



สารสกัดจากใบกระถินที่ถูกตรึงบนกระดาษสำหรับเป็นชุดทดสอบปริมาณ
ไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็ก

เยาวลักษณ์ ชันห้วโทน
นภาพร วรรณภาพรม

โปรแกรมวิชาเคมี
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ตุลาคม 2567

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)



สารสกัดจากใบกระถินที่ถูกตรึงบนกระดาษสำหรับเป็นชุดทดสอบปริมาณ
ไอออนเหล็กในตัวอย่างยาวาเสริมธาตุเหล็ก

โปรแกรมวิชาเคมี
คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย
ตุลาคม 2567

(งานวิจัยนี้ได้รับทุนสนับสนุนการทำวิจัยจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย)

ชื่อเรื่อง : สารสกัดจากใบกระถินที่ถูกตรึงบนกระดาษสำหรับเป็นชุดทดสอบปริมาณไอออน เหล็กใน
ตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็ก

ชื่อผู้วิจัย : นางสาวเยาวลักษณ์ ชันหวัทนา และคณะ

สาขาวิชา/คณะ : เคมี วิทยาศาสตร์

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยประจำปีงบประมาณ : 2567

ระยะเวลาที่ดำเนินการวิจัยปี : มกราคม 2567 ถึง ตุลาคม 2567

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กด้วยเทคนิคแลป-ออน-เปเปอร์ โดยใช้สารสกัดจากใบกระถินเป็นรีเอเจนต์ร่วมกับการตรวจวัดค่าสี RGB ด้วยโทรศัพท์มือถือ การเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารมีโมซินในใบกระถินกับไอออนเหล็กจะได้สารประกอบเชิงซ้อนสีส้มอิฐ ให้สเปกตรากการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ 460 nm โดยได้ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ เพื่อให้ได้สภาวะที่เหมาะสม พบค่าที่เหมาะสม คือ ความเข้มข้นของสารสกัดใบกระถินที่ 2.5 %w/v เวลาในการสกัด 20 นาที pH ในการเกิดปฏิกิริยา 4.5 ปริมาตรสารละลายตัวอย่างที่หยดบนกระดาษเท่ากับ 15 ไมโครลิตร เวลาในการทำปฏิกิริยา 7.5 นาที และใช้แสงสีน้ำเงิน (B) ในการติดตามสัญญาณ ซึ่งภายใต้สภาวะการทดลองที่เหมาะสม พบช่วงการใช้งานที่เป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานเหล็กอยู่ในช่วง 1.00–10.00 ppm ($y = 0.9626x - 2.1379$, $R^2 = 0.9959$) ค่า LOD และ LOQ เท่ากับ 0.09 และ 3.68 ppm ตามลำดับ และค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์ของเทคนิคที่พัฒนาขึ้นที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก 1.00, 5.00 และ 10.00 ppm ($n = 8$) พบว่า %RSD เท่ากับ 3.00 2.84 และ 2.38 ตามลำดับ ร้อยละการได้คืนกลับ 87–93% จากการวิเคราะห์ไอออนเหล็ก (II) ในตัวอย่างยาพบว่า เมื่อเปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ t-Test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ของวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานของยาแต่ละชนิด พบว่าไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ งานวิจัยนี้ถือได้ว่าเป็นเครื่องมืออย่างง่าย มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและราคาประหยัด

คำสำคัญ : ไอออนเหล็ก, สารสกัดจากใบกระถิน, รีเอเจนต์ธรรมชาติ, แลป-ออน-เปเปอร์, ยาเสริมธาตุเหล็ก

Research Title : *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit Leaf Extracts Immobilized on Paper as A Test Kit for Iron Ion Determination in Iron Supplement

Author : Miss Yaowalak Khanhuathon and et al.

Faculty : Chemistry, Education

Fiscal Year : 2024

Year of Research : January 2024 – October 2024

Abstract

The iron ion determination in iron supplement using the lab-on-paper technique with *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit leaf extracts as a reagent and RGB color measurement via mobile phone was developed. The reaction between mimosine in *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit leaf extracts and iron ions was provided by a brick-orange complex compound which its highest light absorption spectrum at 460 nm. The various parameters were examined in order to obtain the appropriate condition were studied. The optimum values were found to be the concentration of acacia leaf extract at 2.5 % w/v, extraction time of 20 minutes, pH in the reaction of 4.5, volume of sample solution dropped on paper of 15 μ L, reaction time of 7.5 minutes, and blue light (B) used as monitoring of the signals. Under optimum conditions, it was found that the linearity range of the iron ion standard solution was in the range of 1.00–10.00 ppm ($y = 0.9626x - 2.1379$, $R^2 = 0.9959$). LOD and LOQ values were 0.09 and 3.68 ppm, respectively. The accuracy of the proposed method was studied at iron ion concentrations of 1.00, 5.00 and 10.00 ppm ($n = 8$). The results showed that the %RSD was 3.00, 2.84 and 2.38, respectively. The % recovery was 87–93%. The iron ion determination in iron supplements by the proposed method and the standard method were compared using t-test statistical analysis values at the 95% confidence level. It was found that there were no significant differences. This research can be considered a simple, environmentally friendly and economical.

Keywords : Iron ion, *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit leaf extracts, Natural reagent, Lab-on-paper, Iron supplement

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ขอขอบคุณสถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่ให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้ และคณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการทำวิจัย ขอขอบคุณผู้ร่วมวิจัย ผศ.ดร. นภาพร วรรณพรม รวมถึงขอขอบคุณผู้ช่วยวิจัยประกอบด้วยนาย พลาธิป ชัยชมภู และ นางสาวศิริพร คำมิดโกน ไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

คณะผู้วิจัย
ตุลาคม 2567

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ	ก
Abstract	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญภาพ	ช

บทที่

1	บทนำ	
	ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
	โจทย์การวิจัย	2
	คำถามการวิจัย	3
	วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
	ตัวแปรที่ศึกษา	4
	สมมติฐานของการวิจัย	4
	ขอบเขตการวิจัย	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	5
	ประโยชน์ที่ได้รับ	5
2	แนวคิด ทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
	เคมีสีเขียว	6
	ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกระถิน	8
	เหล็ก	9
	ยาเสริมธาตุเหล็ก	11
	งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	12
	ข้อสรุปจากแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับงานวิจัย	13
3	วิธีดำเนินการวิจัย	
	เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย	14
	สารเคมี	14
	การเตรียมสารละลาย	15

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย (ต่อ)
	การตรึงสารสกัดจากใบกระถินบนกระดาษ 16
	การหาภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการวิเคราะห์ 17
	การหาคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ 17
	การวิเคราะห์หาปริมาณหลักในตัวอย่างยาด้วยวิธีการเติมสารมาตรฐาน 18
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล
	การพัฒนาชุดทดสอบที่ตรึงด้วยสารสกัดจากใบกระถินสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนหลักในตัวอย่างยา และใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการตรวจวัดค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน (RGB) ในกล่องควบคุมแสง 19
	การศึกษาลักษณะสเปกตรัมของการเกิดปฏิกิริยา 19
	การหาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง 20
	ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถิน 20
	ผลการศึกษาเวลาในการสกัดใบกระถิน 20
	ผลการศึกษาค่า pH ในการทำปฏิกิริยา 21
	ผลการศึกษาเวลาในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานหลัก 22
	ผลการศึกษาปริมาณสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างที่ใช้หยดในการเกิดปฏิกิริยากับสารที่ตรึงบนกระดาษ 22
	การพัฒนาชุดสอบอย่างง่าย ราคาประหยัด สามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนในสถานศึกษาที่ขาดแคลนอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ 24
	ค่าคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ 24
	การประยุกต์ใช้วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนหลักในตัวอย่างยาด้วยเทคนิคปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ 25
	การนำงานวิจัยสำหรับการนำเสนอ/การตีพิมพ์ในระดับชาติหรือระดับนานาชาติ 27
5	สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ
	สรุปผลการวิจัย 28
	อภิปรายผลการวิจัย 28
	ข้อเสนอแนะ 29

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
บรรณานุกรม	31
ภาคผนวก	
การเปรียบเทียบวิธีมาตรฐานและวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น	35
ประวัติผู้วิจัย	36

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
3.1	แสดงตัวแปรที่ศึกษาสำหรับหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม	17
4.1	แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการทดลองหาปริมาณไอออนเหล็กใน ตัวอย่างยา	24
4.2	แสดงปริมาณไอออนเหล็กของวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน	26

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย	3
2.1 ใบและยอดกระถินไทย	9
2.2 ลักษณะยาบำรุงโลหิต	11
3.1 การเตรียมตัวอย่างยา Ferrous fumarate และ Ferrous sulphate	16
3.2 การตรึงสารสกัดจากมบกระถินลงบนกระดาษกรอง	16
3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็ก	18
4.1 แสดงลักษณะสเปกตรของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินและ สารละลายมาตรฐานเหล็กด้วยเทคนิคออลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี	19
4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากใบ กระถินกับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)	20
4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาเวลาในการสกัดสารจากใบกระถิน กับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)	21
4.4 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาค่า pH ในการทำปฏิกิริยากับค่า ความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)	22
4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาเวลาในการทำปฏิกิริยากับค่า ความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)	23
4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาปริมาตรของสารมาตรฐานเหล็กกับ ค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)	23
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก ในช่วง 1-10 ppm	25
4.8 กราฟแสดงปริมาณสารประกอบ Ferrous ในตัวอย่างยา ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น เทียบกับวิธีมาตรฐาน	26
4.9 ใบตอบรับการตีพิมพ์	27

บทที่ 1

บทนำ

1. ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

กระถินไทยเป็นพืชพื้นบ้านที่สามารถพบได้ทั่วไปในประเทศไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae หรือ Leguminosae (ชื่อเดิม) มีสรรพคุณต่อสุขภาพมากมายในการรักษาโรคเบาหวาน รักษาโรคบิด รักษาอาการอักเสบของไต รักษาพยาธิ และ รักษาอาการนอนไม่หลับ เป็นต้น โดยในทางพื้นบ้านมีการนำใบกระถินไทยมาใช้เพื่อ บรรเทาอาการอักเสบหรือความเจ็บปวด บำรุงผิวพรรณให้ดูเปล่งปลั่ง มีสุขภาพดี เนื่องจากกระถิน ไทยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (คณาทิพย์ สิงห์สาย และคณะ, 2563) จากการศึกษา พบว่าใบกระถินสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่น เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชและยับยั้งการ เติบโตของเชื้อราก่อโรคพืช (ศิริวิภา เปี่ยมปฏิภาณ และ วรพจน์ สุนทรสุข, 2559) มีการสกัด สารประกอบฟีนอลจากใบกระถินเพื่อศึกษาผลต่อตัวอ่อนของพยาธิตัวกลมระยะที่ 3 (เดชภาพร วงศ์ เดชขจร และคณะ, 2548) รวมถึงมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบกระถินและใบไมยราบยักษ์ พบว่ามีปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิก มิโมซิน เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะใน ใบกระถินมีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่สูง (3.29 ± 0.35 ถึง 4.97 ± 0.99 mg GAE/g) (พชรมน เม่ามูลเฮ และคณะ, 2561) ในด้านงานวิจัยเชิงเคมีวิเคราะห์ที่ได้มีการนำใบกระถิน ในส่วนยอดมาทำการสกัดด้วย 0.1 โมลาร์ไฮโดรคลอริก ก่อนที่จะนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย ไอออนเหล็ก (III) ซึ่งจากลักษณะของสเปกตร้าของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับของ สารละลายไอออนเหล็ก (III) ที่ทำปฏิกิริยากับมิโมซิน (Mimosine) ซึ่งสารนี้พบว่าเป็นองค์ประกอบ ในใบกระถิน จึงใช้สารสกัดจากใบกระถินร่วมกับเทคนิคแลปอออนไมโครเพลต ตรวจวัดสัญญาณโดยวัด ค่าสี RGB เพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างน้ำ (Kotchabhakdi, N. et al., 2020)

ธาตุเหล็กสามารถอยู่ในรูปสารประกอบเกลือจำนวนมาก เช่น ในรูปสารประกอบเชิงซ้อนกับ กรดอะมิโน สารประกอบคาร์บอนิล พอลิแซคคาไรด์ ที่นำมาใช้ในรูปอาหารเสริม จากการรายงาน พบว่า เฟอร์รัส ไอออน (Fe(II)) จะถูกดูดซึมได้ง่ายกว่าเฟอร์ริก ไอออน (Fe(III)) ประมาณ 3 เท่า สารอาหารที่อยู่ในรูปธาตุเหล็กจะถูกดูดซึมให้อยู่ในรูปเฟอร์รัส (McEvoy, 2007) ในอาหารเหล็กมีอยู่ 2 ชนิดคือ ในรูปฮีม (heme) และไมใช่ฮีม (non-heme iron) ซึ่งฮีมนี้จะดูดซึมได้ง่ายกว่าในร่างกาย ซึ่งพบมากในสัตว์ ส่วนที่ไม่ใช่ในรูปฮีมจะพบมากในพืช (Dubey et al., 2015) ในภาวะผู้ป่วยโลหิต รางจะต้องได้รับอาหารเสริมหรือยาในกลุ่ม Erythropoiesis-stimulating agents (ESAs) เป็นยาที่ ช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง สามารถรักษาภาวะโลหิตรางที่เกิดจากหลายสาเหตุ อาจเกิดผลข้างเคียงคือ ความดันโลหิตสูง ปวดศีรษะ ปวดตามร่างกาย วิงเวียนศีรษะ และอาเจียนได้ อาหารเสริมธาตุเหล็ก มีทั้งรูปแบบยาน้ำและยาเม็ดที่ช่วยเสริมธาตุเหล็ก สำหรับผู้ป่วยที่เป็นหญิง ตั้งครรภ์จะต้องได้รับยาเสริมธาตุเหล็กอย่างน้อย 30 มิลลิกรัมต่อวัน ทั้งนี้กระทรวงสาธารณสุขได้ออก นโยบายการเสริมธาตุเหล็กให้กับเด็กไทยตั้งแต่อายุ 5 เดือนถึง 14 ปี เพื่อป้องกันการเกิดภาวะโลหิต ราง โดยร่างกายจะดูดซึมธาตุเหล็กได้ดีเมื่อรับประทานคู่กับวิตามินซีและทานตอนท้องว่าง (Fairview Oncology, 2019) ซึ่งในการติดตามและควบคุมคุณภาพยาหรืออาหารเสริมจึงมีความจำเป็น ในการ

วิเคราะห์หาปริมาณของไอออนเหล็กสามารถวิเคราะห์ได้หลายเทคนิคเช่น ยูวี-วิสิเบิลสเปกโตรสโกปี โดยการอาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง 1,10-phenanthroline กับ Fe(II) แล้ววัดสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (UV-Vis Spectrophotometer) หรือการวิเคราะห์ในรูปแบบอะตอมหรือไอออนด้วยเครื่องอะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) เป็นต้น (Elmagirbi et al., 2012)

ในปี ค.ศ. 1990 ได้มีการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับเคมีสีเขียว (Green Chemistry) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียจากการวิเคราะห์ การใช้ตัวทำละลายและรีเอเจนต์ที่มีความปลอดภัยและลดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการนำเสนอการวิเคราะห์ระดับไมโครและใช้รีเอเจนต์ธรรมชาติแทนการใช้สารเคมีที่เป็นพิษ (Anastas, 1999 และ Manz *et al.*, 1990) ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้รายงานเกี่ยวกับการใช้เทคนิคการไหลควบคู่กับการใช้รีเอเจนต์ธรรมชาติ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยใช้สารสกัดจากใบพลู (Siriangkhawut *et al.*, 2016) และใช้สารสกัดจากรากยอ (Tontrong *et al.*, 2012) ร่วมกับเทคนิคโฟลอินเจกชันอะนาไลซิส (Flow injection analysis) และตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) และการตรวจวัดเหล็กไอออนอย่างง่ายด้วยเทคนิคการสังเกตด้วยตาเปล่าโดยใช้สารสกัดจากดอกชบาแดง (ช่องสาย และคณะ, 2559) สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แบบลดขนาดเช่น การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคแลปออนเพลทโดยใช้สารสกัดจากกะหล่ำปลีแดงเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ (วรรณพรม และ ชันหวัทนา, 2561) การวิเคราะห์หาปริมาณกรดซิตริกในน้ำมะนาวสังเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติจากกลีบดอกกล้วยไม้ (*Dendrobium sonia earsakul*) เป็นรีเอเจนต์ร่วมกับการตรวจวัดด้วยเครื่อง PiCOEXPLORER (ชันหวัทนา และ วรรณพรม, 2562) และได้มีการใช้สารสกัดจากดอกบานไม่รู้โรยการวิเคราะห์ปริมาณอซิติกด้วยเทคนิคแลปออนชิป (Lab-on-chip) อย่างง่าย (Ueda *et al.*, 2010)

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชุดทดสอบซึ่งเตรียมจากการนำสารสกัดจากใบกระถินไปตรึงบนกระดาษวิธีนี้เรียกว่าปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ (Lab-on-paper, LOP) สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา และใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการตรวจวัดค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) ในกล่องควบคุมแสง วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง ใช้สารปริมาณน้อย สามารถนำไปวิเคราะห์นอกสถานที่ได้ มีความถูกต้องให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ อีกทั้งยังสามารถนำชุดทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประกอบการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการบริการวิชาการแก่สถานศึกษาได้อีกด้วย

2. โจทย์การวิจัย

การพัฒนาชุดทดสอบซึ่งเตรียมจากการนำสารสกัดจากใบกระถินไปตรึงบนกระดาษวิธีนี้เรียกว่าปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ (Lab-on-paper, LOP) ที่ง่าย ราคาประหยัด มีความน่าเชื่อถือ วิเคราะห์นอกสถานที่ได้ เพื่อใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา

3. คำถามการวิจัย

กระดาษกรอง (Filter paper) ทำมาจากเซลลูโลสมีคุณสมบัติในการดูดซับสาร ดังนั้นกระดาษกรองก็น่าจะสามารถนำมาสร้างชุดทดสอบอย่างง่ายในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา ร่วมกับการวิเคราะห์ค่าสี RGB ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ โดยกระดาษกรองสามารถนำมาใช้ตรึงสารสกัดจากธรรมชาติ เช่น ใบกระถิน เพื่อสร้างชุดทดสอบอย่างง่ายสำหรับวิเคราะห์ปริมาณไอออนเหล็กได้หรือไม่

4. วัตถุประสงค์ของการวิจัย

4.1 เพื่อพัฒนาชุดทดสอบที่ตรึงด้วยสารสกัดจากใบกระถินสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา และใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการตรวจวัดค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) ในกล่องควบคุมแสง

4.2 เพื่อให้ได้ชุดทดสอบอย่างง่าย ราคาประหยัด สามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนในสถานศึกษาที่ขาดแคลนอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

4.3 เพื่อให้ได้งานวิจัยสำหรับการนำเสนอ/การตีพิมพ์ในระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

5. กรอบแนวคิดของการวิจัย

การวิเคราะห์ปริมาณไอออนเหล็กแบบดั้งเดิมต้องใช้เครื่องมือที่มีขนาดใหญ่ มีการใช้สารเคมี และเกิดของเสียจากการวิเคราะห์จำนวนมาก รวมทั้งอุปกรณ์และสารเคมีมีราคาสูง สถานศึกษาบางแห่งไม่สามารถจัดซื้อได้ ส่งผลให้เกิดข้อจำกัดบางอย่างต่อการจัดการเรียนการสอน



การวิเคราะห์แบบปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ (Lab on paper) เป็นการวิเคราะห์แบบลดขนาด (Downscaling method) ที่ลดขนาดของอุปกรณ์และปริมาตรของสารเคมี ร่วมกับการใช้รีเอเจนต์จากธรรมชาติแทนสารเคมี พัฒนาให้เป็นชุดทดสอบโดยการนำสารสกัดจากธรรมชาติเช่น ใบกระถินมาตรึงลงบนกระดาษ ทำให้ได้ชุดทดสอบที่มีขนาดกะทัดรัดร่วมกับการใช้แอปพลิเคชันบนมือถือเพื่อวิเคราะห์ค่าสี RGB โดยชุดทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้นให้ผลการทดลองที่น่าเชื่อถือ สามารถวิเคราะห์นอกสถานที่ได้ (On-site analysis) ซึ่งเหมาะกับการใช้ในการเรียนการสอนในสถานศึกษาที่ห่างไกลหรือขาดแคลนอุปกรณ์การทดลองในเนื้อหาดังกล่าวข้างต้น



ดำเนินการตามแผนงานวิจัย ทดสอบหาภาวะที่เหมาะสมสำหรับเครื่องมือที่พัฒนาขึ้น เปรียบเทียบผลการทดลองโดยใช้สถิติกับวิธีมาตรฐาน จัดทำเล่มรายงานนำผลงานวิจัยไปตีพิมพ์เผยแพร่และใช้ในงาน

ภาพที่ 1.1 กรอบแนวคิดของการวิจัย

6. ตัวแปรที่ศึกษา

6.1 ตัวแปรต้น

ตัวแปรต่าง ๆ ที่ศึกษาในการหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม เช่น ความเข้มข้นของสารสกัด, เวลาในการสกัด, เวลาในการเกิดปฏิกิริยา, ปริมาตรของสารสกัดที่ตรึงลงบนกระดาษ และปริมาตรของสารตัวอย่าง, เป็นต้น

6.2 ตัวแปรตาม

ค่าสัญญาณความเข้มแสง (Intensity) ของแสงสีแดง แสงสีเขียว และแสงสีน้ำเงินรวมถึงความเข้มข้นหรือปริมาณของไอออนเหล็ก

6.3 ตัวแปรควบคุม

ตัวแปรที่ไม่ได้ศึกษา ณ ขณะนั้น, อุณหภูมิ, ปริมาตรรวมของสารละลาย และตำแหน่ง การถ่ายภาพ เป็นต้น

7. สมมติฐานของการวิจัย

ถ้าสารสกัดจากใบกระถินสามารถเกิดปฏิกิริยากับไอออนเหล็กแล้วเกิดเป็นสารประกอบเชิงซ้อนที่มีสีได้ ดังนั้นการนำสารสกัดจากใบกระถินมาตรึงบนกระดาษก็สามารถใช้วิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กได้ โดยการติดตามการวัดค่าสี RGB ที่เกิดจากการทำปฏิกิริยานี้

8. ขอบเขตการวิจัย

8.1 ขอบเขตด้านเนื้อหา

8.1.1 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากรีเอเจนต์ธรรมชาติในการวิเคราะห์สารที่สนใจในตัวอย่างต่าง ๆ

8.1.2 การศึกษาและรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับการใช้ประโยชน์จากวิธีการวิเคราะห์บนกระดาษ

8.1.3 ศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์ หาค่าคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ การประยุกต์ใช้วิธีที่พัฒนาขึ้นในการวิเคราะห์ตัวอย่าง

8.1.4 องค์ความรู้เกี่ยวกับรีเอเจนต์ธรรมชาติ รวมถึงการประยุกต์ใช้วิธีที่พัฒนาขึ้นในการวิเคราะห์ปริมาณไอออนเหล็ก

8.2 ขอบเขตด้านพื้นที่

—

8.3 ขอบเขตด้านเวลา

ระยะเวลา 12 เดือน ตั้งแต่เดือน มกราคม 2567 ถึง เดือน ธันวาคม 2567

8.4 ขอบเขตประชากร

—

9. นิยามศัพท์เฉพาะ

รีเอเจนต์ธรรมชาติ (Natural reagent) คือ สารที่ได้มาจากธรรมชาติ เป็นทางเลือกหนึ่งในหลักการของเคมีสีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้วัตถุดิบที่ไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อม เพื่อที่จะลดสิ่งที่เหลือจากการทำการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้โดยจะไปเกิดปฏิกิริยากับสารที่มีคุณสมบัติเป็นตัว chelating (<http://pharm.kku.ac.th/isan-journal/journal/volumn9-no1/001-Abstract/Page8.pdf>, 2556)

แลป-ออน-เปเปอร์ (Lab-On-Paper) หรือเทคนิคปฏิบัติการบนกระดาษ คือ อุปกรณ์ปฏิบัติการบนกระดาษที่สร้างด้วยสารสกัดจากใบกระถินจากนั้นหยดสารตัวอย่างที่มีไอออนเหล็กจะเกิดการเปลี่ยนแปลงสีตามความเข้มข้นของไอออนเหล็กที่สามารถวัดค่าสัญญาณความเข้มแสง RGB ต่าง ๆ ได้

กระถินไทย คือ พืชพื้นบ้านที่สามารถพบได้ทั่วไปในประเทศไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae หรือ Leguminosae (ชื่อเดิม) กระถินไทยเป็นพืชที่มีสรรพคุณต่อสุขภาพมากมาย

10. ประโยชน์ที่ได้รับ

ด้านวิชาการ ได้องค์ความรู้เรื่องการพัฒนาชุดทดสอบปฏิบัติการบนกระดาษที่สร้างด้วยสารสกัดจากกระถินซึ่งเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ เพื่อนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอนในหัวข้อเกี่ยวข้องกับเคมีวิเคราะห์ เคมีแบบลดขนาด เคมีสีเขียว การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน รีเอเจนต์ธรรมชาติ และการเกิดปฏิกิริยาทางเคมี

ด้านเศรษฐกิจ/พาณิชย์ ได้ชุดทดสอบปฏิบัติการบนกระดาษที่สร้างด้วยสารสกัดจากกระถินซึ่งเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ ที่มีผลการทดลองสอดคล้องกับวิธีมาตรฐาน ซึ่งสามารถสร้างมูลค่าในเชิงพาณิชย์ต่อไปได้

ด้านสังคมและชุมชน ได้ใช้ชุดทดสอบปฏิบัติการบนกระดาษที่สร้างด้วยสารสกัดจากกระถินซึ่งเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ ในการบริการวิชาการแก่สถานศึกษา และบุคคลภายนอก

11. หน่วยงานที่นำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

11.1 ชุมชนในเขตพื้นที่จังหวัดเชียงราย

11.2 มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย

11.2 โรงเรียนในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเชียงราย

บทที่ 2

แนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 เคมีสีเขียว (Green Chemistry)

(https://www.baanjommyut.com/library_2/extension4/green_chemistry/index.html, 2552)

“เคมีสีเขียว” ศาสตร์แขนงหนึ่งที่ยึดหลักปรัชญาในกระบวนการออกแบบและสังเคราะห์วัสดุหรือสารเคมี โดยการลด ละ หรือหลีกเลี่ยงการใช้หรือสังเคราะห์สารที่ก่อให้เกิดอันตรายและเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้นกระบวนการหรือขั้นตอนทางเคมี รวมถึงการวางแผนการปฏิบัติการ ที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม จึงเป็นหัวใจและกลไกสำคัญของ “เคมีสีเขียว” ต่างจากเคมีสิ่งแวดล้อม (Environmental Chemistry) ที่ศึกษาถึงสาเหตุ แหล่งที่มา ปฏิกริยาและผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ทั้งทางอากาศ ดิน และน้ำ รวมถึงผลกระทบต่อกิจกรรมในการดำรงชีวิตของมนุษย์ อันเนื่องมาจากกระบวนการสังเคราะห์สาร

“เคมีสีเขียว” จะมองไปที่รากเหง้าอันเป็นบ่อเกิดและจุดเริ่มต้นของปัญหามลภาวะต่อสิ่งแวดล้อม ตัวอย่างเช่น ถ้ามีการสังเคราะห์หรือผลิตสารเคมีตัวหนึ่งขึ้นมา โดยมีการใช้สารตั้งต้นหรือสารที่ใช้ในปฏิกิริยาตลอดจนกระทั่งตัวทำละลายที่เป็นอันตรายต่อสิ่งแวดล้อม การหาสารอื่นที่ไม่เป็นอันตรายทดแทนหรือการเปลี่ยนกระบวนการตลอดจนเลือกตัวทำละลายที่ไม่ก่อให้เกิดมลภาวะจะเป็นสิ่งที่ “เคมีสีเขียว” คำนึงถึงและเลือกใช้เป็นแนวทางทดแทนกระบวนการเดิมที่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม

“เคมีสีเขียว” สามารถสอดแทรกอยู่ได้ในเคมีพื้นฐานแขนงต่าง ๆ ไม่ว่าจะเป็น อินทรีย์เคมี (Organic chemistry) อนินทรีย์เคมี (Inorganic chemistry) ชีวเคมี (Biochemistry) เคมีชีวภาพ (Chemical biology) เคมีวิเคราะห์ (Analytical chemistry) หรือแม้แต่ ฟิสิกส์เคมี (Physical chemistry) ตลอดจนมีการประยุกต์ใช้ในภาคอุตสาหกรรมที่มีการใช้กระบวนการทางเคมีในแขนงต่างๆ เช่น ปิโตรเคมี โพลีเมอร์ นาโนเทคโนโลยี เป็นต้น ทั้งนี้ด้วยวัตถุประสงค์อันเป็นจุดมุ่งหมายเดียวกัน คือการทำให้เกิดมลภาวะน้อยที่สุด แต่เพิ่มประสิทธิภาพและศักยภาพของกระบวนการผลิตและสังเคราะห์ ตลอดจนการนำไปใช้ประโยชน์

Paul Anastas และ John C. Warner ได้คิดหลักการ การพัฒนา “เคมีสีเขียว” ไว้ 12 ข้อ ดังนี้

1. ป้องกันการเกิดของเสีย (Prevent waste) โดยการออกแบบกระบวนการการสังเคราะห์ ที่ไม่ก่อให้เกิดของเสียเพื่อจะได้ไม่ต้องมีการกำจัดในภายหลัง
2. ออกแบบผลิตภัณฑ์ที่ไม่เป็นพิษ (Design safer chemicals and products) เพื่อให้เป็นผลิตภัณฑ์ที่มีประสิทธิภาพสูงสุดโดยไม่มีพิษหรือมีน้อยที่สุด

3. ออกแบบกระบวนการสังเคราะห์ที่ไม่เป็นอันตราย (Design less hazardous chemical syntheses) โดยการใช้ หรือสังเคราะห์สารที่เป็นพิษน้อยหรือไม่เป็นพิษต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม

4. การใช้สารหรือวัตถุดิบที่นำกลับมาใช้ใหม่ได้ (Use renewable feedstock) ซึ่งรวมถึง การใช้วัสดุเหลือใช้หรือทิ้งแล้วจากกระบวนการอื่น ๆ

5. การใช้ตัวเร่งปฏิกิริยา (Use catalysts) ที่มีประสิทธิภาพ โดยหลีกเลี่ยงการใช้สารทำปฏิกิริยาในปริมาณมาก (Stoichiometric reagents) ปฏิกิริยาที่มีการใช้ตัวเร่งปฏิกิริยาจะทำให้เกิดของเสียในปริมาณที่น้อยและสามารถใช้ซ้ำได้หลายครั้งในปฏิกิริยาแบบเดียวกัน ในขณะที่ปฏิกิริยาแบบที่มีการใช้สารในปริมาณเท่ากับหรือมากกว่า (Stoichiometric) ปริมาณหน่วยสัมพันธ์ (Equivalent) ของสารตั้งต้นจะทำให้เกิดของเสียในปริมาณที่มากและใช้ได้เพียงครั้งเดียว

6. หลีกเลี่ยงการทำอนุพันธ์ที่ไม่จำเป็น (Avoid chemical derivatives) เช่น การใส่หมู่ป้องกัน (Protecting groups) ที่ต้องมีการเอาออกในภายหลังทั้งนี้ ขั้นตอนการใส่หมู่ป้องกันและการเอาออก อาจจะเป็นการสร้างของเสียขึ้นมาได้

7. ทำปฏิกิริยาที่ให้มูลค่าทางเศรษฐศาสตร์สูงสุด (Maximize atom economy) โดยการออกแบบกระบวนการที่ให้ผลผลิตอันเกิดจากการรวมตัวของมวลสารตั้งต้นสูงสุด และมีการสูญเสียมวลสารที่ใช้น้อยที่สุด

$$\% \text{ Atom Economy} = \frac{\text{Molecular Weight of desired product}}{\text{Molecular Weight of all reactants}} \times 100\%$$

8. ใช้ตัวทำละลายและกระบวนการที่ปลอดภัย (Use safer solvents and reaction conditions) ตัวทำละลายที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม ได้แก่ น้ำ คาร์บอนไดออกไซด์เหนือวิกฤต (Supercritical CO₂) และ ตัวทำละลายมีประจุ (Ionic liquids) ในขณะที่ตัวทำละลายอินทรีย์ส่วนมากไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม การหลีกเลี่ยงใช้สถานะที่รุนแรง เป็นพิษ มีกรดหรือด่างรุนแรง ถือเป็นอีกหนึ่งปัจจัยควรหลีกเลี่ยงในการทำ “เคมีสีเขียว”

9. เพิ่มประสิทธิภาพของการใช้พลังงาน (Increase energy efficiency) เช่น การทำปฏิกิริยาที่อุณหภูมิปกติ แต่ภายใต้สภาวะความดันสูงจะช่วยให้ปฏิกิริยามีประสิทธิภาพมากขึ้น

10. การออกแบบให้ผลิตภัณฑ์ที่ใช้แล้วไม่เป็นอันตราย (Design chemicals and products to degrade after use) ภายหลังการใช้งานผลิตภัณฑ์หรือสารที่ได้จากกิจกรรมนั้น ๆ จะต้องมีการสลายตัวในรูปที่ไม่เป็นอันตรายหรือสะสมในสิ่งแวดล้อม

11. มีกระบวนการวิเคราะห์เพื่อป้องกันการเกิดมลภาวะ (Analyze in real time to prevent pollution) ของผลข้างเคียงจากปฏิกิริยาโดยการตรวจสอบและควบคุมตั้งแต่ขั้นตอนการผลิตจนเสร็จสิ้นเพื่อลดหรือกำจัดการเกิดผลข้างเคียง

12. ลดอัตราการเกิดอุบัติเหตุ (Minimize the potential for accidents) โดยการออกแบบและควบคุมปฏิกิริยาไม่ว่าอยู่ในสถานะของแข็ง ของเหลว หรือแก๊ส เพื่อป้องกันมิให้เกิดการระเบิด ลูกติดไฟหรือถูกปลดปล่อยเข้าสู่ธรรมชาติ

โดยสรุปหลักการทั้งหมดสามารถมองเป็นภาพกว้าง ๆ ครอบคลุมหัวใจหลักของ “เคมีสีเขียว” ได้ดังนี้

1. การออกแบบกระบวนการสังเคราะห์ให้ได้ผลิตผลมากที่สุด
2. การเลือกใช้กระบวนการที่ปลอดภัยและเป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม
3. การออกแบบและเลือกใช้กระบวนการที่ใช้พลังงานอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด
4. สิ่งที่ดีที่สุดของการจัดการของเสียคือการไม่สร้างของเสีย

รีเอเจนต์สีเขียวหรือสารที่ได้มาจากธรรมชาติเป็นทางเลือกหนึ่งในหลักการของเคมีสีเขียวที่เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม โดยใช้วัตถุดิบที่ไม่เป็นพิษกับสิ่งแวดล้อมเพื่อที่จะลดสิ่งที่เหลือจากการทดลอง ซึ่งอาจจะเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ การวิเคราะห์หาปริมาณของกรดอะซิติกในน้ำส้มสายชูสามารถหาได้จากวิธีการไทเทรตโดยการนำกรดอะซิติก (CH_3COOH) เป็นกรดอ่อนที่ผสมอยู่ในน้ำส้มสายชู มาไทเทรตกับสารละลายมาตรฐานโซเดียมไฮดรอกไซด์ได้ แต่อย่างไรก็ดีวิธี การตรวจวัด ปริมาณนี้อาจจะเกิดความเป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อมได้ เนื่องจากมีการใช้สารเคมีจำนวนมาก ดังนั้น ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างน้ำส้มสายชูด้วยโดยเทคนิค Lab-on-Micro-Well plate โดยใช้สารสกัดจากกะหล่ำ ปลีแดงเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ ซึ่งเป็นเทคนิคการวิเคราะห์ที่ใช้ อุปกรณ์ เครื่องมือขนาดเล็ก และราคาไม่แพง

2.2 ข้อมูลทั่วไปเกี่ยวกับกระถิน

กระถิน เป็นพืชผักสมุนไพรที่ปลูกง่าย โตง่าย อย่างในประเทศไทยนิยมปลูกกันตามริมรั้ว กระถินถูกนำมาใช้เป็นอาหารได้ทั้งใบ ดอก ฝักอ่อน และเมล็ดในฝัก แล้วแต่ว่าจะนำไปประกอบอาหารอย่างไร รสชาติของใบกระถิน (ยอดกระถิน) และดอกกระถิน จะออกรสมันและฝาดเล็กน้อย

2.2.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ : ไม้พุ่มขนาดใหญ่ถึงไม้ต้นขนาดเล็ก สูงได้ถึง 10 ม. ไม้ค่อยแตกกิ่งก้านสาขา ใบประกอบแบบขนนกสองชั้น เรียงสลับ ยาว 12.5-25 ซม. แกนกลางใบประกอบยาว 10-20 ซม. มีขน ใบย่อย 5-20 คู่ เรียงตรงข้าม รูปแถบหรือรูปขอบขนานแกมรูปแถบ กว้าง 2-5 มม. ยาว 0.6-2.1 ซม. ปลายแหลม โคนเบี้ยว ขอบมีขน ด้านล่างมีขนวล ช่อดอกแบบช่อกระจุกแน่น ออกตามง่ามใบ 1-3 ช่อ ก้านช่อดอกยาว 2-5 ซม. กลีบเลี้ยง 5 กลีบ ยาวประมาณ 3 มม. โคนติดกันเป็นรูปประฆัง ปลายแยกเป็นรูปสามเหลี่ยมเล็กๆ มีขน กลีบดอก 5 กลีบ สีขาว รูปช้อน ยาวประมาณ 5 มม. มีขน เกสรเพศผู้ 10 อัน ก้านชูอับเรณูยาว 0.8-1 ซม. รังไข่ด้านบนมีขน ฝักแบน กว้าง 1.4-2 ซม. ยาวได้ถึง 20 ซม. ปลายแหลม โคนสอบ ก้านยาว 0.6-1.3 ซม. ฝักแก่แตกตามยาว เมล็ด 15-30 เมล็ด สีน้ำตาล เป็นมัน รูปไข่ แบน กว้าง 3-5 มม. ยาว 6-9 มม.

(http://www.rspg.or.th/plants_data/plantdat/mimosoid/leuco_2.htm)



ภาพที่ 2.1 ใบและยอดกระถินไทย

ที่มา : <https://th.openrice.com/th/bangkok/article>

2.2.2 ประโยชน์จากส่วนต่างๆ ของกระถิน

ใบกระถิน - ส่วนของยอดอ่อนกระถินมีฟอสฟอรัสสูง ช่วยเสริมสร้างกระดูก และฟันช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด รักษาโรคความดันโลหิตสูง บำรุงสายตา บำรุงหัวใจ ช่วยให้เจริญอาหาร แก้อาการท้องอืด มีเบต้าแคโรทีนช่วยต่อต้านอนุมูลอิสระ

ดอกกระถิน - ช่วยบำรุงตับ

เมล็ดกระถิน - ช่วยขับลม บำรุงกระดูก บำรุงตับไต แก้เบาหวาน แก้ท้องร่วง แก้อาการนอนไม่หลับ ใช้เป็นยาถ่ายพยาธิตัวกลม

ฝักอ่อนกระถิน - บำรุงกระดูกและฟัน ช่วยให้เจริญอาหาร แก้อาการท้องอืด น้ำ แก้อาการท้องร่วง ช่วยลดการเกิดนิ่วในกระเพาะอาหาร ใช้เป็นยาฝาดสมานแผล ห้ามเลือด

2.3 เหล็ก (Iron) (<https://th.wikipedia.org/wiki>)

เหล็ก (Iron) เป็นธาตุในตารางธาตุ มีสัญลักษณ์ธาตุ Fe และเลขอะตอม 26 เหล็กเป็นธาตุโลหะทรานซิชันหมู่ 8 และคาบ 4 สัญลักษณ์ Fe ย่อมาจาก ferrum ในภาษาละติน ธาตุเหล็กมี 2 รูปแบบ คือ Ferrous (Fe^{+2}) เป็นธาตุเหล็กที่เป็นส่วนประกอบของฮีม เรียกว่า heme iron และ Ferric (Fe^{+3}) เป็นเหล็กที่จะอยู่ร่วมกับโปรตีน เรียกว่า non-heme iron

2.3.1 คุณสมบัติทางกายภาพ และเคมี

2.3.1.1 เหล็กมีสถานะเป็นของแข็ง

2.3.1.2 สัญลักษณ์, เลขอะตอม Fe, 26

2. 3.1.3 มวลอะตอม: 55.845 กรัม/โมล

2. 3.1.4 ความหนาแน่น: 7.86 กรัม/ลบ.ซม.

2. 3.1.5 จุดเดือด: 2861 °C

2. 3.1.6 จุดหลอมเหลว: 1538 °C

2.3.2 คุณสมบัติเชิงกล

เหล็กเป็นโลหะสีเงินสีขาวหรือสีเทา เป็นเงา วิธีการหล่อสามารถใช้ค้อนทุบเป็นแผ่นบางๆได้ และยังสามารถยืดได้ เหล็กมีความต้านทานแรงดึงสูงมาก อีกทั้งยังนำไฟฟ้า นำความร้อนได้ดีอีกด้วยและยังสามารถใช้ประโยชน์ต่างๆได้มากมาย แต่คุณสมบัติที่สำคัญที่สุดของเหล็กนั้นคือสามารถหล่อแล้วขึ้นรูปใหม่ได้และยังมีความทนทานที่ยืดเยื้อ นอกจากนี้เหล็กสามารถใช้ในการโค้ง งอ ม้วน ตัดเป็นรูปร่างรูปแบบและอื่นๆ เพื่อนำมาประดิษฐ์เป็นสิ่งของที่เรานำมาใช้ในชีวิตประจำวัน หรือนำมาใช้ในโรงงานอุตสาหกรรมได้

2.3.3 คุณสมบัติทางเคมี

เหล็กเป็นโลหะที่ใช้งานมาก เมื่อเหล็กรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศชั้นผลิตภัณฑ์ของปฏิกิริยานี้ จะเกิดเป็น เหล็กออกไซด์ เป็นที่รู้จักกันก็คือสนิมนั่นเอง เหล็กยังทำปฏิกิริยากับน้ำร้อนได้ดีและไอน้ำในการผลิตก๊าซไฮโดรเจน นอกจากนี้ยังละลายในกรดได้ดีที่สุดและทำปฏิกิริยากับองค์ประกอบอื่น ๆ อีกมากมาย

2.3.4 ความต้องการธาตุเหล็กของร่างกาย

สำหรับปริมาณธาตุเหล็กที่แนะนำให้บริโภคต่อวันสำหรับคนไทยอายุ 6 ปีขึ้นไป (Thai Recommended Daily Intakes (Thai-RDI)) มีค่าเท่ากับ 15 มิลลิกรัม โดยคิดจากความต้องการพลังงานวันละ 2,000 กิโลแคลอรี จะเห็นได้ว่าร่างกายเราต้องการในปริมาณไม่มาก แต่ธาตุเหล็กจัดเป็นแร่ธาตุที่มีความจำเป็นกับคนทุกเพศ ทุกวัย โดยเฉพาะในเด็กทารก เด็กวัยรุ่น และหญิงตั้งครรภ์ เนื่องจากเป็นวัยที่มีการเจริญเติบโต ดังนั้นเราจึงจำเป็นต้องรับประทานอาหารที่มีธาตุเหล็กให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกายซึ่งปริมาณธาตุเหล็กที่ร่างกายควรได้รับจะแตกต่างกันไปแล้วแต่บุคคล เพศ อายุ

2.3.5 ภาวะการได้รับธาตุเหล็กเกิน

หากได้รับธาตุเหล็กมากเกินไปหรือจากการเสริมธาตุเหล็กในปริมาณสูงต่อเนื่อง อาจทำให้เกิดการระคายเคืองต่อเยื่อต่างๆ โดยเฉพาะเยื่อทางเดินอาหาร เป็นสาเหตุให้มีเลือดออกในทางเดินอาหารได้ รวมทั้งอาจมีอาการเหล่านี้ เช่น คลื่นไส้ อาเจียน ท้องเสียปวดท้องปวดศีรษะ หายใจลำบากอ่อนเพลียเวียนศีรษะ น้ำหนักลดผิวหนังเปลี่ยนเป็นสีเทา กดภูมิคุ้มกันต้านทานโรค และอาจเป็นปัจจัยเสี่ยงให้เกิดโรคภูมิคุ้มกันตนเอง (Autoimmune) หรือโรคมะเร็งได้ หากมีธาตุเหล็กสะสมในร่างกายในปริมาณมากขึ้น จะส่งผลต่อการทำงานของไขกระดูก ตับ ไต หัวใจ ปอด และสมอง ก่อให้เกิดอาการอ่อนเพลียมากขึ้นภาวะซีดหัวใจเต้นผิดปกติ ตัวเขียวคล้ำชักตัวบวมไตวายโคมา และอาจอันตรายถึงเสียชีวิตได้ในที่สุด ดังนั้น จึงไม่ควรได้รับธาตุเหล็กเสริมอาหารเองโดยไม่ปรึกษาแพทย์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในเด็ก

(<https://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/2206/iron>)

2.4 ยาเสริมธาตุเหล็ก (<https://hdmall.co.th/c/blood-medicine-help-are-there-any-dangerous-side-effects>)

2.4.1 นิยามของยาเสริมธาตุเหล็ก

ยาบำรุงเลือดเป็นยาที่ช่วยเสริมธาตุเหล็กในร่างกาย โดยทั่วไปแพทย์มักใช้เพื่อรักษาผู้ป่วยที่มีภาวะโลหิตจางจากการขาดธาตุเหล็ก หรือภาวะที่ร่างกายเสียเลือดมาก นอกจากนี้ยาบำรุงเลือดยังใช้ในหญิงตั้งครรภ์เพื่อให้คุณแม่ไม่หน้ามืดเป็นลมเนื่องจากภาวะโลหิตจาง ช่วยในการเจริญเติบโตของร่างกายและสมองของทารกอีกด้วย หากสงสัยว่าตัวเองมีภาวะที่ควรต้องกินยาบำรุงเลือดหรือไม่ การตรวจสุขภาพกับแพทย์ก็เป็นอีกหนึ่งวิธีที่อาจช่วยได้

2.4.2 ประเภทของยาบำรุงเลือด

2.4.2.1 ยากลุ่มที่เป็นสารประกอบของธาตุเหล็ก (Ferrous Compound) เช่น เฟอร์รัสซัลเฟต (Ferrous Sulfate) เฟอร์รัสกลูโคเนต (Ferrous Gluconate) เฟอร์รัสฟิวมาเรต (Ferrous Fumarate)

2.4.2.2 วิตามินบี 12 (Vitamin B12) หรืออีกชื่อหนึ่งว่า ไซยาโนโคบาลามิน (Cyanocobalamine) เช่น ไซยาโนโคบาลามิน (Cyanocobalamin) และไฮดรอกโซโคบาลามิน (Hydroxocobalamin)

2.4.2.3 กรดโฟลิก (Folic acid) หรือนิยมเรียกว่า "โฟเลต (Folate)"

2.4.2.4 ยากระตุ้นการแบ่งตัวและการเจริญเติบโตของเซลล์เม็ดเลือดแดง (Erythropoiesis-Stimulating Agent : ESAs) เช่น ยาอีโพอิติน (Epoetin) หรืออีพีโอ (EPO)

2.4.2.5 ยากระตุ้นให้มีการผลิตเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์ (Granulocyte Colony-Stimulating Factor : G-CSF) เช่น ยาฟิลกราสทิม (Filgrastim) เพกฟิลกราสทิม (Pegfilgrastim) ลีโนกราสทิม (Lenograstim)

2.4.2.6 ยากระตุ้นให้มีการผลิตเซลล์เม็ดเลือดขาวชนิดแกรนูโลไซต์และเซลล์มาโครฟาจ (Granulocyte-Macrophage Colony-Stimulating factor : GM-CSF) เช่น ยาซาร์แกรมอสทิม (Sargramostim)

2.4.2.7 ยาในกลุ่ม 1-3 มีจำหน่ายทั้งชนิดเป็นยาเดี่ยวและในรูปแบบยาบำรุงเลือด ส่วนยาในกลุ่ม 4-6 เป็นยาเฉพาะ แพทย์จะสั่งจ่ายเฉพาะในผู้ป่วยบางรายที่มีความผิดปกติของระบบเลือด กล่าวคือ ผู้ป่วยเป็นโรคโลหิตจาง แต่ร่างกายยังสามารถสร้างเม็ดเลือดเองได้



ภาพที่ 2.2 ลักษณะยาบำรุงโลหิต

ที่มา : <https://homchanosot.co.th>

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

กระถินไทยเป็นพืชพื้นบ้านที่สามารถพบได้ทั่วไปในประเทศไทย มีชื่อวิทยาศาสตร์ คือ *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit จัดอยู่ในวงศ์ Fabaceae หรือ Leguminosae (ชื่อเดิม) มีสรรพคุณต่อสุขภาพมากมายในการรักษาโรคเบาหวาน รักษาโรคบิด รักษาอาการอักเสบของไต รักษาพยาธิ และ รักษาอาการนอนไม่หลับ เป็นต้น โดยในทางพื้นบ้านมีการนำใบกระถินไทยมาใช้เพื่อ บรรเทาอาการอักเสบหรือความเจ็บปวด บำรุงผิวพรรณให้ดูเปล่งปลั่ง มีสุขภาพดี เนื่องจากกระถิน ไทยมีความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (คณาทิพย์ สิงห์สาย และคณะ, 2563) จากการศึกษา พบว่าใบกระถินสามารถใช้ประโยชน์ได้หลากหลายเช่น เพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชและยับยั้งการ เติบโตของเชื้อราก่อโรคพืช (ศิริวิภา เปี่ยมปฏิภาณ และ วรพจน์ สุนทรสุข, 2559) มีการสกัด สารประกอบฟีนอลจากใบกระถินเพื่อศึกษาผลต่อตัวอ่อนของพยาธิตัวกลมระยะที่ 3 (เดชภาพร วงศ์ เดชขจร และคณะ, 2548) รวมถึงมีการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของใบกระถินและใบไมยราบยักษ์ พบว่ามีปริมาณแทนนิน สารประกอบฟีนอลิก มิโมซิน เป็นองค์ประกอบในปริมาณที่สูง โดยเฉพาะใน ใบกระถินมีองค์ประกอบของสารประกอบฟีนอลิกในปริมาณที่สูง (3.29 ± 0.35 ถึง 4.97 ± 0.99 mg GAE/g) (พชรมน เม่ามูลเฮ และคณะ, 2561) ในด้านงานวิจัยเชิงเคมีวิเคราะห์ได้มีการนำใบกระถิน ในส่วนยอดมาทำการสกัดด้วย 0.1 โมลาร์ไฮโดรคลอริก ก่อนที่จะนำไปทำปฏิกิริยากับสารละลาย ไอออนเหล็ก (III) ซึ่งจากลักษณะของสเปกตรัมของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจะคล้ายกับของ สารละลายไอออนเหล็ก (III) ที่ทำปฏิกิริยากับมิโมซิน (Mimosine) ซึ่งสารนี้พบว่าเป็นองค์ประกอบ ในใบกระถิน จึงใช้สารสกัดจากใบกระถินร่วมกับเทคนิคแลปอออนไมโครเพลต ตรวจวัดสัญญาณโดยวัด ค่าสี RGB เพื่อใช้วิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างน้ำ (Kotchabhakdi, N. et al., 2020)

ธาตุเหล็กสามารถอยู่ในรูปสารประกอบเกลือจำนวนมาก เช่น ในรูปสารประกอบ เชิงซ้อนกับกรดอะมิโน สารประกอบคาร์บอนิล พอลิแซคคาไรด์ ที่นำมาใช้ในรูปอาหารเสริม จากการรายงานพบว่า เฟอรัส ไอออน (Fe(II)) จะถูกดูดซึมได้ง่ายกว่าเฟอริก ไอออน (Fe(III)) ประมาณ 3 เท่า สารอาหารที่อยู่ในรูปธาตุเหล็กจะถูกரிตวซ์ให้อยู่ในรูปเฟอรัส (McEvoy, 2007) ในอาหาร เหล็กมีอยู่ 2 ชนิดคือ ในรูปฮีม (heme) และไม่ใช่ฮีม (non-heme iron) ซึ่งฮีมนั้นจะดูดซึมได้ง่าย กว่าในร่างกายซึ่งพบมากในสัตว์ ส่วนที่ไม่ใช่ในรูปฮีมจะพบมากในพืช (Dubey et al., 2015) ในภาวะ ผู้ป่วยโลหิตจางจะต้องได้รับอาหารเสริมหรือยาในกลุ่ม Erythropoiesis-stimulating agents (ESAs) เป็นยาที่ช่วยกระตุ้นให้เกิดการสร้างเซลล์เม็ดเลือดแดง สามารถรักษาภาวะโลหิตจางที่เกิดจากหลาย สาเหตุ อาจเกิดผลข้างเคียงคือ ความดันโลหิตสูง ปวดศีรษะ ปวดตามร่างกาย วิงเวียนศีรษะ และ อาเจียนได้อาหารเสริมธาตุเหล็ก มีทั้งรูปแบบยาน้ำและยาเม็ดที่ช่วยเสริมธาตุเหล็ก สำหรับผู้ป่วยที่ เป็นหญิงตั้งครรภ์จะต้องได้รับยาเสริมธาตุเหล็กอย่างน้อย 30 มิลลิกรัมต่อวัน ทั้งนี้กระทรวง สาธารณสุขได้ออกนโยบายการเสริมธาตุเหล็กให้กับเด็กไทยตั้งแต่อายุ 5 เดือนถึง 14 ปี เพื่อป้องกัน การเกิดภาวะโลหิตจาง โดยร่างกายจะดูดซึมธาตุเหล็กได้ดีเมื่อรับประทานคู่กับวิตามินซีและทานตอน ท้องว่าง (Fairview Oncology, 2019) ซึ่งในการติดตามและควบคุมคุณภาพยาหรืออาหารเสริมจึงมี ความจำเป็น ในการวิเคราะห์หาปริมาณของไอออนเหล็กสามารถวิเคราะห์ได้หลายเทคนิคเช่น ยูวี-วิสิ เบิลสเปกโตรสโกปีโดยการอาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่าง 1,10-phenanthroline กับ Fe(II) แล้ววัด สารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นด้วยเทคนิค ยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรโฟโตเมตรี (UV-Vis

Spectrophotometer) หรือการวิเคราะห์ในรูปแบบอะตอมหรือไอออนด้วยเครื่องอะตอมมิก แอ็บซอร์พชัน สเปกโตรโฟโตมิเตอร์ (AAS) เป็นต้น (Elmagirbi et al., 2012)

ในปี ค.ศ. 1990 ได้มีการเสนอแนวคิดเกี่ยวกับเคมีสีเขียว (Green Chemistry) ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อลดปริมาณของเสียจากการวิเคราะห์ การใช้ตัวทำละลายและรีเอเจนต์ที่มีความปลอดภัยและลดการปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม จึงได้มีการนำเสนอการวิเคราะห์ระดับไมโครและใช้รีเอเจนต์ธรรมชาติแทนการใช้สารเคมีที่เป็นพิษ (Anastas, 1999 และ Manz *et al.*, 1990) ในงานวิจัยก่อนหน้านี้ได้รายงานเกี่ยวกับการใช้เทคนิคการไหลควบคู่กับการใช้รีเอเจนต์ธรรมชาติ เช่น การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กโดยใช้สารสกัดจากใบพลู (Siriangkhawut *et al.*, 2016) และใช้สารสกัดจากรากยอ (Tontrong *et al.*, 2012) ร่วมกับเทคนิคโฟลอินเจกชันอะนาไลซิส (Flow injection analysis) และตรวจวัดด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) และการตรวจวัดเหล็กไอออนอย่างง่ายด้วยเทคนิคการสังเกตด้วยตาเปล่าโดยใช้สารสกัดจากดอกชบาแดง (ห้องสาย และคณะ, 2559) สำหรับงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิเคราะห์แบบลดขนาดเช่น การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคแลปออนเพลทโดยใช้สารสกัดจากกะหล่ำปลีแดงเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ (วรรณพรม และ ชันหวัทอน, 2561) การวิเคราะห์หาปริมาณกรดซิตริกในน้ำมะนาวสังเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติจากกลีบดอกกล้วยไม้ (*Dendrobium sonia earsakul*) เป็นรีเอเจนต์ร่วมกับการตรวจวัดด้วยเครื่อง PiCOEXPLORER (ชันหวัทอน และ วรรณพรม, 2562) และได้มีการใช้สารสกัดจากดอกบานไม่รู้โรยการวิเคราะห์ปริมาณอซิติกด้วยเทคนิค แลปออนชิป (Lab-on-chip) อย่างง่าย (Ueda *et al.*, 2010)

2.5 ข้อสรุปจากแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับงานวิจัย

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการพัฒนาชุดทดสอบซึ่งเตรียมจากการนำสารสกัดจากใบกระถินไปตรึงบนกระดาษวิธีนี้เรียกว่าปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ (Lab-on-paper, LOP) สำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา และใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการตรวจวัดค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) ในกล่องควบคุมแสง วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นเป็นเครื่องมือที่มีขนาดเล็ก ราคาไม่แพง ใช้สารปริมาณน้อย สามารถนำไปวิเคราะห์นอกสถานที่ได้ มีความถูกต้องให้ผลการวิเคราะห์ที่น่าเชื่อถือ อีกทั้งยังสามารถนำชุดทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้นเพื่อใช้ในการประกอบการจัดการเรียนการสอน รวมถึงการบริการวิชาการแก่สถานศึกษาได้อีกด้วย

บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

งานวิจัยนี้เป็นงานวิจัยเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กด้วยเทคนิคแลป-ออน-เปเปอร์ (Lab-on-Paper) โดยใช้สารสกัดจากใบกระถินเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ ซึ่งมีขั้นตอนในการดำเนินงาน ดังนี้

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในการวิจัย

3.1.1 เครื่องมือ

- 3.1.1.1 เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง (Analytical balance)
- 3.1.1.2 กล้องถ่ายรูปโทรศัพท์มือถือ และ แอปพลิเคชันวัดค่าสี RGB
- 3.1.1.3 เครื่องให้ความร้อน (Hot plate)

3.1.2 อุปกรณ์

- 3.1.2.1 ขวดวัดปริมาตร (Volumetric flask)
- 3.1.2.2 ปีกเกอร์ (Beaker)
- 3.1.2.3 ปิเปต (Pipette)
- 3.1.2.4 ไมโครปิเปต (Micropipette)
- 3.1.2.5 ขวดน้ำกลั่น (Wash bottle)
- 3.1.2.6 ลูกยาง (Pipettes bulb)
- 3.1.2.7 กระจกตวง (Cylinder)
- 3.1.2.8 กระดาษกรอง (Filter paper)
- 3.1.2.9 กล่องสีขาวสำหรับถ่ายรูป (White box)
- 3.1.2.10 บิวเรต (Burette)
- 3.1.2.11 แสตนด์ และ แคลมป์ (Stand and clamp)
- 3.1.2.12 ขวดรูปชมพู่ (Erlenmeyer flask)
- 3.1.2.13 โกร่งบดสาร (Mortar and pestle)
- 3.1.2.14 หลอดหยด (Dropper)

3.2 สารเคมี

- 3.2.1 สารละลายมาตรฐานเหล็ก (III) 1000 ppm
- 3.2.2 โซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต (Sodium acetate trihydrate, $C_2H_3NaO_2 \cdot 3H_2O$)
- 3.2.3 โซเดียม ไฮดรอกไซด์ (Sodium hydroxide, NaOH)
- 3.2.4 กรดอะซิติก (Acetic acid , CH_3COOH)

3.2.5 กรดไฮโดรคลอริก (Hydrochloric, HCl)

3.3 การเตรียมสารละลาย

3.3.1 การเตรียมสารละลายมาตรฐานไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 250 mL ปิเปตกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้นปริมาตร 12.10 μL ใส่ลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 250 mL จากนั้นเติมน้ำปราศจากไอออน (DI) จนถึงขีดปริมาตร

3.3.2 การเตรียมสารละลายโซเดียมอะซิเตทบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปริมาตร 500 mL

ชั่งโซเดียมอะซิเตทไตรไฮเดรต ($\text{CH}_3\text{COONa} \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) มา 24.8404 g ใส่ปิกเกอร์เติมน้ำ DI ประมาณ 250 mL จากนั้นใช้แท่งแก้วคนให้สารละลาย แล้วเทสารละลายลงในขวดวัดปริมาตรขนาด 500 mL แล้วเติมกรดอะซิติก (CH_3COOH) เข้มข้นปริมาตร 18.20 mL จากนั้นเติมน้ำ DI จนถึงขีดปริมาตร

3.3.3 การเตรียมสารสกัดจากใบกระถินเข้มข้น 2.5 %w/v ปริมาตร 100 mL

เก็บใบกระถินในส่วนยอดจากพื้นที่ในจังหวัดเชียงราย ชั่งน้ำหนักของกระถินนำไปล้างน้ำให้สะอาด ผึ่งแดดจนยอดกระถินแห้งมีน้ำหนักที่คงที่ นำไปร่อนให้เหลือแต่ใบกระถิน จากนั้นนำมาบดให้ละเอียด ชั่งผงยอดกระถินมา 2.50 g ใส่ในปิกเกอร์ขนาด 250 mL เติมกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ ปริมาตร 100 mL ตั้งทิ้งไว้เป็นเวลา 20 นาที เพื่อสกัดเอาสารมิโมซีน (Mimosine) ซึ่งเป็นสารสำคัญในใบกระถินออกมา จากนั้นกรองแบบหยาบด้วยผ้าขาวบาง และนำไปกรองแบบละเอียดอีกครั้งด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 100 mL จากนั้นปรับปริมาตรสุดท้ายด้วยกรดไฮโดรคลอริก 0.1 โมลาร์ จนถึงขีดปริมาตร

3.3.4 การเตรียมตัวอย่างยา Ferrous fumarate

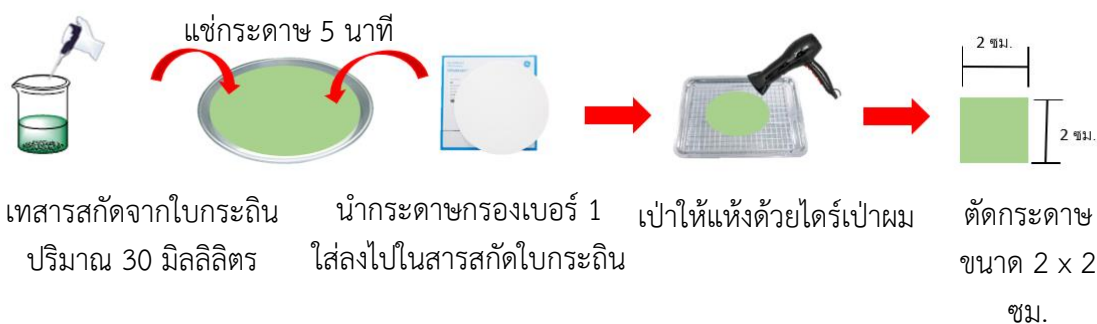
ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาตัวอย่างยา Ferrous fumarate ทั้งหมด 4 ชนิดโดยซื้อจากร้านขายยาทั่วไปในจังหวัดเชียงรายซึ่งมีวิธีการเตรียมตัวอย่างดังนี้ ชั่งยา Ferrous sulfate มา 15 เม็ด แล้วหาค่าเฉลี่ยของยา 1 เม็ด นำยา 15 เม็ด มาบดในโถร่งให้ละเอียด จากนั้นชั่งยาที่บดละเอียดมา 1 g ใส่ปิกเกอร์ขนาด 100 mL จำนวน 3 ปิกเกอร์ แล้วเติมน้ำลงไป 25 mL นำไปเติมกรด HCl เข้มข้น ปิกเกอร์ละ 1 mL ทำในตู้ดูดไอสารเคมี (Hood) จากนั้นนำไปต้มให้เดือดประมาณ 30 นาทีตั้งไว้ให้เย็นเทใส่ขวดวัดปริมาตรขนาด 500 mL และปรับปริมาตรด้วยน้ำ DI แล้วนำสารละลายที่ได้ไปกรองด้วยกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เก็บสารละลายตัวอย่างในขวดสีชา ก่อนนำไปวิเคราะห์ต่อไป แสดงดังภาพที่ 3.1



ภาพที่ 3.1 การเตรียมตัวอย่างยา Ferrous fumarate และ Ferrous sulphate

3.4 การตรึงสารสกัดจากยอตกะถินบนกระดาษ

เทสารสกัดจากยอตกะถินปริมาตร 30 mL ลงในภาชนะที่เตรียมไว้ จากนั้นนำกระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1 เส้นผ่าศูนย์กลาง 12.5 เซนติเมตร วางลงในภาชนะที่มีสารสกัด แช่กระดาษกรอง 5 นาที เมื่อครบเวลานำกระดาษกรองมาเป่าให้แห้งด้วยไดร์เป่าผม จากนั้นตัดเป็นชิ้นขนาด 2 × 2 เซนติเมตร ก่อนนำไปวิเคราะห์ขั้นต่อไป แสดงดังภาพที่ 3.2



ภาพที่ 3.2 การตรึงสารสกัดจากใบกระถินบนกระดาษกรอง

3.5 การหาภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการวิเคราะห์

ในงานวิจัยนี้ได้ศึกษาหาภาวะการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กด้วยเทคนิคปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ (LOP) โดยใช้สารสกัดจากใบกระถินเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ ดังแสดงในตารางที่ 3.1

ตารางที่ 3.1 แสดงตัวแปรที่ศึกษาสำหรับหาภาวะการทดลองที่เหมาะสม

ตัวแปรที่ศึกษา	ช่วงที่ศึกษา
1. ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถิน	1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 %w/v
2. เวลาที่ใช้ในการสกัดสาร	5, 10, 15, 20, 25, 30, 45 และ 60 นาที
3. ค่า pH ในการทำปฏิกิริยา	1, 2, 3, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8 และ 10
4. เวลาในการเกิดปฏิกิริยา	1, 5, 7.5, 10, 15, 20 และ 30 นาที
5. ปริมาตรสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างที่ใช้หยดในการเกิดปฏิกิริยา	10, 15, 20, 25, 30 และ 45 μ L
6. ค่าความเข้มแสงสีที่เหมาะสม	แสงสีแดง (R), แสงสีเขียว (G), แสงสีน้ำเงิน (B)

3.6 การหาคุณลักษณะทางการวิเคราะห์

3.6.1 การศึกษาช่วงการใช้งานที่เป็นเส้นตรง

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษาช่วงการใช้งานที่เป็นเส้นตรงของการทำปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานเหล็กที่ความเข้มข้น 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0, 10.0, 15.0, 20.0, 30.0 40.0 และ 50.0 ppm จากนั้นหาค่าสมการเส้นตรงและสมการเชิงเส้น R^2

3.6.2 การหาค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (LOQ)

การหาค่า LOD และ LOQ ทำโดยการวัดสารละลายแบลนด์ (Blank) จำนวน 8 ครั้ง จากนั้นนำไปหาค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) สำหรับการหาค่า LOD และ LOQ แสดงในสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ

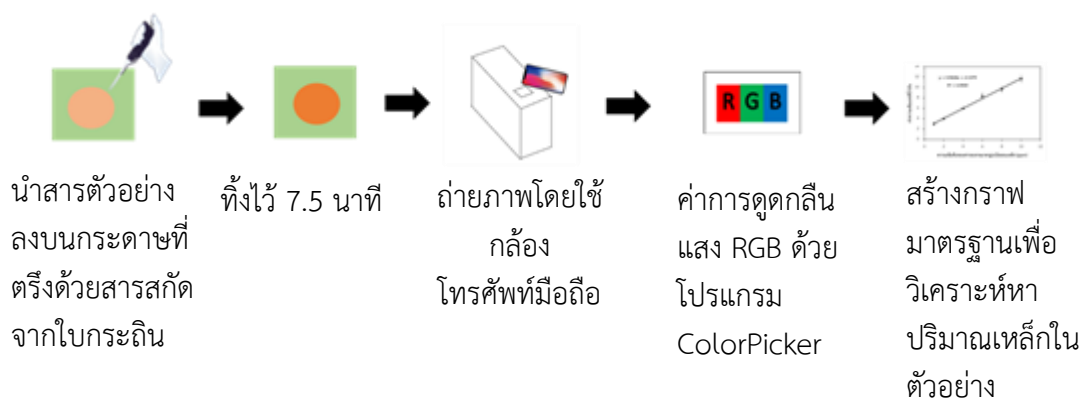
$$\text{LOD} = 3 \times \text{SD} \quad (1)$$

$$\text{LOQ} = 10 \times \text{SD} \quad (2)$$

นำค่าที่ได้จากสมการที่ (1) และ (2) ไปแทนค่าในสมการเส้นตรงของกราฟมาตรฐานเหล็กจะได้ค่า LOD และ LOQ ตามลำดับ

3.7 การวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กด้วยวิธีการเติมสารมาตรฐาน (Standard addition method) โดยใช้สารสกัดจากใบกระถินเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ ด้วยปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ

ปีเปตสารละลายตัวอย่างที่เตรียมจากขั้นตอน 3.1 มาปริมาตร 5.00 mL เติมสารละลายอะซีเตตบัฟเฟอร์ pH 4.5 ปริมาตร 12.00 mL และสารละลายมาตรฐานไอออนเหล็กที่ความเข้มข้น 0.00, 2.00, 4.00, 6.00 และ 10.00 ppm และปรับปริมาตรจนครบ 25.00 mL ด้วยน้ำ DI จากนั้นปีเปตสารละลายตัวอย่างข้างต้นปริมาตร 15 μ L หยดลงบนกระดาษที่ตรึงด้วยสารสกัดจากใบกระถิน ทิ้งไว้ให้เกิดปฏิกิริยาเป็นเวลา 7.5 นาที ถ่ายภาพโดยใช้กล้องโทรศัพท์มือถือภายใต้กล่องควบคุมแสงสีขาว โดยมีการควบคุมตำแหน่งของกล่องควบคุมแสง และตำแหน่งของกระดาษที่จะนำมาวิเคราะห์ที่ตำแหน่งเดิมตลอดการทดลอง และตรวจค่าความเข้มแสงด้วยแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ (ColorPicker) นำค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน (B) ไปสร้างกราฟมาตรฐานเพื่อวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างต่อไป แสดงดังภาพที่ 6



ภาพที่ 3.3 ขั้นตอนการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็ก

บทที่ 4

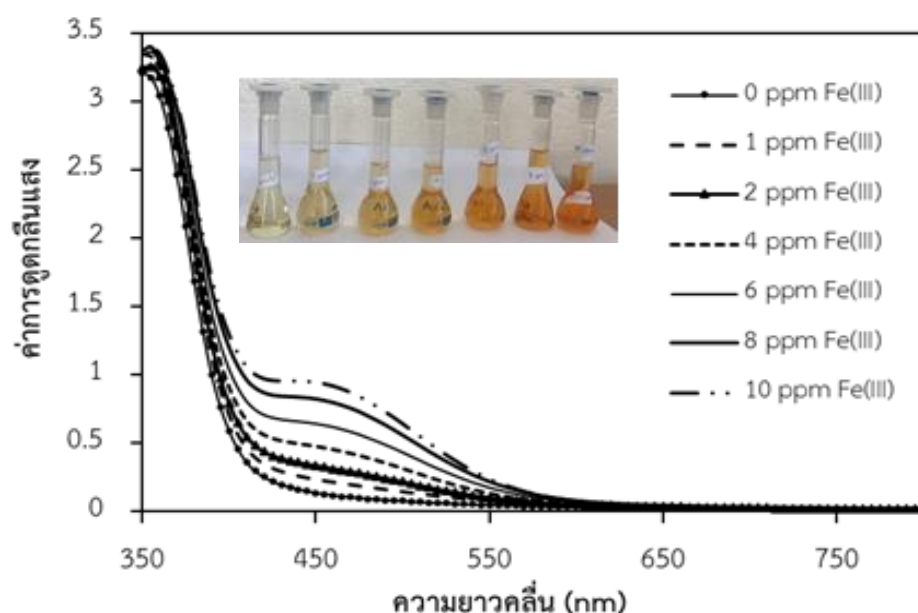
ผลการดำเนินงาน

ในงานวิจัยนี้มีการศึกษาสเปกตรာของสารประกอบเชิงซ้อนที่เกิดขึ้นจากการทำปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินและไอออนเหล็กด้วยเครื่องยูวี-วิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ รวมถึงพัฒนาชุดทดสอบไอออนเหล็ก หาภาวะที่เหมาะสมในการทดลอง หาค่าคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ และประยุกต์ใช้กับตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็ก ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การพัฒนาชุดทดสอบที่ตรึงด้วยสารสกัดจากใบกระถินสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา และใช้แอปพลิเคชันบนมือถือในการตรวจวัดค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียวและสีน้ำเงิน (RGB) ในกล่องควบคุมแสง

4.1.1 การศึกษาลักษณะสเปกตราของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินและสารละลายมาตรฐานเหล็กด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลต-วิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

จากการศึกษาสเปกตราในช่วงความยาวคลื่น 350–800 nm ของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินและสารละลายมาตรฐานเหล็กด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี ที่ความเข้มข้นสารละลายมาตรฐานเหล็กเท่ากับ 0.0, 1.0, 2.0, 4.0, 6.0, 8.0 และ 10 ppm ได้ผลการทดลองดังภาพที่ 4.1 พบว่า การทำปฏิกิริยาระหว่างสารมิโมซีน (Mimosine) ที่เป็นสารสำคัญในสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานเหล็กโดยสารละลายมีสีเป็นสีส้มอิฐ ค่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก และได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 460 nm (Kotchabhakdi, N. *et al.*, 2020)



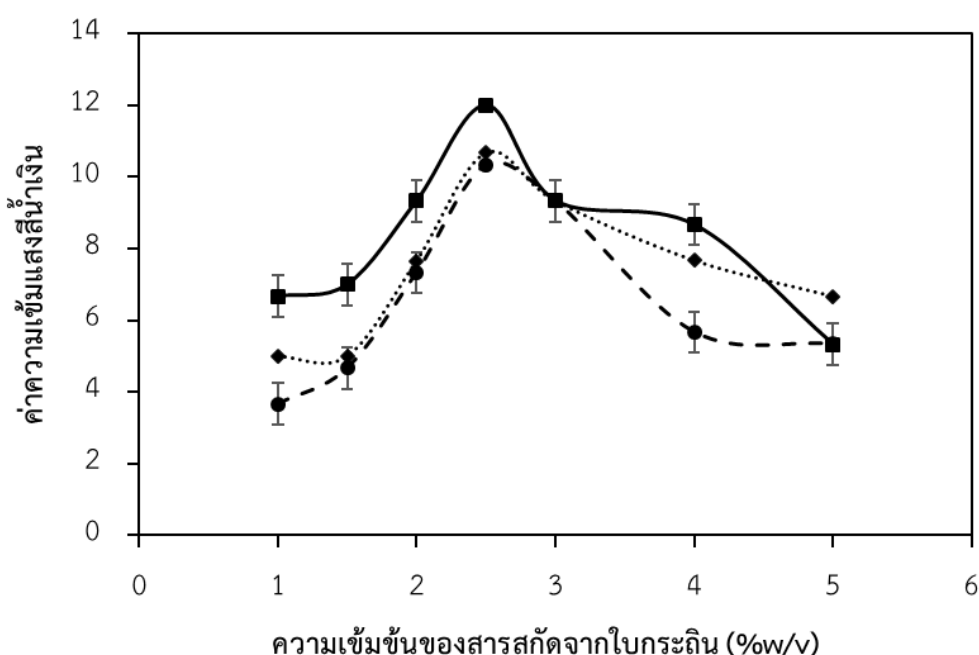
ภาพที่ 4.1 แสดงลักษณะสเปกตราของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินและสารละลายมาตรฐานเหล็กด้วยเทคนิคอัลตราไวโอเลตและวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี

4.1.2 การหาภาวะที่เหมาะสมในการทดลองสำหรับชุดทดสอบปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยา

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดสอบการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในตัวอย่างยาโดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนเหล็กกับสารสกัดจากใบกระถินที่ถูกตรึงลงบนกระดาษ จากนั้นนำไปถ่ายรูปในกล่องควบคุมแสงเพื่อวิเคราะห์ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน ด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ (color Picker) ดังที่แสดงขั้นตอนในภาพที่ 3.2 และ 3.3 โดยได้หาภาวะที่เหมาะสมในการทดลองดังต่อไปนี้

4.1.2.1 ผลการศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถิน

จากการศึกษาผลของความเข้มข้นของใบกระถินในช่วง 1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 %w/v เมื่อทำการสร้างกราฟระหว่างความเข้มข้นของสารสกัดยอดกระถิน กับค่าความเข้มแสงสีแดง สีเขียว และสีน้ำเงิน (RGB) พบว่า ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงินแสดงสัญญาณการตรวจวัดสูงสุด และเมื่อพิจารณาเฉพาะค่าความเข้มแสงของสีน้ำเงินพบว่า ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงินสูงสุดที่ความเข้มข้น 2.5 %w/v จากนั้นค่าความเข้มแสงจะลดลงและคงที่ถึงความเข้มข้น 5 %w/v (ภาพที่ 4.2) ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถินที่ 2.5 %w/v และเลือกใช้ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงินสำหรับการวิเคราะห์ตัวแปรอื่น ๆ ต่อไป

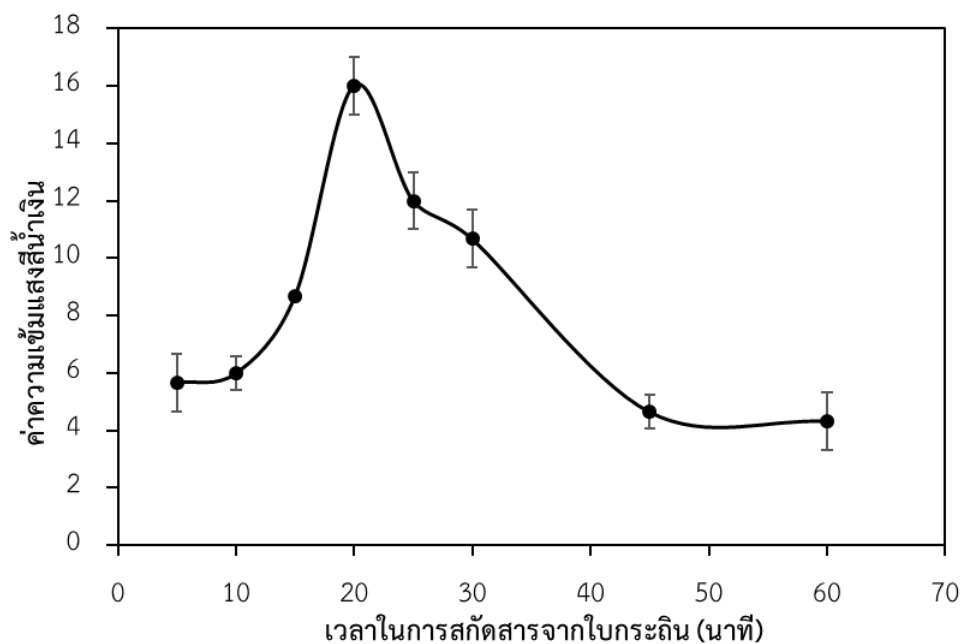


ภาพที่ 4.2 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถิน กับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)

4.1.2.2 ผลการศึกษาเวลาในการสกัดใบกระถิน

จากการศึกษาเวลาในการสกัดใบกระถินในช่วงเวลาที่ 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45 และ 60 นาที เมื่อทำการสร้างกราฟระหว่างเวลาในการสกัดใบกระถินกับค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน พบว่า เมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้น ค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงินจะเพิ่มขึ้นและให้

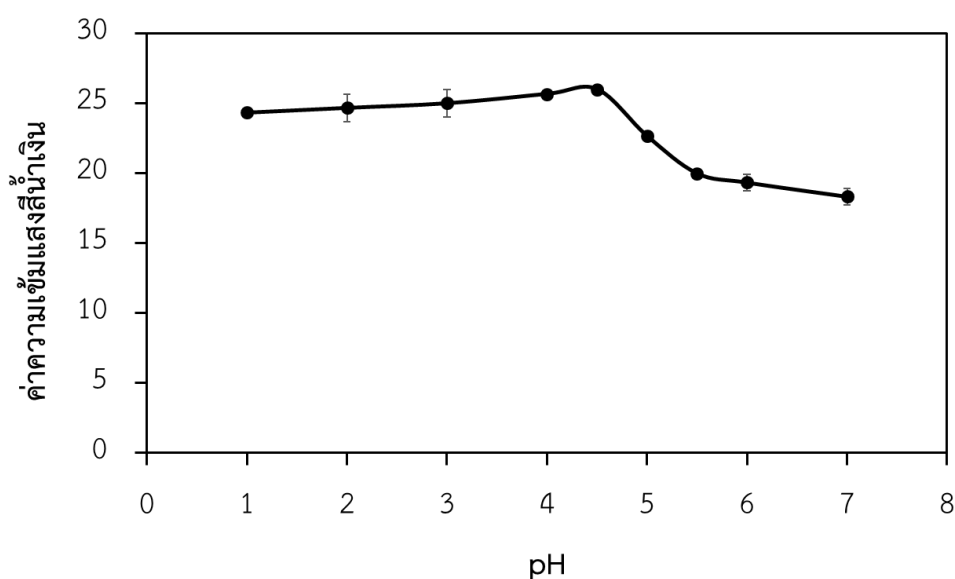
ค่าสูงสุดที่เวลา 20 นาที จากนั้นค่าความเข้มข้นแสงจะลดลงและคงที่ถึงเวลา 60 นาที (ภาพที่ 4.3) ความเข้มแสงลดลงเนื่องจากการสลายตัวของสารสกัดจากใบกระถิน ซึ่งเป็นสารสกัดจากธรรมชาติ และเกิดการสลายตัวของสารประกอบเชิงซ้อนอาจเกิดการออกไซด์ด้วยแสงดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกเวลาในการสกัดใบกระถินที่ 20 นาที สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรอื่นต่อไป



ภาพที่ 4.3 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาเวลาในการสกัดสารจากใบกระถินกับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)

4.1.2.3 ผลการศึกษาค่า pH ในการทำปฏิกิริยา

จากการศึกษาค่า pH ในการทำปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานหลักในช่วง pH ที่ 1, 2, 3, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8 และ 10 เมื่อทำการสร้างกราฟระหว่างค่า pH กับค่าความเข้มแสงสีน้ำเงิน (RGB) (ภาพที่ 4.4) พบว่า ค่าความเข้มของแสงสีน้ำเงินสูงสุดที่ pH 4.5 จากนั้นค่าความเข้มแสงจะลดลงและคงที่จนถึง pH ที่ เนื่องจากเมื่อ pH เพิ่มขึ้นส่งผลให้ไอออนหลักอยู่ในรูปแบบที่ไม่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา หรืออาจเกิดเป็นสารประกอบไฮดรอกไซด์จึงทำให้สัญญาณลดลง แสดงว่าปฏิกิริยาดังกล่าวสามารถเกิดได้ดีที่ pH 4.5 ดังนั้น ในงานวิจัยนี้เลือกค่า pH ที่ 4.5 สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ตัวแปรอื่นๆ ต่อไป



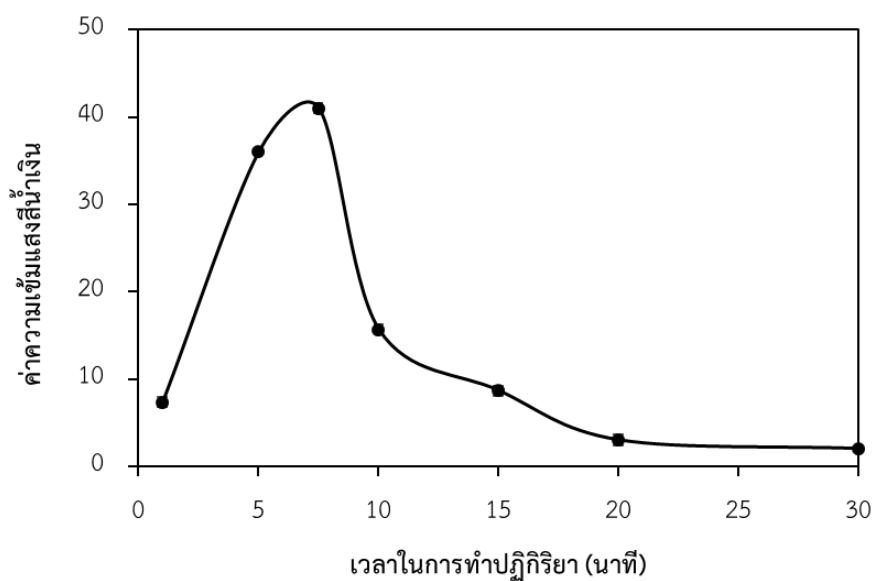
ภาพที่ 4.4 ความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาค่า pH กับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)

4.1.2.4 ผลการศึกษาเวลาในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานเหล็ก

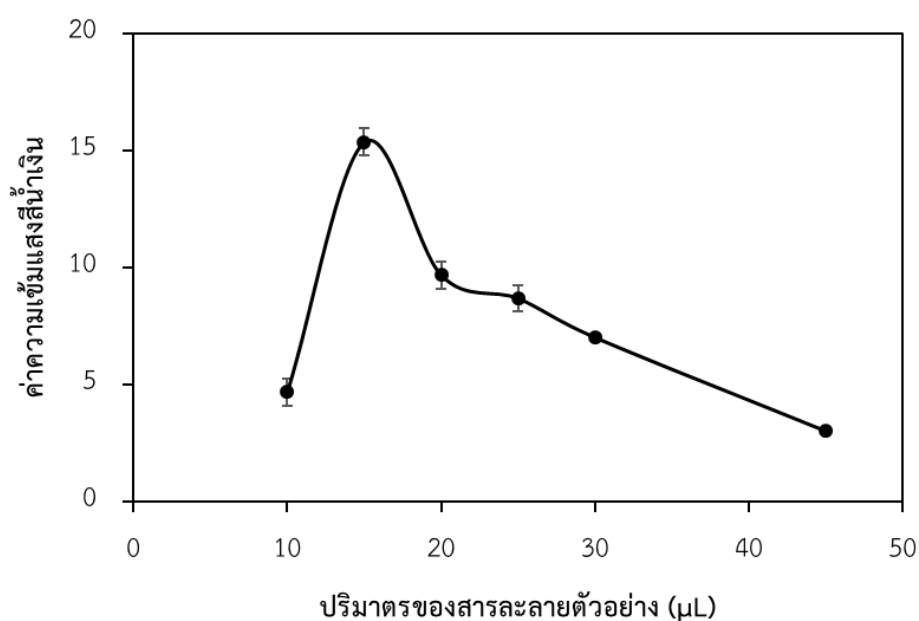
จากการศึกษาเวลาในการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานเหล็กในช่วง 1, 5, 7.5, 10, 15, 20 และ 30 นาที จากผลการทดลองพบว่า ค่าความเข้มแสงของสีน้ำเงินสูงสุดที่เวลา 7.5 นาที จากนั้นค่าความเข้มแสงจะลดลงและคงที่จนถึงเวลา 30 นาที (ภาพที่ 4.5) ดังนั้น ในงานวิจัยนี้เลือกเวลาในการทำปฏิกิริยาที่ 7.5 นาที สำหรับใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่างอื่นๆ ต่อไป

4.1.2.5 ผลการศึกษาปริมาตรสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างที่ใช้หยดในการเกิดปฏิกิริยากับสารที่ตรึงบนกระดาษ

จากการศึกษาปริมาตรสารละลายมาตรฐานและตัวอย่างที่ใช้หยดในการเกิดปฏิกิริยากับสารที่ตรึงบนกระดาษในช่วง 10, 15, 20, 25, 30 และ 45 μL พบว่า ค่าความเข้มแสงของสีน้ำเงินสูงสุดที่ปริมาตร 15 μL จากนั้นค่าความเข้มแสงจะลดลงและคงที่จนถึงปริมาณ 45 μL (ภาพที่ 4.6) ดังนั้นในงานวิจัยนี้เลือกปริมาณที่ใช้หยดในการเกิดปฏิกิริยา 15 μL



ภาพที่ 4.5 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาเวลาในการทำปฏิกิริยากับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)



ภาพที่ 4.6 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างผลของการศึกษาปริมาตรของสารมาตรฐานหลักกับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)

จากการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ ที่ส่งผลต่อการวิเคราะห์สามารถสรุปภาวะการทดลองที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนหลักในตัวอย่างยาโดยใช้สารสกัดจากใบกระถินเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติด้วยเทคนิคปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ (LOP) ดังแสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 แสดงภาวะการทดลองที่เหมาะสมในการทดลองหาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่งยา

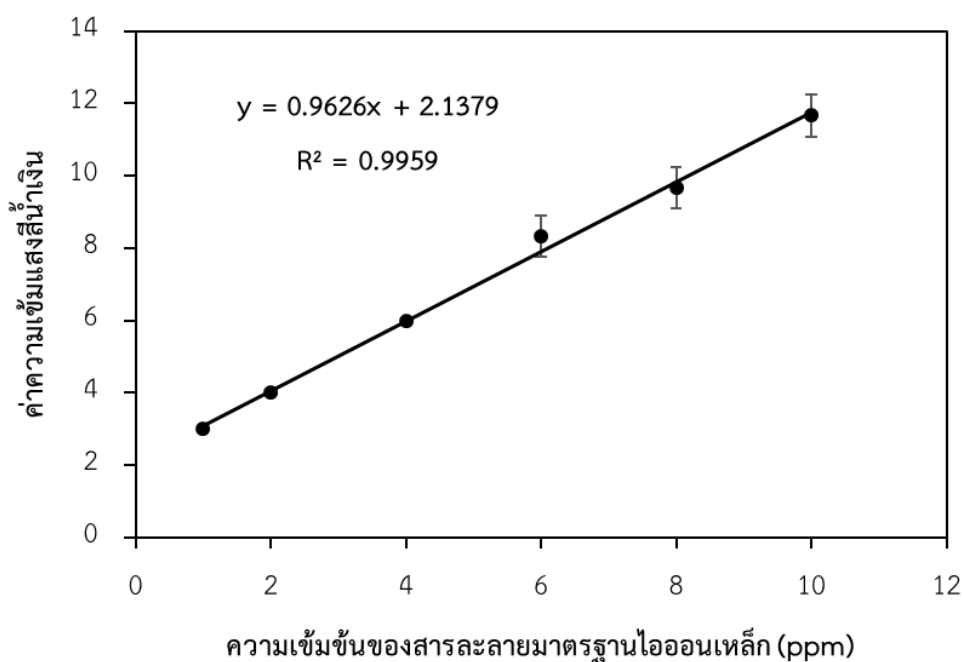
ตัวแปรที่ศึกษา	ช่วงที่ศึกษา	ค่าที่เหมาะสม
1. ความเข้มข้นของกระถิน	1.0, 1.5, 2.0, 2.5, 3.0, 4.0 และ 5.0 %w/v	2.5 %w/v
2. เวลาที่ใช้ในการสกัดสาร	1, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 45 และ 60 นาที	20 นาที
3. ค่า pH ในการทำปฏิกิริยา	1, 2, 3, 4, 4.5, 5, 5.5, 6, 7, 8 และ 10	4.5 นาที
4. เวลาในการเกิดปฏิกิริยา	1, 5, 7.5, 10, 15, 20 และ 30 นาที	7.5 นาที
5. ปริมาตรสารละลายมาตรฐาน และตัวอย่างที่ใช้หยดในการเกิดปฏิกิริยา	10, 15, 20, 25, 30 และ 45 μL	15 μL
6. ค่าความเข้มแสงสีที่เหมาะสม	แสงสีแดง (R), แสงสีเขียว (G), แสงสีน้ำเงิน (B)	แสงสีน้ำเงิน (B)

4.2 การพัฒนาชุดสอบอย่างง่าย ราคาประหยัด สามารถนำไปใช้นอกสถานที่ได้ เพื่อนำไปใช้ในการเรียนการสอนในสถานศึกษาที่ขาดแคลนอุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์

ในส่วนนี้จะได้มีการนำชุดทดสอบอย่างง่ายไปหาค่าคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ รวมถึงนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง รายละเอียดมีดังนี้

4.2.1 ค่าคุณลักษณะทางการวิเคราะห์

จากการหาภาวะการทดลองที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์สามารถนำมาหาค่าคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ได้ โดยจากการทดลองพบว่าช่วงการใช้งานที่เป็นเส้นตรงของสารละลายมาตรฐานเหล็กอยู่ในช่วง 1.00–10.00 ppm ($y = 0.9626x - 2.1379$, $R^2 = 0.9959$) แสดงดังภาพที่ 4.7 ตามลำดับ ค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถตรวจวัดได้ (LOD) และค่าความเข้มข้นต่ำสุดที่สามารถวิเคราะห์ได้ (LOQ) เท่ากับ 0.09 ppm และ 3.68 ppm ตามลำดับ และจากการศึกษาหาค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์ของเทคนิคที่พัฒนาขึ้นที่ความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็ก 1.00, 5.00 และ 10.00 ppm โดยการวัดสัญญาณความเข้มของแสงสีน้ำเงินจำนวน 8 ครั้งพบว่า %RSD เท่ากับ 3.00 2.84 และ 2.38 ตามลำดับซึ่งมีค่า %RSD น้อยกว่า 3 % แสดงว่าวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นมีความแม่นยำสูง



ภาพที่ 13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานเหล็กในช่วง 1–10 ppm และ กับค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงิน (B)

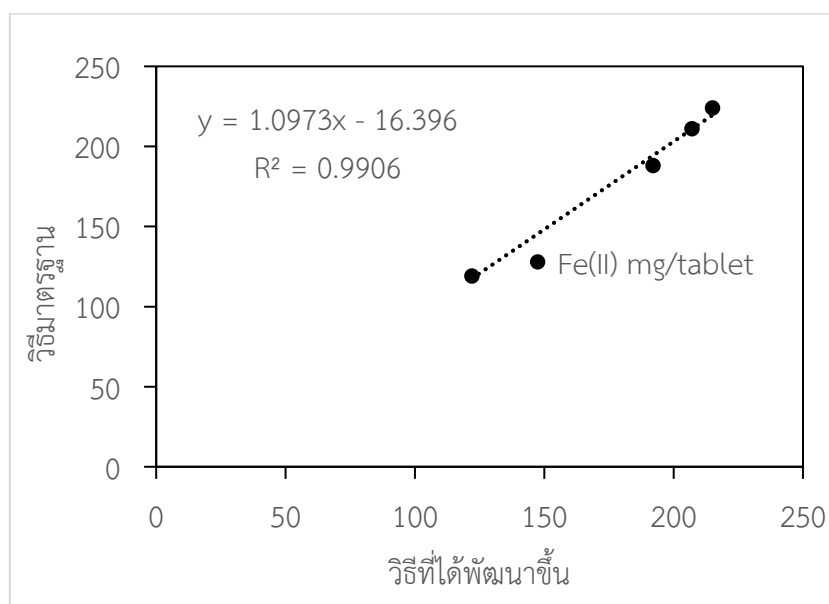
4.2.2 การประยุกต์ใช้วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาด้วยเทคนิคปฏิบัติการบนแผ่นกระดาษ

ในงานวิจัยนี้ได้ทำการประยุกต์ใช้วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาที่มีจำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด ผลการวิเคราะห์รายงานเป็นปริมาณไอออนเหล็ก เมื่อเปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ของวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐานของยาแต่ละชนิดแสดงดังตารางที่ 3 พบว่า ทั้งสองวิธีมีค่าใกล้เคียงกัน และจากการทดสอบวิธีทางสถิติแบบที (t -test Paired two sample for means) ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% พบว่า t_{Stat} มีค่าเท่ากับ 0.3973 ซึ่งมีค่าน้อยกว่า t_{Critical} ที่มีค่าเท่ากับ 4.3026 แสดงให้เห็นว่าผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

ตารางที่ 4.2 แสดงปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กของวิธีที่พัฒนาขึ้นกับวิธีมาตรฐาน

ตัวอย่าง	รูปแบบ ของธาตุ เหล็ก	ปริมาณสารประกอบ Ferrous (mg/tablet)			%Deviation เทียบกับวิธีมาตรฐาน
		ที่ระบุบน ฉลาก	วิธี มาตรฐาน	วิธีที่พัฒนาขึ้น	
1	Fumarate	200	215 ±5	224±6	3.2
2	Sulfate	135	122±2	119±8	-2.5
3	Fumarate	200	207±4	211±8	1.9
4	Fumarate	200	192±3	188±9	-2.1

จากการศึกษาร้อยละการได้กลับคืน (%Recovery) โดยการเติมสารละลายมาตรฐานเหล็กในตัวอย่างยาที่ย่อยด้วยกรดพบว่ามีความร้อยละการได้กลับคืนอยู่ที่ 87-93 % เมื่อนำข้อมูลในตารางที่ 4.2 ไปสร้างกราฟแสดงปริมาณสารประกอบ Ferrous ของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นเทียบกับวิธีมาตรฐานได้กราฟดังภาพที่ 4.8 ซึ่งให้ค่า $R^2 = 0.9906$ แปลว่าทั้งสองวิธีให้ผลที่มีความสอดคล้องกัน ซึ่งจะได้นำชุดทดสอบนี้ไปใช้ในการเรียนการสอนต่อไป



ภาพที่ 4.8 กราฟแสดงปริมาณสารประกอบ Ferrous ในตัวอย่างยาของวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นเทียบกับวิธีมาตรฐาน

4.3 การนำงานวิจัยสำหรับการนำเสนอ/การตีพิมพ์ในระดับชาติหรือระดับนานาชาติ

ในงานวิจัยนี้ได้มีการนำไปตีพิมพ์เผยแพร่ที่วารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ดังเอกสารแนบด้านล่างดังภาพที่ 4.9



๒๔ ตุลาคม ๒๕๖๗

เรื่อง ตอบรับการลงตีพิมพ์บทความวิจัย

เรียน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นภาพร วรรณพรม

ตามที่ ท่านได้ส่งบทความเพื่อพิจารณาตีพิมพ์มายังวารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ เรื่อง สารสกัดจากใบกระถินที่ถูกตรึงบนกระดาษสำหรับเป็นชุดทดสอบปริมาณ ไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็ก ความแข็งแรงแล้วนั้น

ในการนี้ กองบรรณาธิการวารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ได้ส่งให้ผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน ๓ ท่าน พิจารณาทบทวนความเรียบร้อยแล้ว เห็นว่าบทความงานวิจัยดังกล่าวมีรูปแบบและเนื้อหาเหมาะสม มีคุณค่าต่อการตีพิมพ์เผยแพร่ที่มีประโยชน์ทางวิชาการ จึงแจ้งตอบรับการลงตีพิมพ์บทความวิจัยของท่านในวารสารวิชาการวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ปีที่ ๑๖ ฉบับที่ ๒๔ ประจำเดือน กรกฎาคม - ธันวาคม ๒๕๖๗

จึงเรียนมาเพื่อทราบ

ขอแสดงความนับถือ

(อาจารย์คณินณัฐ์ โชติพรสีมา)

คณบดีคณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กองบรรณาธิการวารสารฯ

โทร. ๐-๕๖๒๑-๔๑๐๐ ต่อ ๒๕๐๑

โทรสาร ๐-๕๖๘๘-๒๕๓๑

ภาพที่ 4.9 ใบตอบรับการตีพิมพ์

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย

งานวิจัยนี้ได้พัฒนาชุดทดสอบการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กในตัวอย่างยาโดยอาศัยการเกิดปฏิกิริยาระหว่างไอออนเหล็กกับสารสกัดจากใบกระถินที่ถูกตรึงลงบนกระดาษ จากนั้นนำไปถ่ายรูปในกล่องควบคุมแสงเพื่อวิเคราะห์ค่าความเข้มแสงสีน้ำเงินด้วยแอปพลิเคชันบนมือถือ (ColorPicker) โดยได้หาภาวะที่เหมาะสมในการทดลองจนได้กราฟมาตรฐาน และนำชุดทดสอบที่ได้พัฒนาขึ้นซึ่งประกอบด้วย กระดาษที่ตรึงด้วยสารสกัดจากใบกระถิน กล่องควบคุมแสง กล้องโทรศัพท์มือถือ และแอปพลิเคชันบนมือถือ (ColorPicker) ไปวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็ก จากผลการทดลองพบว่าให้ผลการวิเคราะห์ที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อทดสอบด้วยค่าทางสถิติ (t-Test) ที่ระดับความเชื่อ 95%

5.2 อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการศึกษาลักษณะสเปกตรของการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินที่มีมิโมซิน (Mimosine) ซึ่งเป็นสารสำคัญในสารสกัดจากใบกระถินกับสารละลายมาตรฐานไอออนเหล็กที่ความเข้มข้นต่าง ๆ จนเกิดสารประกอบเชิงซ้อนสีส้มอิฐ พบว่าการดูดกลืนแสงจะเพิ่มขึ้นตามความเข้มข้นของสารละลายมาตรฐานไอออนเหล็ก และได้ค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดที่ความยาวคลื่น 460 nm ซึ่งเป็นการดูดกลืนแสงของแสงสีน้ำเงินแกมเขียว (Greenish blue color) (Kotchabhakdi et al., 2021) จากผลการทดลองสรุปได้ว่า สารสกัดจากใบกระถินสามารถใช้เป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กได้ จากการหาสภาวะที่เหมาะสมในการทดลองในวิธีที่พัฒนาขึ้น มีการศึกษาตัวแปรต่าง ๆ คือ ค่าความเข้มแสงสีแดง (R) เขียว (G) และน้ำเงิน (B) เพื่อใช้ติดตามสัญญาณจากการทำปฏิกิริยา ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่าค่าความเข้มแสงของแสงสีน้ำเงินให้ค่าสัญญาณสูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับสเปกตรของสารประกอบเชิงซ้อนสีส้มอิฐที่ดูดกลืนแสงช่วงความยาวคลื่นของแสงสีน้ำเงินแกมเขียว ความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถินในการเกิดปฏิกิริยากับสารที่สนใจค่าสัญญาณของแสงสีน้ำเงินจะเพิ่มตามความเข้มข้นของสารสกัด เพราะเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณมิโมซินที่จะทำปฏิกิริยากับไอออนเหล็กก็จะเพิ่มขึ้นด้วย จนถึงระดับความเข้มข้นหนึ่งสัญญาณค่าความเข้มแสงสีน้ำเงินก็จะลดลงทั้งนี้เพราะเมื่อความเข้มข้นของสารสกัดจากใบกระถินเพิ่มขึ้นจะทำให้บดบังสีที่แท้จริงจากการทำปฏิกิริยา และทำให้ค่าความแม่นยำในการวิเคราะห์ลดลง เวลาในการสกัดเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญจากการทดลองพบว่าเมื่อเวลาในการสกัดเพิ่มขึ้นปริมาณมิโมซินที่สกัดออกมาได้ก็จะเพิ่มขึ้นจนถึงเวลาที่ 20 นาที และหลังจากนั้นจะลดลงและคงที่เพราะเวลาที่ใช้สกัดมากขึ้นจะทำให้เกิดการสลายตัวของสารสำคัญหรือเกิดการออกซิไดซ์กับอากาศ (Weinges & Nader, 1982) ค่า pH ที่เหมาะสมในการทำปฏิกิริยาคือที่ pH 4.5 เนื่องจากที่ pH ดังกล่าวทั้งสารมิโมซินและไอออนเหล็กอยู่ในรูปแบบที่เหมาะสมต่อการเกิดปฏิกิริยา และเมื่อ pH มีความเป็นเบสมากขึ้นจะทำให้ไอออนเหล็กบางส่วนเกิดการตกตะกอนในรูปสารประกอบไฮดรอกไซด์ (Grundl & Delwiche, 1993) เวลาในการเกิดปฏิกิริยาที่เหมาะสมคือที่ 7.5 นาที ถ้ามานานกว่านี้ค่า

สัญญาณจะลดลงเนื่องจากอาจเกิดการสลายตัวของสารประกอบเชิงซ้อน หรือออกซิไดซ์ด้วยอากาศ อีกทั้งเป็นการลดเวลาในการวิเคราะห์ ปริมาตรสารตัวอย่างเหมาะสมคือ 15 μL เพราะถ้าปริมาตรน้อยไปอาจไม่เพียงพอต่อการติดตามสัญญาณจากปฏิกิริยา ถ้าปริมาตรมากเกินไปก็จะเกิดแพร่กระจายของบริเวณที่เกิดปฏิกิริยาจนไม่สามารถไม่ตรวจวัดสัญญาณได้ จากรายงานการวิจัยพบว่าไอออนที่รบกวน (Interferences ion) ต่อการทำปฏิกิริยาระหว่างไอออนเหล็ก (Fe(III)) กับโมโนซีนที่อยู่ในสารสกัดจากใบกระถิน โดยได้ศึกษาไอออนของโลหะต่าง ๆ ในอัตราส่วน 1:1 ระหว่าง Fe(III) ppm กับ Al(III) Ca(II) Mg(II) Ni(II) Cr(II) Cu(II) และ Pb(II) ppm พบว่าที่อัตราส่วน 1:1 ไอออนรบกวนที่ศึกษาไม่ส่งผลต่อสัญญาณที่ตรวจวัดได้ ยกเว้น Al(III) ที่รบกวน แต่เมื่อเพิ่มอัตราส่วนของ $\text{Fe(III)}:\text{Al(III)}$ เป็น 2:1 Al(III) จะไม่รบกวนต่อสัญญาณที่ติดตาม (Kotchabhakdi et al., 2021) จากการหาสภาวะที่เหมาะสมต่อการวิเคราะห์สามารถนำมาหาคุณลักษณะทางการวิเคราะห์ได้ผลดังแสดงข้างต้น ซึ่งแสดงให้เห็นว่าวิธีที่ได้พัฒนาขึ้นมีความถูกต้องแม่นยำสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กได้ โดยเมื่อเปรียบเทียบผลการทดลองทางสถิติกับวิธีมาตรฐานไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 % จึงถือได้ว่าวิธีการที่พัฒนาขึ้นมีความน่าเชื่อถือ ขนาดเล็ก สะดวก เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม และสามารถนำไปวิเคราะห์นอกสถานที่ได้ ในส่วนข้อเสนอแนะ จากงานวิจัยของ Xiu-li และคณะ ได้ทำการทดลองพบว่า ควรเก็บกระดาศที่ตรึงด้วยสารสกัดในที่มืด แห้งและ อุณหภูมิต่ำกว่า 20 องศาเซลเซียส และควรใช้ภายใน 30 วันหลังผลิต (Xiu-li et al., 2015) งานวิจัยนี้ได้มีการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีแบบลดขนาดที่เกี่ยวข้องกับการวัดในระดับไมโคร และได้ชุดทดสอบที่ตรึงด้วยสารสกัดจากใบกระถินสำหรับการวิเคราะห์หาปริมาณไอออนเหล็กในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กที่มีราคาไม่แพง น่าเชื่อถือ มีความแม่นยำในการวิเคราะห์ ลดขั้นตอนในการทดลอง ลดอุปกรณ์เครื่องแก้ว และใช้รีเอเจนต์จากกระถินที่มีความเป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อมและเป็นรีเอเจนต์ในการเกิดปฏิกิริยากับไอออนเหล็ก สามารถกล่าวได้ว่า วิธีที่พัฒนาขึ้นเป็นวิธีการวิเคราะห์สีเขียว สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณเหล็กไอออนในตัวอย่างยาเสริมธาตุเหล็กได้ และเมื่อเปรียบเทียบปริมาณไอออนเหล็กกับวิธีมาตรฐานพบว่าผลการวิเคราะห์ทั้งสองวิธีไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

5.3 ข้อเสนอแนะ

5.3.1 ข้อเสนอแนะการนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

ในงานวิจัยนี้สามารถนำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนในหัวข้อที่เกี่ยวกับการเกิดปฏิกิริยาเคมี การเกิดสารประกอบเชิงซ้อน การวิเคราะห์แบบลดขนาด ซึ่งสามารถนำไปวิเคราะห์นอกสถานที่ได้ แต่ต้องระมัดระวังในเรื่องของการควบคุมแสงตอนที่วิเคราะห์ค่าสี RGB ด้วยแอปพลิเคชันบนโทรศัพท์มือถือ โดยถ้าเป็นระบบปฏิบัติการ ios ใช้แอปพลิเคชัน ColorAssist ส่วนระบบปฏิบัติการ android ใช้แอปพลิเคชัน ColorPicker เป็นต้น สารสกัดจากใบกระถินควรเตรียมใหม่ทุกครั้งก่อนที่ตรึงบนกระดาศ และกระดาศที่ผ่านการตรึงให้ทำให้แห้งสนิทก่อนเก็บไว้ในตู้เย็น และควรใช้ภายใน 60 วันหลังเตรียม

5.3.2 ข้อเสนอแนะการศึกษาครั้งต่อไป

ควรมีการประยุกต์ใช้วิธีที่ได้พัฒนาขึ้นในการวิเคราะห์หาไอออนหลักในตัวอย่างอื่นๆ หรือศึกษาการเกิดปฏิกิริยาระหว่างสารสกัดจากใบกระถินกับไอออนของโลหะตัวอื่น ๆ เช่น สังกะสี อะลูมิเนียม แคลเซียม เป็นต้น

บรรณานุกรม

- คณาทิพย์ สิงห์หาญ, อภิษฎา ศักดาวิโรจน์, กนกพิชญ์ เวชพาณิษฐ์กิจกุล, และอสมภรณ์ หมุนสมัย. (2563). การเปรียบเทียบสารประกอบฟีนอลิก สารฟลาโวนอยด์ และฤทธิ์การต้านอนุมูลอิสระในสารสกัดเอทานอลจากยอดอ่อน ใบ ผล เมล็ดของกระถินไทย. *วารสารนเรศวรพะเยา*, 13(3), 66–73.
- เดชภาพร วงศ์เดชขจร, อาคม สังข์วรานนท์, ณรงค์ สิงห์บุระอุดม และ สมเกียรติ ประสานพานิช. (2548). ผลของสารสกัดฟีนอลจากใบกระถินต่อตัวอ่อนของพยาธิตัวกลมระยะที่ 3 ในระบบทางเดินอาหารของแพะ. *รายงานการประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/ สัตวศาสตร์/ สัตวแพทย์ ครั้งที่ 5 เรื่อง การผลิตสัตว์อย่างยั่งยืน*. การประชุมวิชาการ สาขาสัตวบาล/ สัตวศาสตร์/ สัตวแพทย์. (หน้า 440-446). มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ คณะเกษตรศาสตร์.
- นภาพร วรรณพรม, และเยาวลักษณ์ ชันหวัทอน. (2562). การเป็นอุปกรณอย่างง่ายที่อาศัยการแพร่ของแก๊สกับกระดาษที่ตรึงด้วยรีเอเจนต์ธรรมชาติและการวิเคราะห์ค่าสีจากภาพถ่ายดิจิทัลสำหรับวิเคราะห์แอมโมเนีย. *วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลธัญบุรี*, 19(1), 86–96. <https://doi.org/10.14456/rj-rmutt.2020.8>
- นภาพร วรรณพรม และเยาวลักษณ์ ชันหวัทอน (2561). การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่งน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคแลปออนเพลทโดยใช้สารสกัดจากกะหล่ำปลีแดงเป็น รีเอเจนต์ธรรมชาติ. *รายงานการประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 14: UNIVERSITY IN DISRUPTIVE ERA*. พิษณุโลก, ประเทศไทย, 165–173. มหาวิทยาลัยนเรศวร กองการวิจัย.
- พชรมน เม้ามูลเฮ, จินฉนวนตร มานะเสถียร, และ ปิยนุช คะณมา. (2561). สารฟลิกษเคมีฤทธิ์ต่อต้านอนุมูลอิสระและความเป็นพิษต่อเซลล์ของสารสกัดใบกระถิน (*Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit) และใบไมยราบยักษ์ (*Mimosa pigra* L.). *วารสารพฤกษศาสตร์ไทย*, 10 (2), 175–189.
- ภูวดล เชื้อผู้ดี. (2563). การทดสอบเหล็กในน้ำโดยใช้เครื่อง Atomic Absorption Spectrometer ยี่ห้อ Analytik Jena รุ่น Zeenit 700 ด้วยเทคนิค Flame Atomization. รายงานการวิจัย. ลำปาง: มหาวิทยาลัยราชภัฏลำปาง.
- ศิริวิภา เปี่ยมปฏิภาณ, วรพจน์ สุนทรสุข. (2559). การใช้ประโยชน์จากใบกระถินเพื่อเร่งการเจริญเติบโตของพืชและยับยั้งการเติบโตของเชื้อราก่อโรคพืช. *การประชุมวิชาการระดับชาติมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 13: ตามรอยพระยุคลบาท เกษตรศาสตร์กำแพงแสน*. นครปฐม. 152-159. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน สำนักงานวิทยาเขตกำแพงแสน กองบริหารวิชาการและนิสิต.
- เยาวลักษณ์ ชันหวัทอน และนภาพร วรรณพรม (2562). การวิเคราะห์หาปริมาณกรดซิตริกในน้ำมะนาวสังเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติจากกลีบดอกกล้วยไม้ (*Dendrobium soniaearsakul*) เป็นรีเอเจนต์ร่วมกับการตรวจวัดด้วยเครื่อง PICOEXPLORER. *การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3. พระนครศรีอยุธยา, ประเทศไทย*, 498–507. มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลพระนคร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

- วันดี กฤษณพันธ์. (2539). *สมุนไพรน่ารู้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- Anastas, P. T. (1999). *Green Chemistry and the Role of Analytical Methodology Development*. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 29(3), 167–175. <https://doi.org/10.1080/10408349891199356>
- McEvoy, G. K. *American Society of Health-System Pharmacists*. (2007) AHFS Drug information 2007. American Society of Health-System Pharmacists.
- Kotchabhakdi, N., Seanjum, C., Kiwfo, K., and Grudpan, K. (2021). A simple extract of *Leucaena leucocephala* (Lam) de Wit leaf containing mimosine as a natural color reagent for iron determination. *Microchemical Journal*, 162. <https://doi.org/10.1016/j.microc.2020.105860>
- Lione, A. (1983). The Prophylactic Reduction of Aluminum Intake. *Food and Chemical Toxicology*, 21, 103–109. [https://doi.org/10.1016/0278-6915\(83\)90277-6](https://doi.org/10.1016/0278-6915(83)90277-6)
- Manz, A., Graber, N., & Widmer, H.M. (1990). Miniaturized total chemical analysis systems: A novel concept for chemical sensing. *Sensors and Actuators B-chemical*, 1, 244–248. [https://doi.org/10.1016/0925-4005\(90\)80209-I](https://doi.org/10.1016/0925-4005(90)80209-I)
- Ameijeiras, A., López-Real, A. M., & Labandeira-García, J. L. (2002). Effects of aluminum and zinc on the oxidative stress caused by 6-hydroxydopamine autoxidation: relevance for the pathogenesis of Parkinson's disease. *Biochimica et biophysica acta*, 1586(2), 155–168. [https://doi.org/10.1016/s0925-4439\(01\)00077-1](https://doi.org/10.1016/s0925-4439(01)00077-1)
- Siriangkhwut, W., Khanhuathon, Y., Chantiratikul, P., Ponhong, K., & Grudpan, K. (2016). A Green Sequential Injection Spectrophotometric Approach Using Natural Reagent Extracts from Heartwood of *Cesalpinia sappan* Linn. for Determination of Aluminium. *Analytical sciences: the international journal of the Japan Society for Analytical Chemistry*, 32(3), 329–336. <https://doi.org/10.2116/analsci.32.329>
- Tontrong, S., Khonyoung, S., & Jakmunee, J. (2012). Flow injection spectrophotometry using natural reagent from *Morinda citrifolia* root for determination of aluminium in tea. *Food chemistry*, 132(1), 624–629. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2011.10.100>
- Ueda M., Lapanatnoppakun, S., Wongwilai, W., Teshima, N., Sakai, T., and Grudpan, K. (2010). Exploiting a simple water extract of a flower as a natural reagent for acidity assay using a lab-on-chip. *Journal of Flow Injection Analysis*, 27, 57–60. https://doi.org/10.24688/jfia.27.1_57
- Viguier, R. F., & Hulme, A. N. (2006). A sensitized europium complex generated by micromolar concentrations of copper(I): toward the detection of copper(I) in

- biology. *Journal of the American Chemical Society*, 128(35), 11370–11371. <https://doi.org/10.1021/ja064232v>
- Wongsooksin, K., Rattanaphani, S., Tangsathit-kulchai, M., Rattanapani, V., and Bremner, J. B. (2014). Study of an al (III) complex with the plant dye brazilein from *Ceasalpinia sappan* LINN. *Suranaree Journal of Science and Technology*, 15, 159–165.
- Dubey R., Bende N. and Harod M., (2015). Estimation of iron metal cotents in natural samples by colorimetric methods. *International Journal of Chemical and Physical Sciences*, 4(1). 137-146.
- Zietz, B. P., Dieter, H. H., Lakomek, M., Schneider, H., Kebler-Gaedtke, B., and Dunkelberg, H. (2003). Epidemiological investigation on chronic copper toxicity to children exposed via the public drinking water supply. *Science of The Total Environment*, 302, 127–144. [https://doi.org/10.1016/S0048-9697\(02\)00399-6](https://doi.org/10.1016/S0048-9697(02)00399-6)

ภาคผนวก
การเปรียบเทียบวิธีมาตรฐานและวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น

การทดสอบ t-Test เปรียบเทียบวิธีที่ได้พัฒนาขึ้น และ วิธีมาตรฐาน

t-Test: Paired Two Sample for Means

	215	224
Mean	173.6666667	172.6667
Variance	2058.333333	2292.333
Observations	3	3
Pearson Correlation	0.997076074	
Hypothesized Mean Difference	0	
df	2	
t Stat	0.397359707	
P(T<=t) one-tail	0.364749555	
t Critical one-tail	2.91998558	
P(T<=t) two-tail	0.72949911	
t Critical two-tail	4.30265273	

ประวัติผู้วิจัย

1. หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวเยาวลักษณ์ ชันหวัทนา

ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Yaowalak Khanhuathon

2. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 1451100012634

3. ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์

4. หน่วยงานและสถานที่อยู่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เลขที่ 89 ม. 9 ถ. พหลโยธิน ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100 e-mail: yaowalak.yao@crru.ac.th

5. ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี วท.บ. เคมี มหาวิทยาลัยมหาสารคาม

ปริญญาโท-เอก วท.ด. เคมี มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

6. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) –

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

ปีงบประมาณ 2560 ทุนตามโครงการวิจัยเพื่อบุคลากรสู่การเรียนการสอนจากมหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงรายเพื่อทำวิจัยเรื่อง การวิเคราะห์แบบลดขนาดสำหรับการศึกษาทางเคมี (Down Scaling Analysis Methods for Chemistry Education)

ปีงบประมาณ 2563 ทุนตามโครงการสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา และทำวิจัยประเภทงานวิจัยและการสร้างสรรค์องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นเรื่อง การสร้างเครื่องมือสำหรับตรวจวัดความหวานในตัวอย่างเครื่องดื่มและยาชนิดน้ำเชื่อมโดยอาศัยหลักการการหักเหของแสงผ่านเลนส์นูน

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

Wannaprom N. & Khanhuathon Y. (2020). Development of simple device based on gas diffusion with natural reagent immobilized paper and digital image colorimetry for ammonia determination. Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 19(1), 86–96. (DOI:10.14456/rj-rmutt.2020.8)

Siriangkawut W., Didpinrum P., Khanhuathon Y., Ponhong K., & Grudpan K. Small-scale ultrasound-assisted extraction of phenolics from pomegranate peels and their application as a natural reagent for the colorimetric assay of iron. Analytical Letters, 17, 1-18. (DOI:10.1080/00032719.2019.1685530)

นภาพร วรรณพรม และเยาวลักษณ์ ชันหวัทอน (2561). การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคแลกเปลี่ยนไอออนโครมาโทกราฟีโดยใช้สารสกัดจากกะหล่ำปลีแดงเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ. รายงานการประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 14: UNIVERSITY IN DISRUPTIVE ERA. พิษณุโลก, ประเทศไทย.

เยาวลักษณ์ ชันหวัทอน และนภาพร วรรณพรม (2561). การวิเคราะห์หาปริมาณกรดซิตริกในน้ำมะนาวสังเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติจากกลีบดอกกล้วยไม้ (*Dendrobium sonia earsakul*) เป็นรีเอเจนต์ร่วมกับการตรวจวัดด้วยเครื่อง PiCOEXPLORER. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3. พระนครศรีอยุธยา, ประเทศไทย.

Watsaka Siriangkhawut, Yaowalak Khanhuathon, Piyanete Chantiratikul, Kiangkrai Ponhong, Kate Grudpan, “A green sequential injection spectrophotometric approach using natural reagent extracts from heart wood of *Cesalpinia sappan* Linn. for determination of aluminium”. *Analytical Sciences*, Volume 32 (2016), 329–336.

Yaowalak Khanhuathon, Watsaka Siriangkhawut, Piyanete Chantiratikul, and Kate Grudpan. “Spectrophotometric method for determination of aluminium content in water and beverage samples employing flow-batch sequential injection system”. *Journal of Food Composition and Analysis*, Volume 41 (2015), 45–53.

Yaowalak Khanhuathon, Watsaka Siriangkhawut, Piyanete Chantiratikul, and Kate Grudpan, “Flow batch method with a sequential injection system for spectrophotometric determination of selenium(IV) in selenium enriched yeast using *o*-phenylenediamine”, *Analytical Letters*, Volume 46 (2013), 1779–1792.

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : ไม่มี

2. ผู้ร่วมวิจัย

- ชื่อ - นามสกุล (ภาษาไทย) นางสาวนภาพร วรรณพรม
ชื่อ - นามสกุล (ภาษาอังกฤษ) Miss Napaporn Wannaprom
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 3439900207344
- ตำแหน่งปัจจุบัน ผู้ช่วยศาสตราจารย์
- หน่วยงานและสถานที่ติดต่อได้สะดวก พร้อมหมายเลขโทรศัพท์ โทรสาร และไปรษณีย์อิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) คณะครุศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏเชียงราย เลขที่ 89 ม. 9 ถ. พหลโยธิน ต.บ้านดู่ อ.เมือง จ.เชียงราย 57100 e-mail: napaporn.wan@crru.ac.th
- ประวัติการศึกษา

ปริญญาตรี	วท.บ. เคมี	มหาวิทยาลัยขอนแก่น
ปริญญาโท	วท.ม. เคมี	มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
ปริญญาเอก	วท.ด. เคมี	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
- สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) –

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละผลงานวิจัย

7.1 หัวหน้าโครงการวิจัย

ปีงบประมาณ 2559 ทุนตามโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษา และการพัฒนามหาวิทยาลัยแห่งชาติ ประจำปีงบประมาณ ๒๕๕๙ ของสำนักบริหารโครงการส่งเสริมการวิจัยในอุดมศึกษาและพัฒนามหาวิทยาลัยวิจัยแห่งชาติ สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา เพื่อทำวิจัยเรื่อง การศึกษาลักษณะ สเปกตรัมของไอออนโลหะทรานซิชันบางตัวกับรีเอเจนต์ธรรมชาติจากใบชาในพื้นที่ภาคเหนือของประเทศไทย (Study of Spectral Characteristics of Some Transition Metal Ions with Natural Reagent from Tea Leaf Extract in Northern Thailand Area)

ปีงบประมาณ 2563 ทุนตามโครงการสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา และทำวิจัยประเภทงานวิจัยและการสร้างสรรค์องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นเรื่อง การสร้างชุดทดสอบอย่างง่ายโดยซีรีเอเจนต์ธรรมชาติสำหรับหาปริมาณแอมโมเนียในตัวอย่างปุ๋ยเคมี

ปีงบประมาณ 2565 ทุนตามโครงการสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณกองทุนสนับสนุนงานวิจัยเพื่อการพัฒนา และทำวิจัยประเภทงานวิจัยและการสร้างสรรค์องค์ความรู้เพื่อการพัฒนาท้องถิ่นเรื่อง การใช้รีเอเจนต์ธรรมชาติจากกะหล่ำปลีแดงสำหรับการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะซิติก ร่วมกับการตรวจวัดการดูดกลืนแสงของรูปภาพด้วยเซ็นเซอร์

7.2 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้ว

Wannaprom N. & Khanhuathon Y. (2020). Development of simple device based on gas diffusion with natural reagent immobilized paper and digital image colorimetry for ammonia determination. Research Journal Rajamangala University of Technology Thanyaburi, 19(1), 86–96. (DOI:10.14456/rj-rmutt.2020.8)

นภาพร วรรณพรม และเยาวลักษณ์ ชันหวัทนา (2561). การวิเคราะห์หาปริมาณกรดอะซิติกในตัวอย่างน้ำส้มสายชูด้วยเทคนิคแลปอเนโครเพลทโดยใช้สารสกัดจากกะหล่ำปลีแดงเป็นรีเอเจนต์ธรรมชาติ. รายงานการประชุมวิชาการนเรศวรวิจัย ครั้งที่ 14: UNIVERSITY IN DISRUPTIVE ERA. พิษณุโลก, ประเทศไทย.

เยาวลักษณ์ ชันหวัทนา และนภาพร วรรณพรม (2561). การวิเคราะห์หาปริมาณกรดซิตริกในน้ำมะนาวสังเคราะห์โดยใช้สารสกัดจากธรรมชาติจากกลีบดอกกล้วยไม้ (Dendrobium sonia earsakul) เป็นรีเอเจนต์ร่วมกับการตรวจวัดด้วยเครื่อง PiCOEXPLORER. การประชุมวิชาการระดับชาติด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ครั้งที่ 3. พระนครศรีอยุธยา, ประเทศไทย.

Jittikarn Songkhao, Saikat Debnath, Rajdeep Banerjee, Shobhana Narasimhan, Napaporn Wannaprom, Parichat Vanalabhapatana, Nicola Seriani, Ralph Gebauer, Patchanita Thamyongkit, “Structure-property relationship of η -extended boron-

dipyrromethene derivatives towards optoelectronic applications”, *Dyes and Pigments*, (2017), 1–51.

Napaporn Wannaprom and Parichat Vanalabhapatana, “Electro-oxidation of aldehydes in alkaline solution by electropolymerized nickel salen-based film modified electrodes”, *Journal of The Electrochemical Society*, Volume 161 (2014), G86–G97.

Napaporn Wannaprom and Parichat Vanalabhapatana, “Optimization of electropolymerized nickel salen-based film for electro-oxidation of aldehydes”, *Electrochemical Society Transactions*, Volume 45 (2013), 1–9.

Supaporn Kradtap Hartwell, Napaporn Wannaprom, Prachya Kongtawelert, and Kate Grudpan, “Sequential injection-capillary immunoassay system for determination of sialoglycoconjugates”, *Talanta*, Volume 79 (2009), 1209–1215.

7.3 งานวิจัยที่กำลังทำ : ไม่มี