

**ผลของตัวทำละลายและความเป็นกรด-ด่าง
ต่อปริมาณและความคงตัวของสารสีที่สกัดได้จากพืช**
**Effects of Extraction Solvents and pH
on the Amount and Stability of Crude Color Extracted from Plants**

ประกิต ไชยธาดา^{1*}
Prakit Chaithada^{1*}

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารสีที่สกัดได้จากธรรมชาติ และศึกษาความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยใช้พืชตัวอย่างทั้งหมด 5 ชนิด ได้แก่ ใบสบาบเสื่อ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และเปลือกผลมังคุด ผลการวิจัย พบว่า ตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถสกัดสีย้อมจากธรรมชาติได้ในปริมาณที่แตกต่างกันโดยตัวทำละลายที่มีขี้ว ได้แก่ เมทานอล และน้ำกลั่น สามารถสกัดสารจากพืช เช่น ใบสบาบเสื่อ และเปลือกผลมังคุด ออกมาได้ดีที่สุด ขณะที่ตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ว เช่น เฮกเซน สามารถสกัดสารจากแก่นขนุนได้ดีกว่า และจากการศึกษาความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ โดยวัดค่าการ ดูดกลืนแสงสูงสุดด้วยเครื่อง UV-Visible spectrophotometer เทียบเฉดสีกับ Munsel color chart และวัดค่าสีด้วยระบบ L^*a^*b ด้วยเครื่องวัดสี พบว่า สีย้อมแต่ละชนิดมีเฉดสีและความเข้มของสีย้อม แตกต่างกันในช่วงความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ สารสกัดใบสบาบเสื่อจากทุกตัวทำละลายมีแนวโน้มของ เฉดสีที่เข้มขึ้นในสภาวะที่เป็นเบส สารสกัดอะซิโตนและเมทานอลจากเปลือกสนทะเล จะให้สีที่เข้มที่ ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 สารสกัดโคคลอโรมีเทน อะซิโตน และเมทานอลจากใบเพกา จะให้สีเหลือง และจะมีสีเข้มสุดในสารสกัดเมทานอลที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 เช่นเดียวกับสารสกัดสีย้อม จากเปลือกมังคุดของทุกตัวทำละลายจะให้สีเข้มสุดที่ความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ขณะที่สารสกัดสี ย้อมจากแก่นขนุนในตัวทำละลายอะซิโตน เมทานอล และน้ำ ให้สีน้ำตาล-แดงที่ค่อนข้างเข้ม แต่จะ ไม่ค่อยแตกต่างกันในแต่ละช่วงความเป็นกรด-ด่าง งานวิจัยนี้แสดงให้เห็นว่าตัวทำละลายและความเป็น กรด-ด่างมีผลต่อปริมาณและความเข้มของสีที่สกัดได้จากธรรมชาติ

คำสำคัญ: สีย้อมจากธรรมชาติ ผลของตัวทำละลาย ความคงตัว การวัดค่าสี เฉดสี

¹ สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช

* Corresponding author e-mail: prakitch0106@gmail.com

Received: 12 October 2018, Revised: 17 June 2019, Accepted: 21 June 2019

Abstract

This research aimed to study the effects of solvents on the yields of substances extracted from natural dyes and study the stability of natural dyes at various pHs using 5 species of plants, namely, Siam weed's leaves, Ironwood's bark, Broken bones tree's leaves, Jackfruit's core, and Mangosteen's peels. The results showed that polar solvents such as methanol and distilled water were found to be the best to extract plant-based substances such as Siam weed's leaves and Mangosteen's peels while non-polar solvents such as hexane were better off extracting substances from Jackfruit's core. Besides, the study of the stability of natural dyes at various pHs by measuring the maximum absorbance with the UV-Visible spectrophotometer, having their shades compared to Munsel color chart and measuring color values with L*a*b system with the colorimeter found that each dye had different shades and intensity of dyes in various pH ranges. The Siam weed's leaves dye extracts from all solvents had a tendency to darken the shade in the base condition. Dye extracts from Ironwood's bark using acetone and methanol solvents were dark colored at pH equal to 12. Dye extracts from broken bones tree's leaves using dichloromethane, acetone, and methanol as solvents appeared yellow and showed the darkest shade in methanol solvents at pH equal to 12. Similarly, dye extracts from the Mangosteen's peels in all solvents gave the darkest shade at pH equal to 12. Dye extracts from Jackfruit's core using acetone, methanol and distilled water as its solvents appeared dark-brown color but were not differ in each pH ranges. This research showed that solvents and pH affected the amount and intensity of natural extracts.

Keyword: Natural dyes, Effect of solvents, Stability, Color measurement, Shade

บทนำ

สีย้อมผ้าที่พบในชีวิตประจำวันมีทั้งสีย้อมธรรมชาติและสีย้อมสังเคราะห์ สีที่ได้จากการสังเคราะห์มีหลากหลายเฉดสี ข้อดีของสีสังเคราะห์คือ สามารถใช้ได้อย่างความสะดวก รวดเร็ว มีสีให้เลือกได้ตามต้องการ สีย้อมธรรมชาติดี แต่มีข้อเสียคือ สีย้อมธรรมชาติมักจะมีโลหะหนักเป็นองค์ประกอบ สลายตัวยาก เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และเป็นสารก่อมะเร็ง สีที่พบจากธรรมชาติมีมากมายหลายชนิด เช่น สีเขียวจากใบเตย สีส้มจากดอกอัญชัน สีเหลืองจากดอกคำฝอย ซึ่งสามารถนำมาเป็นส่วนผสมของอาหาร หรือนำมาตกแต่งเสื้อผ้าเครื่องแต่งกาย และได้มีการพัฒนาการย้อมเส้นไหมจากสีธรรมชาติ มีการวิจัยในโครงการอนุรักษ์พันธุกรรมพืช ในสมเด็จพระ

พระเทพรัตนราชสุดา สยามบรมราชกุมารี พบว่า มีพืชมากกว่า 50 ชนิดที่อยู่ในการดูแลของกรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ที่สามารถให้สีได้ (ปิยะธิดา และอนุสรณ์, 2556)

การใช้สีจากธรรมชาติจะมีความปลอดภัย ไม่มีส่วนประกอบของโลหะหนัก สามารถย่อยสลายง่าย (ระมัด, 2556) แต่พบว่าสีย้อมจากธรรมชาติยังไม่มีเฉดสีที่หลากหลายมากนัก ทำให้ยังไม่เป็นที่ถูกใจแก่ผู้ใช้ผลิตภัณฑ์การย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจากใบกระท้อน พบว่า สารสกัดที่ได้จากการสกัดด้วยตัวทำละลายชนิดต่าง ๆ มีความเข้มของสีใกล้เคียงกัน แต่มีเฉดสีที่แตกต่างกัน และพบว่าสารสกัดสีจากใบสักอ่อน (สด) โดยใช้น้ำเป็นตัวทำละลาย เมื่อนำไปทำการย้อมสี พบว่าการใช้สารมอร์แดนที่ต่างชนิดกันทำให้ได้เฉดสีที่ต่างกัน คือ คอปเปอร์ ซัลเฟตให้สีเหลือง-เขียว เพอร์ซัลเฟตให้สีน้ำตาลอมเหลืองถึงน้ำตาลเทา สารส้มและโคโคซานให้สีแดงอมม่วง (ดารณี และวิรัตน์, 2556) การพัฒนาการย้อมติดของสีกับผ้า โดยการเกิดสารเชิงซ้อนของสีสกัดจากแก่นฝางกับไอออนโลหะต่าง ๆ พบว่าเกิดสารเชิงซ้อนที่เสถียรกับอะลูมิเนียมไอออนและเมื่อนำไปย้อมเส้นไหมจะมีแรงดึงดูดมากขึ้น ทำให้สีติดแน่นและคงทนมากกว่าเดิม (เสาวนีย์ และคณะ, 2550) การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฝ้ายย้อมสีจากมะขามหวาน พบว่า เปลือกฝักมะขามให้สีน้ำตาลอมเหลือง เมล็ดมะขามให้สีน้ำตาลอมแดง สามารถนำมาย้อมสีฝ้ายได้ และเมื่อนำมาเคลือบด้วยสารช่วยติดสี จะทำให้สีไม่ตก (อนงค์พรรณ และสุวภาค, 2555) สีย้อมจากธรรมชาติยังสามารถนำไปพัฒนาชุดสำเร็จรูปสำหรับการย้อมสีกระบวนการแบ่งเซลล์ทางชีววิทยา (วีรณูช และคณะ, 2558) ความเข้มของสีและการคงตัวยังขึ้นอยู่กับตัวทำละลายที่ใช้สกัด โดยการสกัดสีจากธรรมชาติ 10 ชนิด คือ ข้าวเหนียวดำ ครั้ง กระเจี๊ยบแดง จันทน์แดง ผลผักปลัง ขมิ้น ลูกหม่อน อัญชัน แก่นขนุน และคำแสด จากตัวทำละลาย 3 ชนิดคือ น้ำ แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 และกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 45 พบว่ามีสีสกัดจากธรรมชาติ 3 ชนิด สามารถย้อมติดเซลล์ และสามารถเห็นกระบวนการแบ่งเซลล์ของรากพลับพลึงได้ ใช้กรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 45 เป็นตัวสกัด และลูกหม่อนที่ใช้แอลกอฮอล์ความเข้มข้นร้อยละ 95 เป็นตัวสกัด

ส่วนต่าง ๆ ของพืชในท้องถิ่นที่นิยมนำมาสกัดสี ได้แก่ แก่น ลำต้น เปลือก กิ่ง ใบ ผล และดอก พืชแต่ละชนิดให้สีที่ต่างกัน ตัวอย่างพืชที่ให้โทนสีแดง ได้แก่ ครั้ง เมล็ดคำแสด แก่นฝาง เปลือกสมอ โทณสีเหลือง ได้แก่ ขมิ้นชัน แก่นไม้พุด ผลดิบมะตูม ดอกพกากรอง ใบขี้เหล็ก และแก่นขนุน โทณสีน้ำตาล ได้แก่ แก่นคูณ เปลือกผลทับทิม เปลือกไม้โกงกาง และเปลือกนนทรี โทณสีดำ ได้แก่ ผลมะเกลือ ใบกระเม็ง ผลมะกอกเลื่อม เปลือกกรรพ้า ผลตบเต่า และบัวสาย (นันทิพย์ และฉัตรดาว, 2559) ตัวทำละลายที่สามารถนำมาใช้ในการสกัดสีย้อมมีหลายชนิด ได้แก่ น้ำ สารละลายเบส สารละลายกรด ตัวทำละลายอินทรีย์ เมื่อสารสีถูกสกัดออกมาจะได้จะได้สีที่มีองค์ประกอบทางเคมีหลายอย่างปะปนมาตามความสามารถในการละลายของตัวทำละลายแต่ละชนิด เช่น การเตรียมผงสีจากเปลือกมังคุดด้วยตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ น้ำ เมทานอล สารละลายกรดอะซิติกความเข้มข้นร้อยละ 3 และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ความเข้มข้น 0.5 โมลต่อลิตร ได้สารละลายที่มีสีต่างกัน สารสกัดจากน้ำได้สีแดงอมชมพูถึงสีแดงเข้ม สารสกัดเมทานอลได้สีชมพูอ่อน ขณะที่การใช้สารละลายกรดอะซิติก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้สีน้ำตาลถึงสีเทา (พรพิมล และคณะ, 2553) สารสกัดของพืชในท้องถิ่นจังหวัดนครศรีธรรมราช ได้แก่ เค็ง ผักเสี้ยน ยอ มะรุม

มะขาม มะหาด ชะพลู และราชพฤกษ์ สามารถใช้สังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์เพื่อใช้ในการปรับปรุงการย้อมสีผ้าฝ้าย (สุตกมล และรุ่งนภา, 2559)

ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะทำการศึกษาสีย้อมจากธรรมชาติ ซึ่งจากการลงพื้นที่ศึกษาบริเวณบ้านคีรีวง อำเภอถานสงกา จังหวัดนครศรีธรรมราช พบว่าชาวบ้านมีการรวมกลุ่มจัดตั้งกลุ่มมัดย้อมสีธรรมชาติ โดยใช้ภูมิปัญญาชาวบ้าน เพื่อทำการผลิตผ้าโดยใช้สีย้อมจากธรรมชาติ เป็นการเสริมสร้างอาชีพให้กับหมู่บ้าน เป็นรายได้เสริมให้กับครอบครัว โดยใช้สีย้อมธรรมชาติจากต้นไม้ที่มีอยู่ในพื้นที่ เช่น เปลือกมังคุด ใบหูกวาง เป็นต้น ผ้ามัดย้อมสีธรรมชาติในจังหวัดนครศรีธรรมราชที่มีชื่อเสียงมากคือผ้ามัดย้อมบ้านคีรีวง ซึ่งมีการนำวัสดุธรรมชาติที่มีอยู่ในท้องถิ่นมาสกัดเป็นสีย้อมผ้า วัสดุทำสี ได้แก่ ใบไม้และเปลือกไม้ เช่น ใบมังคุดให้สีส้มกับสีชมพู ใบหูกวางให้สีเหลืองอมเขียว ฝักสะตอให้สีเทา เปลือกลูกเนียงให้สีน้ำตาลเข้ม พืชที่พบทั่วไปในท้องถิ่นของจังหวัดนครศรีธรรมราชมีแหล่งของสีย้อมจำนวนมาก เพื่อเป็นทางเลือกให้กับกลุ่มชาวบ้านต่าง ๆ ในจังหวัดนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยเลือกเก็บตัวอย่างพืช 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และเปลือกผลมังคุด จากอำเภอถานสงกา และอำเภอท่าศาลา จังหวัดนครศรีธรรมราช เพิ่มแหล่งของพืชที่จะนำมาใช้สกัดเป็นสีย้อม ศึกษาตัวทำละลายที่ใช้ในการสกัด และความคงตัวของสีย้อม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสีย้อมที่สกัดได้จากธรรมชาติ และศึกษาความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ

วิธีดำเนินการวิจัย

1. ตัวอย่างพืชที่ใช้ในการสกัดสี

พืชตัวอย่าง 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และผลมังคุด

1.1 สาบเสือ ชื่อวิทยาศาสตร์ *Chromolaena odorata* (L.) มีถิ่นกำเนิดในแถบอเมริกากลาง โดยมีเขตแพร่กระจายตั้งแต่ทางตอนใต้ของรัฐฟลอริดาไปจนถึงทางตอนเหนือของประเทศอาร์เจนตินา และระบาดทั่วไปในเขตร้อนทั่วทุกทวีป ใบสาบเสือสามารถนำมาสกัดสีย้อมโดยให้โทนสีเขียวอ่อน

1.2 สนทะเล ชื่อวิทยาศาสตร์ *Casuarina equisetifolia* เป็นไม้ยืนต้นขนาดกลางถึงขนาดใหญ่ ความสูงเฉลี่ยประมาณ 10-25 เมตร จัดเป็นไม้โตเร็วอ่อนนุ่มที่สามารรถเจริญเติบโตได้ดีในดินเกือบทุกชนิด และให้ประโยชน์ได้หลายอย่างด้วยกัน มีองค์ประกอบทางเคมีของสารจำพวกสารประกอบโพลีฟีนอล เช่น คาเทชิน (catechin) กรดเอลลาจิก (ellagic acid) และกรดแกลลิก (gallic acid) รวมทั้งสารประกอบฟลาโวนอยด์ ได้แก่ เควอร์เซติน (quercetin) (Aher, et al., 2009) เปลือกและใบจากสนทะเลสามารถนำมาใช้เป็นสีย้อมผ้าได้

1.3 เพกา ชื่อวิทยาศาสตร์ *Oroxylum indicum* (L.) จัดเป็นไม้ยืนต้นและเป็นสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีถิ่นกำเนิดในอินเดียและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ รวมถึงประเทศไทยด้วย โดยพบได้ตามป่าเบญจพรรณและป่าชื้นทั่วไป ใบและเปลือกต้นเพกาสามารถสกัดสีย้อมในโทนสีเหลืองหรือสีน้ำตาลเขียว

1.4 ขนุน ชื่อวิทยาศาสตร์ *Artocarpus heterophyllus* Lam. เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ สูง 8-15 เมตร เมื่อเกิดบาดแผลที่ลำต้นและกิ่งจะมีน้ำยางสีขาวคล้ายน้ำนมไหลออกมา แก่นขนุนมักนำมาสกัดสี้อมสำหรับทำผ้าจีวร เนื่องจากให้โทนสีเหลืองถึงสีน้ำตาล

1.5 มังคุด ชื่อวิทยาศาสตร์ *Garcinia mangostana* L. เป็นไม้ยืนต้น สูง 10-12 เมตร ทุกส่วนมียางสีเหลือง เปลือกมังคุดนี้มีสารแทนนิน (Tannin) และสารแซนโทน (Xanthone) ใบและเปลือกมังคุดมักนำมาสกัดทำเป็นสี้อมผ้าในงานหัตถกรรมสิ่งทอพื้นบ้าน

2. วิธีการวิจัย

2.1 การสกัดสี้อมจากพืชตัวอย่าง

เก็บตัวอย่างพืชทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ (ใบแก่บนต้น) เปลือกสนทะเล (เลาะเปลือกของลำต้น) ใบเพกา (ใบแก่บนต้น) แก่นขนุน (ตัดขวางลำต้นและเฉาะแก่นด้านใน) และผลมังคุด (เปลือก) จากอำเภอลานสกา และอำเภอน้ำตาคลา จังหวัดนครศรีธรรมราช ตากแห้งเพื่อให้ได้น้ำหนักแห้งที่แน่นอนก่อนการสกัด แล้วนำไปบดให้ละเอียดโดยใช้เครื่องบด แล้วนำตัวอย่างพืชแต่ละชนิดมาชั่งให้ได้น้ำหนักแห้งประมาณ 25 กรัม ห่อด้วยผ้าขาวบาง นำไปแช่ไว้ในตัวทำละลายทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ น้ำ เมทานอล (AR grade) อะซิโตน (AR grade) ไดคลอโรมีเทน (AR grade) และเฮกเซน (AR grade) ที่อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 3 วัน และทุกตัวทำละลายสกัดซ้ำ 3 ครั้ง นำสารสกัดที่ได้ไประเหยตัวทำละลายออกโดยใช้เครื่องระเหยตัวทำละลายแบบลดความดัน (Rotary evaporator) แล้วนำสารสกัดที่ได้ไปชั่งน้ำหนัก คำนวณร้อยละของการสกัด (% yield) หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

$$\text{ร้อยละของการสกัด} = \frac{\text{น้ำหนักของสารสกัด}}{\text{น้ำหนักแห้งของพืชก่อนสกัด}} \times 100$$

2.2 การเตรียมสารละลายของสารสกัดที่ได้

ชั่งสารสกัดจากตัวอย่าง 0.0010 กรัม ลงในหลอดทดลอง เติมไดเมทิลซัลฟอกไซด์ (DMSO) ปริมาตร 2 มิลลิลิตร ลงในหลอดทดลอง เติมสารละลายกรดไฮโดรคลอริก (ความเข้มข้น 1×10^{-2} M- 1×10^{-6} M) เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 2-6 หรือเติมสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (ความเข้มข้น 1×10^{-2} M- 1×10^{-6} M) เพื่อปรับความเป็นกรด-ด่างให้อยู่ในช่วง 8-12 และปรับปริมาตรด้วยน้ำกลั่นให้มีปริมาตร 5 มิลลิลิตร ในหลอดทดลอง ผสมสารละลายให้เข้ากันโดยใช้เครื่องผสมสาร (Vortex mixture) ตรวจสอบความเป็นกรด-ด่างของสารละลายอีกครั้งโดยใช้กระดาษ universal indicator strips (MColorpHast™, Merck)

2.3 การนำสารละลายของสารสกัดที่ได้ไปวัดค่าสี

2.3.1 นำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้ไปสแกนความยาวคลื่นที่ดูดกลืนแสงได้สูงสุด (λ_{\max}) โดยใช้เครื่องสเปกโทรโฟโตมิเตอร์ (UV-visible spectrophotometer) ในช่วงความยาวคลื่น 200-800 นาโนเมตร

2.3.2 นำสารละลายที่เตรียมได้ไปวัดเฉดสี โดยใช้ Munsel color chart (Kollmorgen Instruments Corporation, New York) และเครื่องวัดสี (ColorFlex®, HunterLab) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1) การวัดค่าสีจากตัวอย่างที่เป็นของเหลว โดยนำสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 มาเทียบสีกับ Munsel color chart บันทึกผล และนำสารละลายตัวอย่าง มาวัดค่าสี L^*a^*b โดยใช้เครื่องวัดค่าสี

2) การวัดค่าการติดสี โดยตัดกระดาษกรองเบอร์ 1 ให้มีขนาด 1x1 ตารางเซนติเมตร จุ่มลงในสารละลายตัวอย่างที่เตรียมได้จากข้อ 2.2 เป็นเวลา 1 ชั่วโมง จากนั้นนำไปทำให้แห้งในตู้อบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 1 ชั่วโมง แล้วนำมาเทียบสีกับ Munsel color chart บันทึกผล และนำกระดาษกรองที่แห้งแล้ว มาวัดค่าสี L^*a^*b โดยใช้เครื่องวัดค่าสี

ผลการวิจัย

เมื่อนำพืชตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และเปลือกผลมังคุด มาทำการสกัดโดยใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 ร้อยละของสารสกัดสีย้อมจากพืชทั้ง 5 ชนิดโดยใช้ตัวทำละลายต่าง ๆ

พืชตัวอย่าง	ตัวทำละลาย	% yield
ใบสาบเสือ	เฮกเซน	0.08±0.03
	ไดคลอโรมีเทน	0.60±0.05
	อะซิโตน	7.60±0.50
	เมทานอล	11.70±1.29
	น้ำกลั่น	39.60±2.84
เปลือกสนทะเล	เฮกเซน	0.04±0.01
	ไดคลอโรมีเทน	0.08±0.02
	อะซิโตน	4.64±0.37
	เมทานอล	5.63±0.40
	น้ำกลั่น	2.96±0.89
ใบเพกา	เฮกเซน	0.16±0.04
	ไดคลอโรมีเทน	0.28±0.09
	อะซิโตน	0.60±0.06
	เมทานอล	1.52±0.12
	น้ำกลั่น	41.80±3.12
แก่นขนุน	เฮกเซน	4.64±0.25
	ไดคลอโรมีเทน	2.36±0.09
	อะซิโตน	4.40±0.25
	เมทานอล	1.32±0.09
	น้ำกลั่น	1.64±0.21

ตารางที่ 1 (ต่อ)

พืชตัวอย่าง	ตัวทำละลาย	% yield
เปลือกผลมังคุด	เฮกเซน	4.24±0.54
	ไดคลอโรมีเทน	2.44±0.21
	อะซิโตน	4.28±0.49
	เมทานอล	24.60±1.90
	น้ำกลั่น	38.12±1.68

จากตารางพบว่าตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถสกัดสารสีจากพืชชนิดต่าง ๆ ได้แตกต่างกัน สารสีจากใบสาบเสือสามารถสกัดได้โดยใช้ น้ำกลั่นมากที่สุด มีร้อยละของการสกัดเท่ากับ 39.60 ± 2.84 รองลงมาคือ เมทานอล อะซิโตน ไดคลอโรมีเทน และเฮกเซน ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่า สารสีที่เป็นองค์ประกอบทางเคมีของใบสาบเสือส่วนใหญ่เป็นสารที่มีขี้ จึงสามารถสกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขี้ได้ดี เช่นเดียวกับใบเพกาและเปลือกผลมังคุด เปลือกสนทะเล สามารถสกัดสารสีได้มากที่สุดโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอล องค์ประกอบส่วนใหญ่ยังคงอยู่ในตัวทำละลายที่มีขี้ ขณะที่แก่นขนุนสามารถสกัดสารสีได้มากที่สุดในตัวทำละลายที่ไม่มีขี้ คือ เฮกเซน มีร้อยละการสกัดเท่ากับ 4.64 ± 0.25 โดยตัวทำละลายที่มีขี้ อย่างเมทานอลและน้ำกลั่นสามารถสกัดสารสีจากแก่นขนุนได้ค่อนข้างน้อย

จากร้อยละของสีที่สกัดได้ ผู้วิจัยเลือกสารสกัดจากตัวทำละลายที่สามารถสกัดสีได้สูง 2 อันดับแรกของพืชแต่ละชนิดไปศึกษาการวัดค่าสี ได้แก่ สารสกัดใบสาบเสือจากเมทานอลและน้ำกลั่น สารสกัดเปลือกสนทะเลจากอะซิโตนและเมทานอล สารสกัดใบเพกาจากเมทานอลและน้ำกลั่น สารสกัดแก่นขนุนจากเฮกเซนและอะซิโตน และสารสกัดเปลือกผลมังคุดจากเมทานอลและน้ำกลั่น โดยนำสารสกัดที่ได้ไปปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ให้อยู่ในช่วง 2-12 แล้วนำไปวัดค่าความยาวคลื่นสูงสุด (λ_{max}) และนำไปเทียบสีโดยใช้ Munsel color chart จากนั้นนำไปวัดค่าสี $L^*a^*b^*$ ได้ผลการทดลองดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ผลการวัดค่าสีด้วยวิธีต่าง ๆ ของพืชทั้ง 5 ชนิด

สารสกัดจากพืช	ความเป็นกรดต่าง	λ_{max} (นาโนเมตร)	รหัสสีจากการเทียบ Munsel color chart	การวัดค่าสี		
				L*	a*	b*
สารสกัดเมทานอลจากใบสาบเสือ	2	301.2	2.5Y8/6	2.53	-1.30	-0.07
	4	298.8	2.5Y8/8	1.53	-0.84	1.16
	6	300.0	2.5Y8/8	1.22	-0.48	0.98
	7	302.5	2.5Y8/6	1.29	-0.33	1.01
	8	302.5	2.5Y8/8	1.03	-0.22	0.33
	10	301.2	2.5Y8/8	1.21	-0.59	0.66
	12	298.8	2.5Y7/10	1.16	-0.42	0.93

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สารสกัด จากพืช	ความ เป็น กรด ต่าง	λ_{\max} (นาโนเมตร)	รหัสสีจากการ เทียบ Munsell color chart	การวัดค่าสี		
				L*	a*	b*
สารสกัด น้ำกลั่น จากใบ สาบเสือ	2	301.2	2.5Y7/6	2.34	-1.42	1.25
	4	297.5	2.5Y6/6	2.93	-0.24	0.88
	6	300.0	2.5Y6/6	3.40	-1.02	0.96
	7	300.0	2.5Y5/6	3.41	-1.44	2.47
	8	298.8	2.5Y6/6	3.64	-1.27	1.76
	10	298.8	2.5Y6/6	3.50	-0.70	1.70
	12	301.2	2.5Y5/6	4.51	-1.52	2.04
สารสกัด อะซีโตน จาก เปลือก สนทะเล	2	301.2	2.5Y8/4	11.63	-2.25	0.49
	4	298.8	7.5YR7/8	10.52	-1.43	6.35
	6	300.0	7.5YR7/10	9.47	-1.87	6.03
	7	300.0	7.5YR7/8	6.50	-1.04	2.44
	8	298.8	2.5Y7/4	5.04	-0.98	0.34
	10	298.0	7.5YR7/10	6.72	-1.46	2.35
	12	337.0	7.5YR5/8	1.05	0.92	-0.07
สารสกัด เมทานอล จาก เปลือก สนทะเล	2	300.0	7.5YR7/10	2.64	-0.58	1.39
	4	300.0	7.5YR5/8	2.26	0.06	1.79
	6	304.9	7.5YR5/6	2.00	0.72	1.67
	7	309.9	5YR4/8	2.92	0.75	3.63
	8	311.1	7.5YR5/8	3.06	0.98	2.51
	10	311.1	7.5YR5/8	3.19	1.25	1.92
	12	317.3	5YR3/4	0.97	0.70	0.59
สารสกัด เมทานอล จากใบ เพกา	2	296.3	5Y8/6	6.24	-1.98	0.08
	4	298.8	5Y8/8	2.92	-1.22	1.34
	6	323.5, 671.6	5Y8/8	2.44	-0.55	0.21
	7	293.8	5Y8/8	2.88	-0.79	-0.17
	8	301.2	5Y8/8	2.45	-0.83	0.47
	10	321.0	5Y7/8	2.91	-1.18	1.04
	12	298.8, 395.1	5Y8/12	2.06	0.36	1.95

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สารสกัด จากพืช	ความ เป็น กรด ต่าง	λ_{\max} (นาโนเมตร)	รหัสสีจากการ เทียบ Munsell color chart	การวัดค่าสี		
				L*	a*	b*
สารสกัด น้ำกลั่น จากใบ เพกา	2	297.5	5Y8/2	2.65	0.02	-0.45
	4	296.3	5Y8/2	2.50	-0.89	0.62
	6	296.3	5Y8/2	3.13	-0.65	-0.56
	7	295.1	5Y8/2	2.84	-0.34	-0.07
	8	298.8	5Y8/2	2.98	-0.41	-0.25
	10	296.3	5Y8/2	3.63	-0.46	-0.35
	12	297.5, 377.8	5Y8/2	2.61	-0.71	0.44
สารสกัด เฮกเซน จากแก่น ขนุน	2	296.3	2.5Y8/2	4.32	-1.50	-0.92
	4	295.1	2.5Y8/2	2.23	-0.79	0.59
	6	295.1	2.5Y8/4	2.39	-0.82	0.65
	7	295.1	2.5Y8/4	2.19	-1.28	1.45
	8	295.1	2.5Y8/2	2.35	-0.33	0.76
	10	292.6, 392.6	2.5Y8/8	2.28	-0.74	0.14
	12	295.1, 380.2	5YR5/10	2.20	-0.30	0.60
สารสกัด อะซีโตน จากแก่น ขนุน	2	300.0	2.5Y8/6	4.14	-1.51	-0.36
	4	300.0	2.5Y8/6	2.47	-0.88	1.06
	6	300.0	2.5Y8/8	2.02	-0.76	0.60
	7	298.8	2.5Y8/8	2.48	-1.29	0.95
	8	300.0	2.5Y8/8	2.35	-1.09	1.36
	10	301.2	2.5Y8/8	2.60	-1.81	1.44
	12	295.1, 376.5	5YR5/10	2.13	0.46	2.96
สารสกัด เมทา นอลจาก เปลือก ผลมังคุด	2	323.5	2.5Y7/6	37.47	-4.95	16.29
	4	325.9	2.5Y7/8	43.48	-3.59	26.45
	6	323.5	2.5Y7/8	37.34	-6.25	21.21
	7	324.7, 358.0	2.5Y6/6	42.36	-5.33	30.23
	8	321.0	2.5Y8/8	43.43	-1.14	30.04
	10	322.2	2.5Y8/8	44.84	-3.18	28.07
	12	325.9	7.5YR5/6	3.65	-2.81	4.20

ตารางที่ 2 (ต่อ)

สารสกัด จากพืช	ความ เป็น กรด ต่าง	λ_{\max} (นาโนเมตร)	รหัสสีจากการ เทียบ Munsel color chart	การวัดค่าสี		
				L*	a*	b*
สารสกัด น้ำกลั่น	2	300.0	7.5YR7/8	1.19	-0.01	0.57
จาก เปลือก ผลมังคุด	4	296.3	7.5YR7/8	1.18	0.57	1.04
	6	295.1	7.5YR7/8	1.15	0.60	0.35
	7	318.5	7.5YR7/8	1.13	0.48	0.66
	8	295.1, 300.0	7.5YR7/8	0.97	0.53	0.23
	10	301.2	7.5YR7/8	0.97	0.20	1.32
	12	300.0	5YR4/8	1.29	0.64	1.82

หมายเหตุ: - คือ สารละลายใสไม่มีสี ไม่สามารถเทียบรหัสสีจาก Munsel color chart

สารสกัดสีย้อมจากใบสาบเสือด้วยตัวทำละลายเมทานอลให้สีเหลือง และสารสกัดจากน้ำให้สีน้ำตาลอ่อน มีความยาวคลื่นสูงสุดในช่วง 298-303 นาโนเมตร โดยจะให้สีเข้มขึ้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 และ 12 แต่พบว่าเมื่อนำไปทดสอบการติดสีกับกระดาษกรอง สารสกัดเมทานอลจากใบสาบเสือทุกค่าความเป็นกรด-ด่าง ไม่มีความเข้มพอที่จะสามารถแทรกตัวเข้าไปในรูพรุนของกระดาษกรองได้ จึงไม่เหมาะที่จะนำไปใช้เป็นสีย้อม

เมื่อนำสารสกัดเปลือกสนทะเลจากตัวทำละลายอะซิโตน และเมทานอลมาศึกษาการวัดค่าสีพบว่า สารสกัดทั้งสองให้สีน้ำตาลแดง จากการนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงยูวี พบว่า สารสกัดส่วนใหญ่มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในช่วง 298-300 นาโนเมตร โดยสารสกัดอะซิโตนและเมทานอลที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 จะให้สีที่เข้มที่สุด โดยค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดจะเกิด bathochromic shift มีค่าเท่ากับ 337 และ 317 นาโนเมตร ตามลำดับ และเมื่อนำไปย้อมสีด้วยกระดาษกรอง พบว่ามีเพียงสารสกัดสีย้อมจากอะซิโตนที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 8 และสารสกัดเมทานอลที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ที่สามารถย้อมติดสีกระดาษกรองได้ แสดงว่าสามารถแทรกตัวเข้าไปในช่องว่างของรูพรุนได้ดี มีโอกาสที่จะติดเส้นใยได้ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นสีย้อมผ้าชนิดต่าง ๆ

เมื่อนำใบเพกา มาสกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอลและน้ำมาศึกษาการวัดค่าสี พบว่า สารสกัดเมทานอลให้สีเหลือง และจะมีสีเข้มสุดในสารสกัดเมทานอลที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 แต่เมื่อนำไปย้อมติดสีกระดาษกรองพบว่า สารสกัดทุกตัวทำละลายไม่สามารถย้อมติดสีกระดาษกรองได้ จึงเหมาะที่จะใช้เป็นสีย้อมผ้าชนิดต่าง ๆ

เมื่อนำสารสกัดแก่นขนุนจากตัวทำละลายเฮกเซนและอะซิโตนมาศึกษาค่าสี พบว่า สีย้อมที่ได้ให้สีน้ำตาล-แดงที่ค่อนข้างเข้ม เมื่อนำไปวัดค่าดูดกลืนแสงยูวี พบว่า สารสกัดทั้งสองมีค่าดูดกลืนแสงสูงสุดค่าเดียวประมาณ 300 นาโนเมตร ยกเว้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 จะมีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดเพิ่มขึ้นที่ความยาวคลื่นประมาณ 380 นาโนเมตร และเมื่อนำไปทดสอบการติดสีของกระดาษกรอง พบว่า สารสกัดจากตัวทำละลายอะซิโตนสามารถติดสีได้ในทุกค่าที่ค่าความเป็นกรด-ด่าง

เมื่อนำสารสกัดเปลือกผลมังคุดจากเมทานอลและน้ำกลั่นมาศึกษาค่าสี พบว่า ตัวทำละลายทั้งสองให้สารสกัดที่มีแนวโน้มของสีเข้มขึ้นค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 และเมื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสง พบว่า สารสกัดส่วนใหญ่มีค่าการดูดกลืนแสงอยู่ในช่วง 320-323 นาโนเมตร และค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 จะเกิด bathochromic shift ทำให้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดเลื่อนมาอยู่ในช่วง 360-370 นาโนเมตร และเมื่อนำไปทดสอบการติดสี พบว่า สารสกัดจากเมทานอลสามารถย้อมติดสีกระดาษกรองได้ดีที่สุด

การอภิปรายผลการวิจัย

เมื่อนำพืชตัวอย่างทั้ง 5 ชนิด ได้แก่ ใบสาบเสือ เปลือกสนทะเล ใบเพกา แก่นขนุน และเปลือกผลมังคุด มาสกัดเพื่อศึกษาผลของตัวทำละลายต่อปริมาณสารที่สกัดได้จากสีย้อมจากธรรมชาติ พบว่า ตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถสกัดสารสีจากพืชชนิดต่าง ๆ ได้แตกต่างกัน โดยสารสกัดสีย้อมจากใบสาบเสือให้โทนสีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาล สารสกัดสีย้อมจากเปลือกสนทะเลให้สีเหลืองอ่อนจนถึงสีน้ำตาลแดง สารสกัดสีย้อมจากใบเพกาให้โทนสีเหลือง สารสกัดสีย้อมจากแก่นขนุนให้โทนสีน้ำตาล และสารสกัดสีย้อมจากเปลือกมังคุดให้โทนสีเหลืองจนถึงสีน้ำตาลแดง ซึ่งมีโทนสีที่สอดคล้องหรือใกล้เคียงกับงานวิจัยของนันทิพย์ และฉัตรดาว (2559) ที่ทำการสกัดสีย้อมจากเปลือกสนทะเลให้สีน้ำตาล งานวิจัยของวีรนุช และคณะ (2558) ที่ทำการสกัดสีย้อมจากแก่นขนุนให้โทนสีเหลือง พรพิมล และคณะ (2553) ซึ่งพบว่าตัวทำละลายที่ต่างกันสามารถสกัดสารสีจากเปลือกมังคุดได้แตกต่างกัน คือ สารสกัดจากน้ำได้สีแดงอมชมพูถึงสีแดงเข้ม สารสกัดเมทานอลได้สีชมพูอ่อน ขณะที่การใช้สารละลายกรดอะซิติก และสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ได้สีน้ำตาลถึงสีเทา พืชแต่ละชนิดมีร้อยละของการสกัดด้วยตัวทำละลายแต่ละชนิดที่แตกต่างกันขึ้นกับองค์ประกอบทางเคมีของพืชแต่ละชนิด สารสกัดใบสาบเสือจากเมทานอลและน้ำกลั่นให้ร้อยละของการสกัดที่สูงซึ่งตัวทำละลายทั้งสองเป็นตัวทำละลายที่มีขั้วสอดคล้องกับงานวิจัยของ Agaba และ Fawole (2016) ที่พบปริมาณสารฟีนอลิก แทนนิน และซาโปนิน ซึ่งเป็นสารที่มีขั้วในปริมาณที่สูง สารสกัดเปลือกสนทะเลให้ร้อยละของการสกัดที่สูงจากตัวทำละลายอะซิโตนและเมทานอล สอดคล้องกับงานวิจัยของ Al-Snafi (2015) ที่ทำการสกัดเปลือกสนทะเลโดยใช้ตัวทำละลายเมทานอลเพื่อนำไปศึกษาองค์ประกอบทางเคมีและฤทธิ์ทางชีวภาพต่าง ๆ สารสกัดเมทานอลและน้ำกลั่นจากใบเพกาให้ร้อยละของการสกัดที่สูง สอดคล้องกับงานวิจัยของ Buranrat *et al.* (2018) ที่พบปริมาณฟีนอลิกรวมและปริมาณฟลาโวนอยด์รวมสูงในสารสกัดจากตัวทำละลายร้อยละ 80 เมทานอล และสารสกัดเปลือกผลมังคุดจากเมทานอลและน้ำกลั่น สอดคล้องกับงานวิจัยของพรพิมล และคณะ (2553) ที่สกัดสีย้อมจากเปลือกมังคุดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้ว เช่น เอทานอล และน้ำกลั่น ขณะที่แก่นขนุนสามารถสกัดได้ปริมาณสูงโดยใช้ตัวทำละลายเฮกเซนและอะซิโตน ซึ่งแตกต่างจากงานวิจัยก่อนหน้านี้ที่สกัดโดยใช้ตัวทำละลายที่มีขั้วตัวอย่างเช่นงานวิจัยของ สุมนต์ทิพย์ (2553) ที่สามารถสกัดสีย้อมจากแก่นขนุนโดยใช้เอทานอลและน้ำ และงานวิจัยของวีรนุช (2558) ที่สกัดสีย้อมจากแก่นขนุนโดยใช้เอทานอล น้ำ และกรดอะซิติก

การศึกษาความคงตัวของสีย้อมจากธรรมชาติที่ค่าความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ พบว่า การปรับค่าความเป็นกรด-ด่าง ส่งผลต่อความคงตัวของสีย้อม กล่าวคือ สารสกัดสีย้อมจากใบสาบเสือด้วยตัว

ทำละลายเฮกเซนให้สีที่เข้มที่สุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ขณะที่สารสกัดจากไดคลอโรมีเทนให้สีน้ำตาล สารสกัดจากอะซิโตนให้สีน้ำตาลแดง สารสกัดจากเมทานอลให้สีเหลือง และสารสกัดจากน้ำให้สีน้ำตาลอ่อน โดยจะให้สีเข้มขึ้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 และ 12 สารสกัดอะซิโตนและเมทานอลจากเปลือกสนทะเลที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 จะให้สีที่เข้มที่สุด สารสกัดไดคลอโรมีเทน อะซิโตน และเมทานอลจากใบเพกา จะให้สีเหลือง และจะมีสีเข้มสุดในสารสกัดเมทานอลที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 เช่นเดียวกับสารสกัดสี้อมจากเปลือกมังคุดของทุกตัวทำละลายจะให้สีเข้มสุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 ขณะที่สารสกัดสี้อมจากแก่นขนุนในตัวทำละลายอะซิโตน เมทานอล และน้ำ ให้สีน้ำตาล-แดงที่ค่อนข้างเข้ม แต่จะไม่ค่อยแตกต่างกันในแต่ละช่วงความเป็นกรด-ด่าง ค่าความเป็นกรด-ด่างของสี้อมจากธรรมชาติและสารช่วยติดสีมีผลต่อเฉดสีตัวอย่างเช่น งานวิจัยของ จุฑามาศ และอังคณา (2559) ได้ศึกษาผลของค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3-6 ของสารช่วยติดสีธรรมชาติ พบว่าเส้นไหมที่ย้อมโดยการสกัดสีครั้งด้วยน้ำและเอทานอลโดยใช้สารช่วยติดสีจากใบมะขาม ใบพลองเหมือด และใบชงโค เส้นไหมจะดูดซับสีครั้งได้ดี ที่ค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 3 ทั้งในน้ำและเอทานอล ให้เฉดสีที่ต่างกัน คือ ใบมะขามจะให้เฉดสีแดง ใบพลองเหมือด จะให้เฉดสีแดงชมพู และใบชงโคจะให้เฉดสีน้ำตาล และให้เฉดสีที่สดใสที่ค่าความเป็นกรด-ด่างในช่วง 3-4 การศึกษาความคงตัวของสี้อมจากธรรมชาติมีประโยชน์ต่อการนำไปประยุกต์ใช้กับผลิตภัณฑ์ต่าง ๆ เพื่อให้มีสีสันสวยงาม เพิ่มมูลค่าของสินค้า สามารถนำสี้อมจากธรรมชาติมาก่อให้เกิดประโยชน์ในเชิงพาณิชย์มากขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของอรนุช และคณะ (2560) ความคงตัวของสี้อมยังขึ้นอยู่กับสารช่วยติดสี อย่างเช่น เปลือกสีเสียดแห้ง เปลือกผลทับทิมแห้ง ใบยูคาลิปตัสแห้ง (นุชนาถ และคณะ, 2559)

สรุปผลการวิจัย

การศึกษามูลของตัวทำละลายต่อปริมาณสี้อมที่สกัดได้จากธรรมชาติ และศึกษาความคงตัวของสี้อมจากธรรมชาติที่ความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ พบว่า ตัวทำละลายแต่ละชนิดมีความสามารถในการสกัดสี้อมจากธรรมชาติได้แตกต่างกัน และความคงตัวของสี้อมจากธรรมชาติขึ้นกับค่าความเป็นกรด-ด่าง สารสกัดจากน้ำให้สีน้ำตาลอ่อน โดยจะให้สีเข้มขึ้นที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 10 และ 12 ขณะที่สารสกัดสี้อมจากใบสาบเสือด้วยตัวทำละลายเฮกเซน สารสกัดอะซิโตนและเมทานอลจากเปลือกสนทะเล สารสกัดเมทานอลจากใบเพกา และสารสกัดจากเปลือกมังคุดทุกตัวทำละลายให้สีที่เข้มที่สุดที่ค่าความเป็นกรด-ด่างเท่ากับ 12 แต่ความเป็นกรด-ด่างจะไม่มีผลแตกต่างสำหรับสารสกัดสี้อมจากแก่นขนุน

ข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ค้นพบว่าตัวทำละลายแต่ละชนิดสามารถสกัดสารสีจากพืชชนิดต่าง ๆ ได้แตกต่างกัน สี้อมแต่ละชนิดมีความคงตัวและความเข้มของสี้อมที่แตกต่างกันในช่วงความเป็นกรด-ด่างต่าง ๆ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติม ดังนี้

1. ควรศึกษาการใช้สารที่มีฤทธิ์เป็นกรด-ด่างจากธรรมชาติเพิ่มเติม และการเก็บรักษาสี้อมเพื่อสะดวกและง่ายต่อการใช้งานของชาวบ้านในชุมชน

2. ควรศึกษาผลของสารช่วยติดสีที่มีผลต่อเฉดสีจากสีย้อมจากธรรมชาติในช่วงความเป็นกรด-ต่างต่าง ๆ

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดีเนื่องจากผู้วิจัยได้รับความอนุเคราะห์ทุนวิจัยจากทุนสนับสนุนงานวิจัยจากงบประมาณกองทุนเพื่อการวิจัย ปีงบประมาณ พ.ศ. 2559 มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ผู้วิจัยขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการ ศูนย์วิทยาศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช ที่ให้คำแนะนำในการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ และอำนวยความสะดวกในการใช้สถานที่

เอกสารอ้างอิง

- จุฑามาศ ชูสกุล และอังคณา ชาตีก้อน. (2559). การศึกษาผลของกรด-ต่างของสารช่วยติดสีธรรมชาติต่อคุณภาพและเฉดสีของไหมที่ย้อมสีจากครั้ง. ใน *การประชุมวิชาการเสนอผลงานวิจัยบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ มหาวิทยาลัยขอนแก่น พ.ศ.2559* (หน้า 277-282). ขอนแก่น: มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- ดารณี ชันเพชร และวิรัน วิสุทธิธาดา. (2556). อิทธิพลของสารมอร์แดนต์ต่อสมบัติการย้อมเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีธรรมชาติที่สกัดจากใบสัก. *วารสารวิชาการและวิจัย มทร.พระนคร*, (ฉบับพิเศษ), 357-363.
- นันทิพย์ หาสิน และฉัตรดาว ไชยหล่อ. (2559). การศึกษากระบวนการสกัดสีธรรมชาติจากพืช เพื่องานมัดย้อม. ใน *การประชุมวิชาการระดับชาติ นอร์ทเทิร์นวิจัย ครั้งที่ 3* (หน้า 513-516). ตาก: วิทยาลัยนอร์ทเทิร์น.
- นุชนาด มีพันธ์ ศศิประภา รัตนดิถก ณ ภูเก็ต และศรันยา คุณะดิถก (2559). การย้อมผ้าไหมด้วยสีย้อมธรรมชาติจากเหง้ากระชายดำ. *วารสารคหเศรษฐศาสตร์*, 59(2), 26-35.
- ปิยะธิดา สีหะวัฒน์กุล และอนุสรณ์ ใจทน. (2556). *การศึกษาระบวนการย้อมสีใบตองแห้งด้วยสีธรรมชาติและสีวิทยาศาสตร์เพื่องานศิลปะประดิษฐ์*. กรุงเทพฯ: คณะเทคโนโลยีคหกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร.
- พรพิมล ม่วงไทย สุจิตรา ศรีสังข์ นงนุช พรณรงค์ และชุตติมาพร วรณวงษ์. (2553). การเตรียมผงสีย้อมจากเปลือกมังคุดบนสารดูดซับ. *การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 7* (หน้า 1975-1984). นครปฐม: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน
- ระมัด โชชัย. (2556). การย้อมสีเส้นด้ายฝ้ายด้วยสีย้อมธรรมชาติจากใบและเปลือกต้นมะม่วงสำหรับอุตสาหกรรมครอบครัว. *วารสารวิจัยเพื่อการพัฒนาเชิงพื้นที่*, 5(4), 116-127.
- วีรนุช วอนแก่น้อย พันธิวา แก้วมาตย์ อลงกลด แทนอมทอง และพรณรงค์ สิริปิยะสิงห์ (2558). การคัดเลือกสารสีสกัดจากธรรมชาติในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทยเพื่อใช้เป็นสีย้อมโครโมโซม. *วารสารวิจัยเพื่อพัฒนาสังคมและชุมชน มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม*, 2(1), 42-52.

- สุดกมล ลาโสภา และรุ่งนภา พิมเสน. (2559). การสังเคราะห์อนุภาคนาโนซิงค์ออกไซด์โดยวิธีเคมีสีเขียวสำหรับปรับปรุงการย้อมสีผ้าฝ้ายด้วยสีธรรมชาติ. *วารสารวิชา มหาวิทยาลัยราชภัฏนครศรีธรรมราช*, 35(2), 83-93.
- สุมนต์ทิพย์ คงตัน จันทร์พิภ. (2553). การพัฒนาสีย้อมผมจากพืชสมุนไพรไทย. *วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร*, 41(3), 425-428.
- เสาวณีย์ รัตนพานี วิจิตร รัตนพานี และมาลี ตั้งสถิตย์กุลชัย . (2550). *รายงานวิจัยการสกัดและการเกิดสารเชิงซ้อนของสีย้อมธรรมชาติจากแก่นฝาง*. นครราชสีมา: คลังปัญญา มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีสุรนารี.
- อนงค์พรรณ หัตถมาศ และสุภาวรงค์ ศรีเทพ. (2555). การพัฒนาผลิตภัณฑ์จากฝ้ายย้อมสีจากมะขามหวาน. *ราชภัฏเพชรบูรณ์สาร*, 14(2), 113-119.
- อรนุช นาคชาติ อีระพงษ์ แกมแก้ว รัตนา แสนแสง นวรัตน์ พัวพันธ์ และศิริกุล อัมพะวะสิริ (2560) การย้อมสีไหมด้วยเมล็ดมะขามและเปลือกหุ้มเมล็ดมะขามเพื่อเพิ่มมูลค่าเชิงพาณิชย์. *วารสารวิชาการเทคโนโลยีอุตสาหกรรม : มหาวิทยาลัยราชภัฏสวนสุนันทา*, 5(2), 59-70.
- Agaba, T.A. and Fawole, B. (2016). Phytochemical constituents of siam weed (*Chromolaena odorata*) and african custard apple (*Annona senegalensis*). *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences*, 6(1), 35-42.
- Aher, A.N., Pal, S.C., Yadav, S.K., Patil, U.K. and Bhattacharya, S. (2009). Antioxidant activity of isolated phytoconstituents from *Casuarina equisetifolia* Frost (Casuarinaceae). *Journal of Plant Sciences*, 4(1), 15-20.
- Al-Snafi, A.E. (2015). The Pharmacological importance of *Casuarina Equisetifolia* -An Overview. *International Journal of Pharmacological Screening Methods*, 5(1), 4-9.
- Buranrat, B., Noiwetch, S., Suksar, T., Ta-Ut, A. and Boontha, S. (2018). Cytotoxic and antimigration effects of different parts of *Oroxylum Indicum* extract on human breast cancer MCF-7 cells. *Science & Technology Asia*, 23(4), 42-52.