาลมีความรู้ในการดูแลผู้ป่วยระยะสุดท้ายที่ไม่เพียงพอเป็นอุปสรรคที่สำคัญในการดูแลผู้ป่วย.....

หรือ

การอ้างอิงชื่อผู้เขียนท้ายข้อความ

จำนวนผู้สูงอายุที่เพิ่มขึ้น ในปีพ.ศ. 2548 ร้อยละ 6.4 ในปี พ.ศ. 2553 เพิ่มขึ้นเป็นร้อยละ 7.5 และคาดว่าจะในปี พ.ศ. 2578 จะเพิ่มขึ้น เป็น ร้อยละ 15.9 (ปัทมาและปราโมทย์, 2553)

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

การบาดเจ็บที่ศีรษะแม้ไม่เป็นอันตรายแก่ชีวิต แต่บวกรวมการดำเนินชีวิตประจำวัน ทั้งทางด้านอารมณ์
สมาธิสติปัญญาและสังคม 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 ประสบการณ์การช่วยฟื้นคืนชีพ.....

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 ในผู้ป่วยปวดศีรษะแบบตึง

เครียดได้

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

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 น้ำ ท่วมปอด ซึมหรือหมดสติและในผู้ป่วยที่รักษาไม่ทันอาจเสียชีวิตได้..... (รัตนและบุญเรือง ,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 อีเดิลลีน (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 (สถาบันวิจัยและพัฒนาาระบบสุขภาพชุมชน, 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 (กรณีชื่อเรื่องยาว) หรือชื่อเรื่องเต็มสั้นๆ ภายในเครื่องหมายอัญประกาศ (“...”) และตามด้วยปีพิมพ์เช่น

ในการดูแลผู้ป่วยเด็กโรคระบบทางเดินหายใจ..... (“การพยาบาล,” 2550)

(ชื่อเรื่องเต็ม: การพยาบาลผู้ป่วยเด็กที่มีความผิดปกติเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ)

ปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะสุขภาพ..... (“Protection Against,” 2003)

(ชื่อเรื่องเต็ม: Protection against inflammation during the chronic and acute)

10. การอ้างอิงเอกสารโดยการคัดลอกข้อความมา โดยไม่ได้นำมาเรียบเรียงใหม่ ให้พิมพ์ชื่อผู้เขียนตามด้วยปีพิมพ์และหน้าที่คัดลอกมา 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) ในกรณีที่ไม่มีกรพิมพ์เอกสารแล้ว (out of print) ไม่สามารถค้นหาเอกสารต้นฉบับได้ หรือไม่มีฉบับที่พิมพ์เป็นภาษาไทย หรือ ภาษาอังกฤษ ให้ใช้คำว่า “อ้างตาม” สำหรับเอกสารภาษาไทย หรือ “as cited in” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ

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

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

การศึกษาของไซด์เนเบิร์กและแมคเคลแลนด์ (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 รัชณี และเพ็ญภา, 2556)

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

2.การอ้างอิงท้ายเล่ม หรือ บรรณานุกรม (Bibliography)

เป็นการรวบรวมรายการอ้างอิงที่ใช้อ้างอิงในเนื้อหา หรือ รายการอ้างอิงที่เกี่ยวข้องกับ เนื้อหาไว้ในส่วนท้ายเล่มของผลงานวิชาการ 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
ประเวศวะสี.

สมศรี อมาตยกุล.

ชาวต่างประเทศ ให้ใช้นามสกุล ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วยอักษรย่อ 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.

สวัสดี ต้นสกุล, และไพศาล เรื่องจินดา.

ชาวต่างประเทศให้เขียนนามสกุล ตามด้วยเครื่องหมายจุลภาค (,) เว้น 1 ตัวอักษรตามด้วยอักษรย่อชื่อต้นชื่อกลาง (ถ้ามี) และเครื่องหมายมหัพภาค (.) ตามด้วยเครื่องหมาย “&” และเว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วยนามสกุลคนที่ 2 แล้วใส่เครื่องหมายจุลภาค (.) ตามด้วยอักษรย่อ ชื่อต้น ชื่อกลาง (ถ้ามี) และต่อด้วยเครื่องหมายมหัพภาค (.) 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 อิศระมาลัย.

อักษร พูลนิมิตร, ปานใจอินพุ่ม, อังคณา มุลสงคราม, และณรงค์ศักดิ์ วัชรโชน .

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 ตัวอักษร ต่อด้วยจุด 3 จุด 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 (:) คั่นเว้น 1 ตัวอักษร ตามด้วยอักษรตัวแรกเป็นตัวพิมพ์ใหญ่ นอกนั้น ใช้ตัวพิมพ์เล็ก

อักษรตัวพิมพ์ใหญ่ ใช้เฉพาะอักษรตัวแรกชื่อเรื่อง และอักษรตัวแรกชื่อเรื่องรอง รวมทั้งชื่อเฉพาะ ชื่อ

บุคคล 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 พิมพ์ครั้งที่ 2 สำหรับหนังสือภาษาไทย หรือ 2nd ed. สำหรับหนังสือภาษาอังกฤษ ใส่ภายในวงเล็บต่อจากชื่อเรื่อง เช่น

ภาณี แสงหิรัญ. (2550). เวชบำบัดวิกฤต (พิมพ์ครั้งที่ 2).

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 ที่ไม่จำเป็น ออก 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 ให้ใส่ชื่อหน่วยงานรองแล้วตามด้วยชื่อหน่วยงานหลัก สำหรับเอกสารภาษาไทย ให้เว้น 1 ตัวอักษร ระหว่างชื่อหน่วยงานรองกับ หน่วยงานหลัก เช่น

นนทบุรี: กองสุกศึกษา กรมอนามัย.

สงขลา: ภาควิชาพยาธิวิทยา คณะแพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

ในกรณีที่เอกสารภาษาอังกฤษ ให้ใช้เครื่องหมายจุลภาค (,) คั่น ระหว่างชื่อหน่วยงาน เช่น

Geneva: Epidemiology Division, World Health Organization.

5.6 กรณีที่หน่วยงาน / สถาบัน เป็นทั้งผู้เขียน และผู้จัดพิมพ์ในส่วนของผู้จัดพิมพ์ให้ใส่ชื่อย่อ หรือใส่ข้อความสั้นๆ 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 บรรทัดต่อไปพิมพ์

เข้าไปประมาณ 5 ตัวอักษร

รูปแบบการอ้างอิงเอกสารประเภทต่างๆ (เครื่องหมาย ✓ หมายถึง ✓ หมายถึง เว้น 1 ตัวอักษร)

1. บทความในวารสาร (Journal Article)

รูปแบบ

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

ชื่อวารสาร และปี ที่ ใช้ตัวเอียง

1.1 วารสารทั่วไป

ตัวอย่าง

ศิริลักษณ์ วงษ์วิจิตรสุข, และฉัตรปวีณ์ จรัสรวาวัฒน์. (2551). การแก้ปัญหาระดับตะกั่ว ในเลือดสูง. ความปลอดภัย

และสิ่งแวดล้อม, 18(3), 26-31.

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

เกศรา เสงงาน, แจ่มจันทร์ กุลวิจิตร, และลักษณะ คงแสง. ภาวะสุขภาพและปัจจัยที่มีความสัมพันธ์กับภาวะ

สุขภาพของเด็กที่รับบริการที่ฝ่ายพัฒนาเด็กปฐมวัย.วารสารพยาบาลสงขลานครินทร์, 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. ตามด้วย
หมายเลข 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”
สำหรับ

เอกสารภาษาอังกฤษ 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 พ.ศ.). √ ชื่อบทความ.√ ชื่อวารสาร, √ ปี ที่(ฉบับที่), √ หน้าแรก-หน้าสุดท้าย.√ คั่นจาก
√√√√√ http://

หลัง http:// ไม่ใส่เครื่องหมายมหัพภาค (.)

ตัวอย่าง

กุศมาแก้วอินทจักร, คิน เลย์ คู, และกนก รัตนะกนกชัย. (2550). การทำให้ endoxylanase จาก alkaliphilic Bacillus sp. สายพันธุ์ BK บริสุทธิ์และสมบัติในการยึดเกาะและย่อยพอลิแซ็กคาไรด์ที่ไม่ละลายน้ำ .

Thai Journal of Biotechnology, 8, 33-35. คั่นจาก <http://www.thairesearch.in.th/about.html>

มาณี จันทรโสภา, ฉวี เบาทรวง, และสุกัญญา ปรีศัญญกุล. (2555). ผลของการสนับสนุนทางสังคมต่อความเจ็บปวด

ในการคลอดและการรับรู้ประสบการณ์การคลอดของผู้คลอดด้วยรุ่นครรภ์แรก. *พยาบาลสาร*, 39(4), 71-84. คั่นจาก <http://www.tci-thaijo.org/index.php/cm nursing/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 บทความวารสารที่เผยแพร่รูปแบบอิเล็กทรอนิกส์ ก่อนเผยแพร่เป็นฉบับพิมพ์ และมีหมายเลข

DOI

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

หลังเลข DOI

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน.√ (ปี พ.ศ.). √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.

ชื่อ นิตยสาร หรือ หนังสือพิมพ์ และ ปี ที่ ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

กิตติพงศ์ จิรวาสวงศ์. (12 พฤศจิกายน 2557). การพัฒนาองค์กรตามแนวทาง TQA. กรุงเทพฯธุรกิจ, 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, และกล้าเผธิญ โศคบำรุง. (2546).การตรวจทางห้องปฏิบัติการและการพยาบาล(พิมพ์ครั้งที่ 4).

ขอนแก่น: ขอนแก่นการพิมพ์.

เบญจา ยอดดำเนิน-แอ๊ดติงก์, และกาญจนา ตั้งชลทิพย์. (2552). การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงคุณภาพ: การจัดการข้อมูล

การตีความและการหาความหมาย (เอกสารวิชาการหมายเลข 245). นครปฐม: สถาบันวิจัยประชากร

และ

สังคม มหาวิทยาลัยมหิดล.

- สมภพ เรื่องตระกูล. (2550). อาการปวด: โรคทางจิตเวชและการรักษา. กรุงเทพฯ: คณะแพทยศาสตร์ศิริราชพยาบาล มหาวิทยาลัยมหิดล.
- พลภัทร โรจน์นครินทร์. (2553). โรคเลือดออกง่ายและหลอดเลือดอุดตันในเขตร้อน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- จันทร์เพ็ญ สุวรรณ, อภิญา เพียรพิจารณา, และรัตนารณ ศิริวัฒน์ชัยพร. (2553). แนวคิดพื้นฐาน ทฤษฎีและกระบวนการ การพยาบาล (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.
- ในกรณีที่ผู้เขียนเป็นนิติบุคคลได้กำหนดหน่วยงาน 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: โรงพยาบาล
- มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. คณะแพทยศาสตร์. ภาควิชาศัลยศาสตร์. (2555). *รายงานข้อมูลการเกิดภาวะแทรกซ้อนจากการผ่าตัดหัวใจ*. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์. สำนักงานอธิการบดี. กองการเจ้าหน้าที่. (2554). *มาตรฐานกำหนดตำแหน่งพยาบาล ชำนาญการ*. 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 และมีชื่อบรรณาธิการที่หน้าปกของหนังสือ

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียนในบท.✓ (ปี พิมพ์). ✓ 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.

ปานิจ สวงโท. (2552). โรคอุจจาระร่วง. ใน ภาสกร อัครเสวี(บรรณาธิการ), *สรุปรายงานการเฝ้าระวังโรคประจำปี*

2551 (หน้า 126-127). นนทบุรี: สำนักระบาดวิทยา กรมควบคุมโรค.

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

วิทยา เลิศวิริยะกุล. (2555). การให้ยาระงับความรู้สึกผู้สูงอายุ. ใน วิรัตน์ วตินวงศ์, ธวัช ชาญชญาณนท์, ศศิกันต์

นิมมานรัชต์, และธิดา เอื้อกฤดาธิการ (บรรณาธิการ), *วิสัยทัศน์วิทยาคณิศ* (พิมพ์ครั้งที่ 2, หน้า 247-270).

สงขลา: ชานเมืองการพิมพ์.

วรลักษณ์ ยมะสมิต. (2555). อาการคลื่นไส้อาเจียนในหญิงตั้งครรภ์. ใน วรพงศ์ภู่งศ์(บรรณาธิการ), *การดูแล*

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

ปิยวรรณ เชียงไกรเวช. (2556). การบาดเจ็บ ในหญิงตั้งครรภ์. ใน ปิยวรรณ เชียงไกรเวช, มณฑิรา ตันทนุช, และ

นครชัย เพื่อนปฐม (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 (จิระ 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). ✓ ค้นจาก<http://>

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). *โรคกรดไหลย้อน: เรื่องพบบ่อยที่*

ไม่ควรมองข้าม [แผ่นพับ]. สงขลา: มหาวิทยาลัย.

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

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

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

Canberra: Autor.

โรงพยาบาลจุฬาลงกรณ์ สภากาชาดไทย. ฝ่ายผู้ป่วยนอก. หน่วยสุศึกษา. (ม.ป.ป.). คำแนะนำสำหรับผู้ป่วยที่
ได้รับการผ่าตัดทางนรีเวชกรรม [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 Elfreth's Alley homes [Brochure]. (n.d.). Philadelphia:
Elfreth's
Alley Association.

9. รายงานการประชุม / การสัมมนา / อภิปราย

รูปแบบ

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

ชื่อการประชุม ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

สมาคมกำหนดอาหารแห่งประเทศไทย. (2552). การกำหนดอาหารกับโลกที่เปลี่ยนแปลง. *การประชุมวิชาการ
นักกำหนดอาหารประจำปี 2552*. กรุงเทพฯ.

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

1. กรณีบทความ หรือ บทหนึ่งในหนังสือการประชุม ให้เขียนเช่นเดียวกับบทหนึ่งในหนังสือ (Chapter
in book) ชื่อการประชุม หรือ การอภิปราย ใช้ตัวเอียง และใช้ตัวอักษรพิมพ์ใหญ่เฉพาะอักษรตัวแรกของชื่อ
การประชุม / การอภิปรายนั้น

รูปแบบ

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

ชื่อการประชุม ใช้ตัวเอียง

ตัวอย่าง

สุขเกษม โฆษิตเศรษฐ์, และรัตนา เตียงทิพย์. (2552). การหาโปรตีนในปัสสาวะที่บ่งชี้โรคไตด้วยวิธีโปรตีนมิกส์.

ใน ขจร ลักษณะขยปรกรณ์(บรรณาธิการ), *Changes: New Trends in Medicine.การประชุมวิชาการ*
คณะ

แพทยศาสตร์มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์ ประจำปี พ.ศ. 2552(หน้า 52-59). ปทุมธานี:

มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์.

ไพฑูรย์ สีนลารัตน์. (2549). การศึกษาไทยในยุคปัจจุบัน. ใน กนกวรรณ สีนสุข(บรรณาธิการ), *รายงานการสัมมนา*
เรื่องการศึกษาไทยในยุคโลกาภิวัตน์(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” สำหรับเอกสาร
ภาษาไทย

หรือ **Paper presented at....** สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ “โปสเตอร์นำเสนอในที่ประชุม” สำหรับเอกสาร
ภาษาไทย 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 ฤกษ์โณภาสกุล. (กรกฎาคม 2551). *Discharge planning: บันทึกที่ครบวงจร*. เอกสารนำเสนอในที่ประชุม

วิชาการประจำปี 2551 สมาคมพยาบาลแห่งประเทศไทยเรื่องบันทึกทางการพยาบาล: สมรรถนะที่สำคัญของวิชาชีพ, 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. เอกสารนำเสนอในที่ประชุมที่เผยแพร่บนอินเทอร์เน็ตเฉพาะบทคัดย่อ (Conference paper abstract

retrieve online) ให้เขียนคำว่า “Abstract retrieved from” สำหรับเอกสารภาษาอังกฤษ หรือ “บทคัดย่อค้นจาก” 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

ชื่อผู้เขียน. ✓ (ปี พ.ศ.). ✓ ชื่อวิทยานิพนธ์. ✓ (ระดับวิทยานิพนธ์). ✓ มหาวิทยาลัย, ✓ เมืองที่ตั้ง
✓✓✓✓✓ มหาวิทยาลัย.

ตัวอย่าง

ถนน จันทกุล. (2554). พฤติกรรมเชิงจริยธรรมของพยาบาลจากประสบการณ์ของผู้ป่วยผู้ใหญ่ที่เข้ารับการรักษา
ในโรงพยาบาล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์, สงขลา.

จรัส ลัดดาพันธ์. (2549). การปฏิบัติของผู้บริหารการพยาบาลโรงพยาบาลทั่วไปเกี่ยวกับนโยบายและการวางแผน
กำลังคนทางการพยาบาล. (วิทยานิพนธ์ปริญญาโท). 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, เอี่ยมพร ทองกระจาย, และจันทร์สุดา
สุวรรณจันดี. (2549). *เสียงและทางเลือกของผู้หญิงติดเชื้อเอชไอวีในประเทศไทย* (เอกสารทางวิชาการ
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). ✓ ค้นจาก <http://>

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-](http://mentalhealth.samhsa.gov/publications/allpubs/SMA04-3868/default.asp)

3868/default.asp

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

ไม่ต้องใส่วันที่เข้าถึง

รูปแบบ

ชื่อผู้เขียน. ✓ (ปี พ.ศ.). ✓ 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 ป้องกันการระบาดไข้หวัดใหญ่สายพันธุ์ใหม่ 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. ใช้ค้นหลังชื่อผู้เขียน หรือชื่อบรรณาธิการมากกว่า 1 คน 2. ใช้หลังชื่อบรรณาธิการ และชื่อหนังสือ ในการเขียนอ้างอิงบทหนึ่งในหนังสือ

		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 ในการเขียนอ้างอิงบทความวารสารบทหนึ่งในหนังสือ และเอกสารการประชุม
[]	วงเล็บเหลี่ยม (square brackets)	1. ใช้กับข้อความที่บอกประเภทของข้อมูลในการเขียนอ้างอิงแผ่นพับ 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.

- Effect of Polyvinyl Acetate Emulsion Adhesives on the Impact Resistance and Water Absorption of Dry Grass Powder Plywood
- Studying the Anthocyanin Stability of in Purple Sweet Potato Extracts
- Development of Water-Repellent Coating from P(VDF-HFP) Polymer for Krajoood Product Substrate
- High Polyphenols, Total Flavonoids and Anti-oxidant Content of the Local Vegetables in Naradhiwas Province
- The Nature of Mathematical Conceptual Understanding of Grade 6 Students on Weight Measurement Based on APOS Theory
- Comparison of Musa sapientum (ABB group) cv ‘KLuai Hin’ Peel Extracts for Antibacterial Activity

Academic article.

- Some Common Algebraic Misconceptions

กองบรรณาธิการวารสารวิทยาศาสตร์ปริติยาธร

คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มหาวิทยาลัยนราธิวาสราชนครินทร์

อำเภอเมือง จังหวัดนราธิวาส 96000

โทร. 09-9416-9355

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

E-mail: journal_sci@pnu.ac.th



วารสารวิทยาศาสตร์ปริทัศน์

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