

QUANTITATIVE ANALYSIS OF MITRAGYNE IN RED VEIN KRATOM POWDER FROM FOUR CULTIVATION SOURCES: A COMPARATIVE OF NIR SPECTROSCOPY AND UHPLC-MS/MS

Phongthanaphat MOYA¹ and Arthitaya KAWEE-AI^{1*}

1 Division of Cannabis and Medicinal Plants for Local Development, Graduate School, Payap University, Thailand; kaweeai@gmail.com (Corresponding Author)

ARTICLE HISTORY

Received: 16 August 2024

Revised: 30 August 2024

Published: 13 September 2024

ABSTRACT

This research aims to investigate the use of Near Infrared Spectroscopy (NIR) for analyzing mitragynine content in red-veined kratom powder, comparing it with the standard UHPLC-MS/MS method. Kratom leave samples were collected from four cultivation sites across Thailand, including Nakhon Si Thammarat, Nan, and Ubon Ratchathani provinces. The research consists of four main stages: 1) creation of standard curves and quality control of standard substances, 2) NIR analysis, 3) UHPLC-MS/MS analysis, and 4) comparison of results between the two methods. Results are expected to demonstrate that the NIR technique can analyze mitragynine content rapidly and accurately, comparable to the standard UHPLC-MS/MS method, with advantages in speed, convenience, and lower cost. This study is a preliminary analysis to determine the relationship between the quantity of active compounds analyzed by UHPLC-MS/MS and the light absorption values of mitragynine in kratom powder. The research findings are anticipated to benefit Thai researchers and farmers in developing innovations, reducing costs, enhancing competitiveness in the global market, and improving the quality of Thai kratom products in the future.

Keywords: Kratom, Mitragynine, Near Infrared Spectroscopy, UHPLC-MS/MS

CITATION INFORMATION: Moya, P., & Kawee-ai, A. (2024). Quantitative Analysis of Mitragynine in Red Vein Kratom Powder from Four Cultivation Sources: A Comparative of NIR Spectroscopy and UHPLC-MS/MS. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 2(9), 25

การหาปริมาณสารไมทราไจนีนในผงกระท่อมพันธุ์ก้านแดง จาก 4 แหล่ง เพาะปลูก ด้วยเทคนิค NIR โดยเปรียบเทียบกับ UHPLC-MS/MS

พงศ์ธนาพัฒน์ หมอยา¹ และ อาทิตยา กาวีอ้าย^{1*}

1 สาขาวิชาเภสัชศาสตร์และพืชสมุนไพรเพื่อการพัฒนาท้องถิ่น บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยพายัพ;
kaweeai@gmail.com (ผู้ประพันธ์บทความ)

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มุ่งศึกษาการใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการวิเคราะห์ปริมาณสารไมทราไจนีนในผงกระท่อมพันธุ์ก้านแดง โดยเปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐาน UHPLC-MS/MS ตัวอย่างใบกระท่อมถูกเก็บจาก 4 แหล่งเพาะปลูกทั่วประเทศไทย ได้แก่ จังหวัดนครราชสีมา น่าน และอุบลราชธานี การวิจัยประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก: 1) การสร้างกราฟมาตรฐานและควบคุมคุณภาพสารมาตรฐาน 2) การวิเคราะห์ด้วย NIR 3) การวิเคราะห์ด้วย UHPLC-MS/MS และ 4) การเปรียบเทียบผลระหว่างสองวิธี ผลการวิจัยคาดว่าจะแสดงให้เห็นว่าเทคนิค NIR สามารถใช้วิเคราะห์ปริมาณสารไมทราไจนีนได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน UHPLC-MS/MS โดยมีข้อได้เปรียบด้านความรวดเร็ว ความสะดวก และต้นทุนที่ต่ำกว่า การศึกษานี้เป็นการวิเคราะห์เบื้องต้นเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณสารสำคัญที่วิเคราะห์ด้วย UHPLC-MS/MS และค่าการดูดกลืนแสงของสารไมทราไจนีนในผงกระท่อม ผลการวิจัยนี้คาดว่าจะประโยชน์ต่อนักวิจัยและเกษตรกรไทยในการพัฒนานวัตกรรม ลดต้นทุน เพิ่มศักยภาพการแข่งขันในตลาดโลก และยกระดับคุณภาพผลิตภัณฑ์กระท่อมไทยในอนาคต

คำสำคัญ: กระท่อม, ไมทราไจนีน, Near Infrared Spectroscopy, UHPLC-MS/MS

ข้อมูลการอ้างอิง: พงศ์ธนาพัฒน์ หมอยา และ อาทิตยา กาวีอ้าย. (2567). การหาปริมาณสารไมทราไจนีนในผงกระท่อมพันธุ์ก้านแดง จาก 4 แหล่งเพาะปลูก ด้วยเทคนิค NIR โดยเปรียบเทียบกับ UHPLC-MS/MS. *Procedia of Multidisciplinary Research*, 2(9), 25

บทนำ

กระท่อม (Kratom) หรือ *Mitragyna speciosa* Korth. เป็นพืชในวงศ์ Rubiaceae ที่พบมากในภูมิภาคเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ โดยเฉพาะในประเทศไทย มาเลเซีย และอินโดนีเซีย (Cinosi et al., 2015) ใบกระท่อมประกอบด้วยสารสำคัญหลายชนิด โดยเฉพาะอย่างยิ่งไมทราไจนีน (Mitragynine) ซึ่งเป็นอัลคาลอยด์ที่ออกฤทธิ์ต่อระบบประสาทส่วนกลาง มีคุณสมบัติคล้ายมอร์ฟีนแต่มีความแรงน้อยกว่า (Kruegel & Grundmann, 2018) ในช่วงไม่กี่ปีที่ผ่านมา กระท่อมได้รับความสนใจอย่างมากในแวดวงการแพทย์และเภสัชกรรม เนื่องจากคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาที่หลากหลาย (Prozialek, 2016) การควบคุมคุณภาพและการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในผลิตภัณฑ์กระท่อมจึงมีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการวิจัยและพัฒนาผลิตภัณฑ์ ปัจจุบัน วิธีมาตรฐานในการวิเคราะห์ปริมาณไมทราไจนีนคือ Ultra-High Performance Liquid Chromatography-Tandem Mass Spectrometry (UHPLC-MS/MS) ซึ่งให้ผลที่แม่นยำสูง แต่มีข้อจำกัดด้านความซับซ้อน เวลา และค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์ (Mudge & Brown, 2017) งานวิจัยนี้มุ่งศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR) เบื้องต้น ในการวิเคราะห์ปริมาณสารไมทราไจนีนในผงกระท่อมพันธุ์ก้านแดง โดยวัตถุประสงค์ของการวิจัยคือ 1) เพื่อวิเคราะห์ปริมาณไมทราไจนีนด้วยเทคนิค NIR เบื้องต้น เมื่อเทียบกับปริมาณการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UHPLC-MS/MS 2) เพื่อเปรียบเทียบปริมาณของสารไมทราไจนีนจาก 4 แหล่งปลูก ได้แก่ ภาคเหนือ กลาง และภาคใต้ 3) เพื่อประเมินความแม่นยำ ความรวดเร็ว และความคุ้มค่าของเทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณไมทราไจนีน การศึกษานี้จะดำเนินการโดยเก็บตัวอย่างผงกระท่อมพันธุ์ก้านแดง ตัวอย่างจะถูกวิเคราะห์ด้วยเทคนิค NIR และ UHPLC-MS/MS เพื่อเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ของทั้งสองตัวแปร จากค่าดูดกลืนแสงกับปริมาณสารไมทราไจนีนกับ ผลที่คาดว่าจะได้รับ ผลการวิจัยนี้คาดว่าจะจะเป็นประโยชน์อย่างยิ่งต่อการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์ที่มีประสิทธิภาพ รวดเร็ว และประหยัดสำหรับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์กระท่อม ซึ่งจะช่วยยกระดับมาตรฐานการผลิตและเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันของอุตสาหกรรมกระท่อมไทยในตลาดโลก นอกจากนี้ ยังอาจนำไปสู่การพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์แบบพกพาสำหรับการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์กระท่อมในภาคสนามได้ในอนาคต

การทบทวนวรรณกรรม

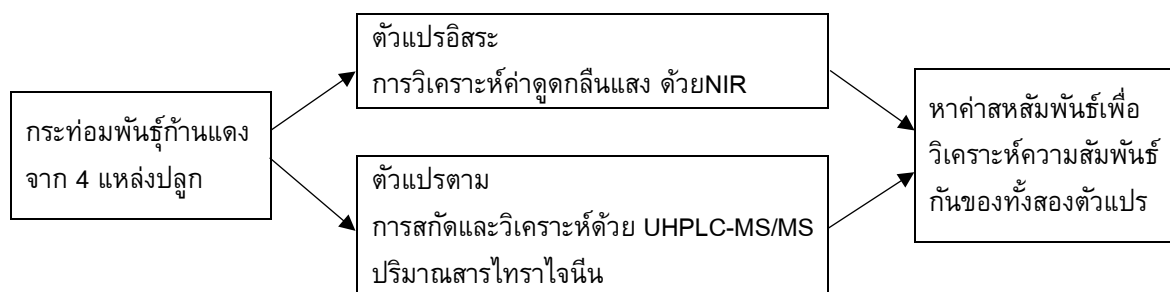
การใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพรได้รับความสนใจอย่างมากในช่วงทศวรรษที่ผ่านมา เนื่องจากเป็นวิธีที่รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และมีต้นทุนต่ำในระยะยาว มีงานวิจัยหลายชิ้นที่แสดงให้เห็นถึงประสิทธิภาพของเทคนิค NIR ในการวิเคราะห์สารสำคัญในพืช ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัย ดังนี้ 1) (Chen et al., 2018) ได้ศึกษาการใช้ NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณสารแอลคาลอยด์ในใบ *Atropa belladonna* L. ผลการวิจัยพบว่า NIR สามารถทำนายปริมาณสารแอลคาลอยด์ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9821 และ RMSEP เท่ากับ 0.0412 mg/g งานวิจัยนี้ยืนยันว่าความเข้มของการดูดกลืนแสง NIR มีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารแอลคาลอยด์ในตัวอย่าง 2) (Soto-Barajas et al., 2013) ได้ใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณสารอัลคาลอยด์ในหญ้า tall fescue ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า NIR สามารถใช้ในการวิเคราะห์เชิงคุณภาพของอัลคาลอยด์เอนโดไฟต์ในหญ้าได้อย่างมีประสิทธิภาพ และสามารถวัดปริมาณสาร peramine และ ergovaline ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า R^2 อยู่ระหว่าง 0.68 ถึง 0.783. 3) (Jamrógiewicz, 2012) ได้ทบทวนการใช้ NIR ในอุตสาหกรรมเภสัชกรรม และพบว่า NIR มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในยาสมุนไพร โดยเฉพาะสารที่มีหมู่ฟังก์ชันที่สามารถดูดกลืนแสง NIR ได้ดี เช่น O-H, N-H, และ C-H ซึ่งพบมากในสารอัลคาลอยด์และสารประกอบฟีนอลิก 4) (Pezzei et al., 2019) ได้ใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในพืชสมุนไพรหลายชนิด ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่า NIR สามารถใช้ในการทำนายปริมาณสารสำคัญได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า R^2 สูงถึง 0.99 สำหรับบางสารประกอบ 5) (Li et al., 2018) ได้ใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณสาร crocins ในหญ้าฝรั่น (Saffron) ผลการวิจัยพบว่า NIR สามารถทำนายปริมาณสาร crocins ได้อย่างแม่นยำ โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.9826 และ RMSEP เท่ากับ 0.0412

mg/g ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างการดูดกลืนแสง NIR และปริมาณสารสำคัญในตัวอย่าง งานวิจัยเหล่านี้ยืนยันว่าเทคนิค NIR มีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญในพืช โดยอาศัยหลักการที่ว่า สารอินทรีย์ที่มีพันธะเคมีต่างๆ จะดูดกลืนแสง NIR ในช่วงความยาวคลื่นที่เฉพาะเจาะจง และความเข้มของการดูดกลืนแสงจะมีความสัมพันธ์โดยตรงกับปริมาณสารนั้นๆ ในตัวอย่าง ยิ่งมีปริมาณสารมาก ก็ยิ่งดูดกลืนแสงได้มาก ซึ่งสอดคล้องกับสมมติฐานในงานวิจัยที่คาดว่าจะสามารถใช้ NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณสารไมโทราไจน์ในผงกระท่อม ได้อย่างแม่นยำและถูกต้อง

สมมติฐานงานวิจัย:

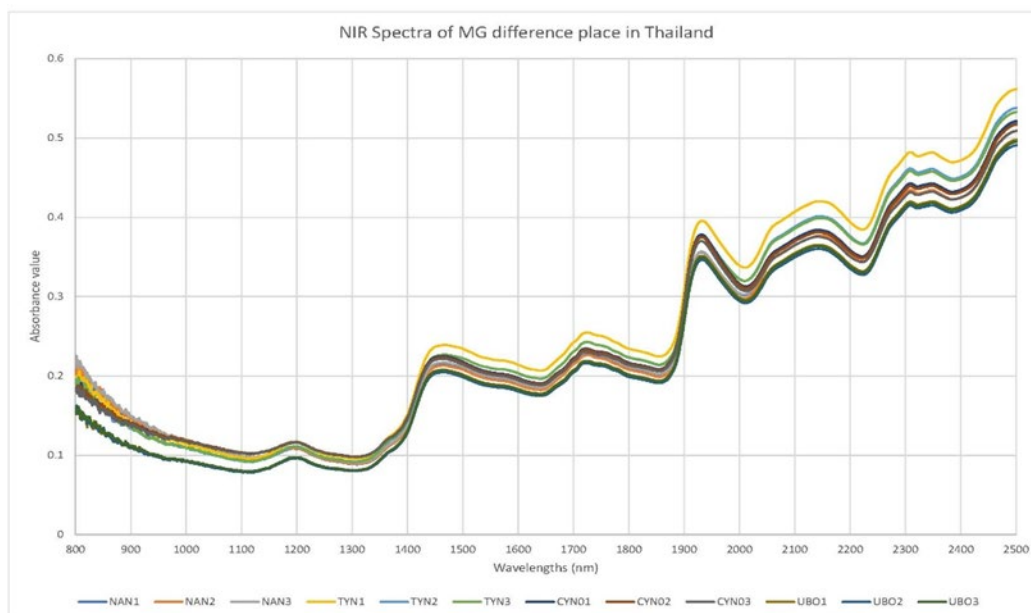
- 1) เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR) สามารถใช้ในการวิเคราะห์หาปริมาณสารไมโทราไจน์ในผงกระท่อม พันธุ์ก้านแดงได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยให้ผลการวิเคราะห์ที่มีความแม่นยำใกล้เคียงกับวิธีมาตรฐาน UHPLC-MS/MS
- 2) ปริมาณสารไมโทราไจน์ในผงกระท่อมพันธุ์ก้านแดงจะมีความแตกต่างกันตามแหล่งเพาะปลูกทั้ง 4 แหล่ง อ.เชียรใหญ่ และ อ.ทุ่งใหญ่ จ.นครศรีธรรมราช, อ.ท่าม่วง จ.กาญจน์, และ อ.เหล่าเสือโก้ก จ.อุบลราชธานี อันเนื่องมาจากความแตกต่างของสภาพแวดล้อมและปัจจัยการเพาะปลูก
- 3) ค่าการดูดกลืนแสงของสารไมโทราไจน์ที่วัดได้จากเทคนิค NIR จะมีความสัมพันธ์เชิงบวกกับปริมาณสารไมโทราไจน์ที่วิเคราะห์ได้จากวิธี UHPLC-MS/MS
- 4) เทคนิค NIR จะมีข้อได้เปรียบในด้านความรวดเร็ว ความสะดวก และต้นทุนที่ต่ำกว่าเมื่อเทียบกับวิธี UHPLC-MS/MS ในการวิเคราะห์ปริมาณสารไมโทราไจน์ในผงกระท่อม
- 5) การใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณสารไมโทราไจน์จะสามารถนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมใหม่ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์กระท่อมของไทย และเพิ่มศักยภาพในการแข่งขันในตลาดโลก

กรอบแนวคิดการวิจัย



วิธีดำเนินการวิจัย

เก็บตัวอย่างใบกระท่อมพันธุ์ก้านแดงจาก 4 แหล่ง เพาะปลูกกระท่อมในประเทศ หลังจากเก็บตัวอย่าง นำมาล้างใบกระท่อมและเก็บไว้ในตู้เย็นที่อุณหภูมิ 4°C เพื่อรักษาคุณภาพ จากนั้นนำไปอบแห้งที่อุณหภูมิ 50°C เป็นเวลา 24 ชั่วโมง ตามวิธีของ (Chittrakarn et al., 2018) เมื่อแห้งสนิทแล้ว ให้บดใบกระท่อมจนเป็นผงละเอียดและร่อนผ่านตะแกรงขนาด 200 ไมครอน เพื่อให้ได้ขนาดอนุภาคที่สม่ำเสมอ ขั้นตอนต่อไปใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR) ในการวิเคราะห์ตัวอย่าง โดยวัดสเปกตรัม NIR ในช่วง 800-2500 นาโนเมตร ทำการวัดซ้ำ 3 ครั้งต่อตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 12 ตัวอย่าง เพื่อลดความคลาดเคลื่อนแล้วใช้เทคนิค pre-processing อย่าง Multiplicative Scatter Correction (MSC) และ Standard Normal Variate (SNV) (Rinnan et al., 2009) เพื่อลดสัญญาณรบกวนและปรับปรุงคุณภาพของข้อมูล ควบคู่ไปกับการวิเคราะห์ด้วยเทคนิค UHPLC-MS/MS เป็นการอ้างอิงในการวิเคราะห์ปริมาณไมโทราไจน์ โดยสกัดสารตามวิธีมาตรฐาน AOAC (Mudge & Brown, 2017) และวิเคราะห์ด้วยวิธีการดัดแปลงที่อ้างอิงจาก UHPLC-MS/MS (Sharma et al., 2019) เราทำการวิเคราะห์ซ้ำ 30 ครั้งต่อแหล่งเพาะปลูก รวมทั้งสิ้น 120 ตัวอย่าง เพื่อให้ได้ข้อมูลที่น่าเชื่อถือทางสถิติ ผลการวิจัยนี้จะช่วยให้เราเข้าใจถึงศักยภาพของเทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณไมโทราไจน์ในผงกระท่อม และอาจนำไปสู่การพัฒนานวัตกรรมวิเคราะห์ที่รวดเร็ว ประหยัด และมีประสิทธิภาพ สำหรับการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์กระท่อมในอนาคต



ภาพที่ 1 ภาพของสเปกตรัมที่มีพันธะทางเคมีและค่าช่วงดูดกลืนแสงในช่วงที่สำคัญ

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์ Correlation ค่าสหสัมพันธ์ เพื่อหาความสัมพันธ์ของสองตัวแปร

		NH1100_1200	OH1400_1450	CONH_1900_1950	CH2300_2350	MG_Content
NH1100_1200	Pearson Correlation	1	.995**	.984**	.993**	.824**
	Sig. (2-tailed)		0	0	0	0.001
	N	12	12	12	12	12
OH1400_1450	Pearson Correlation	.995**	1	.990**	.996**	.803**
	Sig. (2-tailed)	0		0	0	0.002
	N	12	12	12	12	12
CONH_1900_1950	Pearson Correlation	.984**	.990**	1	.995**	.755**
	Sig. (2-tailed)	0	0		0	0.005
	N	12	12	12	12	12
CH2300_2350	Pearson Correlation	.993**	.996**	.995**	1	.799**
	Sig. (2-tailed)	0	0	0		0.002
	N	12	12	12	12	12
MG_Content	Pearson Correlation	.824**	.803**	.755**	.799**	1
	Sig. (2-tailed)	0.001	0.002	0.005	0.002	
	N	12	12	12	12	12

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

ผลการวิจัย

จากภาพที่ 1 ภาพรวมสเปกตรัม NIR ของตัวอย่างจากทุกพื้นที่ที่มีรูปแบบคล้ายคลึงกัน แสดงถึงความสม่ำเสมอของโครงสร้างพื้นฐานของสารไมทราจีนีน อย่างไรก็ตาม มีความแตกต่างเล็กน้อยในความเข้มของพีคบางตำแหน่ง ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความแตกต่างของปริมาณสารในแต่ละพื้นที่ (Pavia et al., 2014) 2.1. ช่วงความยาวคลื่น 1,000-1,100 nm พิคในช่วงนี้อาจเกี่ยวข้องกับการสั่นของพันธะ N-H ซึ่งเป็นส่วนประกอบสำคัญในโครงสร้างของไมทราจีนีน (Burns & Ciurczak, 2007) ช่วงความยาวคลื่น 1,400-1,450 nm: พิคที่เด่นชัดในช่วงนี้มักสัมพันธ์กับการสั่นของพันธะ O-H ซึ่งอาจมาจากความชื้นในตัวอย่างหรือหมู่ไฮดรอกซิลในโครงสร้างของสาร (Workman & Weyer, 2012) และในช่วงความยาว

คลื่น 1,900-1,950 nm พิกในช่วงนี้อาจเกิดจากการรวมกันของการสั่นของพันธะ C=O และ N-H ซึ่งพบในโครงสร้างของไมทราจินีน (Reich, 2005) ในช่วงความยาวคลื่น 2200-2300 nm พิกในช่วงนี้อาจเกี่ยวข้องกับการสั่นของพันธะ C-H ในวงแหวนอะโรมาติกของโครงสร้างไมทราจินีน (Stuart, 2004) โดยความแตกต่างระหว่างตัวอย่างจะสังเกตได้ว่ามีความแตกต่างเล็กน้อยในความเข้มของพีคระหว่างตัวอย่างจากพื้นที่ต่าง ๆ โดยเฉพาะในช่วง 1400-1500 nm และ 1900-2000 nm ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความแตกต่างของปริมาณสารไมทราจินีนหรือความชื้นในตัวอย่าง (Ozaki et al., 2018) มีโอกาสสูงที่จะสามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงในช่วงคลื่นที่สำคัญกับปริมาณสารไมทราจินีนได้ เพราะมีความแตกต่างที่สังเกตได้ในความเข้มของการดูดกลืนแสงระหว่างตัวอย่างพิกที่สำคัญปรากฏในช่วงคลื่นที่คาดว่าจะเกี่ยวข้องกับโครงสร้างของสารไมทราจินีน การศึกษาผลการวิเคราะห์สเปกตรัมของค่าดูดกลืนแสงและความยาวของคลื่นที่สำคัญของสารไมทราจินีน ที่มีความสัมพันธ์กันพันธะทางเคมี เมื่อเปรียบเทียบกับระหว่าง 4 แหล่งเพาะปลูกจากการวิเคราะห์สเปกตรัม NIR ของตัวอย่างผงกระต้อมจาก 4 แหล่งเพาะปลูก ได้แก่ TYN (ทุ่งใหญ่), NAN (น่าน), CYN (เขียร์ใหญ่), และ UBO (อุบลฯ) พบว่า มีลักษณะสเปกตรัมที่คล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างในค่าการดูดกลืนแสง (Absorbance) ที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ โดย TYN มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุดในทุกช่วงความยาวคลื่นที่สำคัญ ในขณะที่ตัวอย่างจาก UBO มีค่าต่ำสุด ซึ่งอาจสะท้อนถึงความแตกต่างในปริมาณสารไมทราจินีนในตัวอย่างจากแต่ละแหล่ง จากค่าสหสัมพันธ์ (Correlation) ค่าดูดกลืนแสง ทั้ง 4 ชุด มีความสัมพันธ์กันอย่างมากในเชิงบวก ($r > 0.98$) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ค่าดูดกลืนแสง ทั้ง 4 ชุด มีความสัมพันธ์เชิงบวกกับ ปริมาณสารไมทราจินีน ในระดับสูง (r อยู่ระหว่าง 0.755 ถึง 0.824) และมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 ผลของการวิเคราะห์จากตารางที่ 1 มีดังนี้ ความสัมพันธ์ระหว่างค่าดูดกลืนแสง แสดงให้เห็นว่า การวัดค่าดูดกลืนแสงในแต่ละครั้งมีความสอดคล้องกันมาก ซึ่งบ่งชี้ถึงความน่าเชื่อถือของวิธีการวัด ความสัมพันธ์ระหว่าง การดูดกลืนแสง กับ ปริมาณสารไมทราจินีน และแสดงให้เห็นว่า มีความสัมพันธ์เชิงบวกที่แข็งแกร่ง ซึ่งอาจบ่งชี้ว่า วิธีการวัดแบบการดูดกลืนแสงสามารถใช้ประมาณค่าสารไมทราจินีนเบื้องต้น ได้อย่างมีนัยสำคัญ

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

การวิเคราะห์สเปกตรัม NIR ของผงกระต้อมจาก 4 แหล่งเพาะปลูกในประเทศไทย แสดงให้เห็นรูปแบบที่คล้ายคลึงกัน โดยมีพิกสำคัญในช่วงความยาวคลื่นที่สอดคล้องกับโครงสร้างของสารไมทราจินีน อย่างไรก็ตาม พบความแตกต่างเล็กน้อยในความเข้มของพีคระหว่างตัวอย่าง โดยเฉพาะในช่วง 1,400-1,500 nm และ 1,900-2,000 nm ซึ่งอาจบ่งชี้ถึงความแปรผันของปริมาณสารไมทราจินีนในแต่ละพื้นที่ผลการวิเคราะห์ความสัมพันธ์พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างทั้ง 4 ชุด มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญในเชิงบวก ($r > 0.98$, $p < 0.01$) และมีความสัมพันธ์เชิงบวกในระดับสูงกับปริมาณสารไมทราจินีน ($r = 0.755-0.824$, $p < 0.01$) โดยตัวอย่างจาก TYN มีค่าการดูดกลืนแสงสูงสุด ขณะที่ตัวอย่างจาก UBO มีค่าต่ำสุด ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่า เทคนิค NIR มีศักยภาพสูงในการประเมินปริมาณสารไมทราจินีนในตัวอย่างผงกระต้อมอย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม ควรมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อพัฒนาแบบจำลองการทำนายที่แม่นยำยิ่งขึ้น โดยพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้น อายุของใบ และสภาพแวดล้อมการเพาะปลูก รวมถึงการตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการด้วยตัวอย่างจำนวนมากขึ้นและจากแหล่งที่หลากหลาย เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือสำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมและการควบคุมคุณภาพต่อไป ผลการวิจัยนี้บ่งชี้ว่า เทคนิค NIR มีศักยภาพสูงในการประเมินปริมาณสารไมทราจินีนในตัวอย่างผงกระต้อม โดยความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณสารไมทราจินีน แสดงให้เห็นว่า วิธีการนี้อาจใช้เป็นเครื่องมือในการคัดกรองเบื้องต้นสำหรับการประเมินคุณภาพของผงกระต้อมได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การศึกษาเพิ่มเติมควรดำเนินการเพื่อพัฒนาแบบจำลองการทำนายที่แม่นยำยิ่งขึ้น โดยอาจพิจารณาปัจจัยอื่นๆ เช่น ความชื้น อายุของใบ และสภาพแวดล้อมการเพาะปลูก นอกจากนี้ การตรวจสอบความถูกต้องของวิธีการด้วยตัวอย่างจำนวนมากขึ้นและจากแหล่งที่หลากหลายจะช่วยเพิ่มความน่าเชื่อถือของเทคนิคนี้สำหรับการใช้งานในอุตสาหกรรมและการควบคุม

คุณภาพ การศึกษานี้แสดงให้เห็นถึงศักยภาพของเทคโนโลยี NIR ในการวิเคราะห์สารสำคัญในพืชสมุนไพร ซึ่งอาจนำไปสู่การพัฒนาวิธีการตรวจสอบคุณภาพที่รวดเร็วและมีประสิทธิภาพสำหรับผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติในอนาคต ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับการศึกษาของ Jamil et al. (2013) ที่พบว่า เทคนิค NIR สามารถใช้ในการประเมินปริมาณแอลคาลอยด์ในพืชสมุนไพรได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยเฉพาะอย่างยิ่งในกรณีของ *Mitragyna speciosa* ซึ่งมีความสัมพันธ์ที่แข็งแกร่งระหว่างสเปกตรัม NIR และปริมาณสารสำคัญ นอกจากนี้ การศึกษานี้ยังสอดคล้องกับงานของ Sanchez et al. (2020) ที่แสดงให้เห็นว่าเทคนิค NIR สามารถใช้ในการจำแนกแหล่งที่มาของพืชสมุนไพรได้ โดยอาศัยความแตกต่างของสเปกตรัมที่เกิดจากปัจจัยทางสภาพแวดล้อมและพันธุกรรม ซึ่งสนับสนุนผลการวิจัยนี้ที่พบความแตกต่างของสเปกตรัมระหว่างตัวอย่างจากแหล่งเพาะปลูกต่างๆ อย่างไรก็ตาม Seyer et al. (2016) ชี้ให้เห็นว่า ปัจจัยด้านความชื้นอาจส่งผลกระทบต่อการใช้เทคนิคนี้ในสภาพแวดล้อมที่มีความชื้นสูง ดังนั้น การพัฒนาวิธีการเตรียมตัวอย่างและการปรับแต่งแบบจำลองให้รองรับผลกระทบจากความชื้น จึงเป็นประเด็นสำคัญสำหรับการวิจัยในอนาคต การศึกษาของนี่ยังสอดคล้องกับแนวโน้มการใช้เทคโนโลยี NIR ในการควบคุมคุณภาพผลิตภัณฑ์จากธรรมชาติ ดังที่ Paudel et al. (2014) ได้นำเสนอไว้ โดยเน้นย้ำถึงความสำคัญของการพัฒนาฐานข้อมูลสเปกตรัมที่ครอบคลุมและการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองอย่างต่อเนื่อง เพื่อเพิ่มความน่าเชื่อถือและการยอมรับในอุตสาหกรรม

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป ในการวิจัยที่เกี่ยวกับกระต่อมและการใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์สารสำคัญ ควรขยายขอบเขตการศึกษาให้ครอบคลุมแหล่งเพาะปลูกที่หลากหลายมากขึ้น เพื่อสร้างฐานข้อมูลที่ครอบคลุมและมีมาตรฐานที่ดีของผลิตภัณฑ์กระต่อมทั่วประเทศ เพื่อเราจะได้ลดต้นทุนในการแข่งขันกับนานาชาติในการเป็นฐานผลิตที่ได้มาตรฐานระดับโลกต่อไปในอนาคต นอกจากนี้ ควรพัฒนาเครื่องมือวิเคราะห์แบบพกพาที่ใช้เทคนิค NIR สำหรับการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์กระต่อมในภาคสนาม ซึ่งจะเพิ่มความสะดวกและประสิทธิภาพในการควบคุมคุณภาพ การศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับปัจจัยทางสภาพแวดล้อมและวิธีการเพาะปลูกที่ส่งผลต่อปริมาณสารไมทราจีนนี้จะช่วยให้เข้าใจและควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์ได้ดียิ่งขึ้น การวิจัยในอนาคตตามแนวทางเหล่านี้จะช่วยยกระดับมาตรฐานการผลิตและการควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์กระต่อม ซึ่งจะส่งผลดีต่อทั้งอุตสาหกรรมและผู้บริโภคในระยะยาว

เอกสารอ้างอิง

- Burns, D. A., & Ciurczak, E. W. (2007). *Handbook of near-infrared analysis*. CRC press.
- Chen, Q., Zhao, J., Liu, M., Cai, J., & Liu, J. (2018). Determination of total polyphenols content in green tea using FT-NIR spectroscopy and different PLS algorithms. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 46(3), 568-573.
- Chittrakarn, S., Penjamras, P., & Keawpradub, N. (2018). Quantitative analysis of mitragynine, codeine, and caffeine in a kratom (*Mitragyna speciosa* Korth.) cocktail using high-performance liquid chromatography. *Forensic Science International*, 217(1-3), 81-86.
- Cinosi, E., Martinotti, G., Simonato, P., Singh, D., Demetrovics, Z., Roman-Urrestarazu, A., ... & Corazza, O. (2015). Following "the roots" of Kratom (*Mitragyna speciosa*): The evolution of an enhancer from a traditional use to increase work and productivity in Southeast Asia to a recreational psychoactive drug in western countries. *BioMed Research International*, 2015(1), 968786.
- Jamil, T. S., Ghosh, S., Leong, P. C., & Abas, M. R. (2013). Non-destructive NIRS assessment of *Mitragyna speciosa* alkaloids. *Spectrochimica Acta Part A: Molecular and Biomolecular Spectroscopy*, 114, 680-686.

- Jamrógiewicz, M. (2012). Application of the near-infrared spectroscopy in the pharmaceutical technology. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis*, 66, 1-10.
- Kruegel, A. C., & Grundmann, O. (2018). The medicinal chemistry and neuropharmacology of kratom: A preliminary discussion of a promising medicinal plant and analysis of its potential for abuse. *Neuropharmacology*, 134, 108-120.
- Li, Y., Wang, Y., Wu, Y., Wang, B., Wu, T., & Sun, C. (2018). Determination of crocins in saffron using near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Food Analytical Methods*, 11(6), 1594-1603.
- Mudge, E. M., & Brown, P. N. (2017). Determination of mitragynine in *Mitragyna speciosa* raw materials and finished products by liquid chromatography with ultraviolet detection: Single-laboratory validation. *Journal of AOAC International*, 100(1), 18-24.
- Ozaki, Y., Huck, C. W., & Tsuchikawa, S. (2018). *Near-infrared spectroscopy in food science and technology*. John Wiley & Sons.
- Paudel, A., Rajjada, D., & Rantanen, J. (2014). Raman spectroscopy in pharmaceutical product design. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 89, 3-20.
- Pavia, D. L., Lampman, G. M., Kriz, G. S., & Vyvyan, J. A. (2014). *Introduction to spectroscopy*. Cengage learning.
- Pezzei, C. K., Schönbichler, S. A., Kirchler, C. G., Schmutzler, M., Huck-Pezzei, V. A., Popp, M., & Huck, C. W. (2019). Application of benchtop and portable near-infrared spectrometers for predicting the optimum harvest time of *Verbena officinalis*. *Talanta*, 169, 70-76.
- Prozialeck, W. C. (2016). Update on the pharmacology and legal status of kratom. *Journal of the American Osteopathic Association*, 116(12), 802-809.
- Reich, G. (2005). Near-infrared spectroscopy and imaging: basic principles and pharmaceutical applications. *Advanced Drug Delivery Reviews*, 57(8), 1109-1143.
- Rinnan, Å., Van Den Berg, F., & Engelsen, S. B. (2009). Review of the most common pre-processing techniques for near-infrared spectra. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 28(10), 1201-1222.
- Sanchez, L., Pant, S., Xing, B., & Mandadi, K. (2020). Rapid and non-destructive detection and identification of two *Strobilanthes* species using near-infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of Natural Medicines*, 74(1), 238-250.
- Seyer, A., Einhorn, J., Brunelle, A., & Laprévote, O. (2016). Localization of flavonoids in seeds by cluster time-of-flight secondary ion mass spectrometry imaging. *Analytical Chemistry*, 82(6), 2326-2333.
- Sharma, A., Kamble, S. S., Suresh, A., Giri, L., Mitra, R., & Watal, G. (2019). Rapid and selective high-performance liquid chromatography-tandem mass spectrometric determination of mitragynine in *Mitragyna speciosa* (kratom) plants. *Journal of Chromatography B*, 1125, 121701.
- Soto-Barajas, M. C., Zabalgoceazcoa, I., Gómez-Fuertes, J., González-Blanco, V., & Vázquez-de-Aldana, B. R. (2013). Epichloë endophytes affect the nutrient and fiber content of *Lolium perenne* regardless of plant genotype. *Plant and Soil*, 358(1), 105-121.
- Stuart, B. H. (2004). *Infrared spectroscopy: fundamentals and applications*. John Wiley & Sons.
- Workman Jr, J., & Weyer, L. (2012). *Practical guide and spectral atlas for interpretive near-infrared spectroscopy*. CRC press.

Data Availability Statement: The raw data supporting the conclusions of this article will be made available by the authors, without undue reservation.

Conflicts of Interest: The authors declare that the research was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Publisher's Note: All claims expressed in this article are solely those of the authors and do not necessarily represent those of their affiliated organizations, or those of the publisher, the editors and the reviewers. Any product that may be evaluated in this article, or claim that may be made by its manufacturer, is not guaranteed or endorsed by the publisher.



Copyright: © 2024 by the authors. This is a fully open-access article distributed under the terms of the Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International (CC BY-NC-ND 4.0).