

ผลของตำแหน่งใบและมาตรฐานการเพาะปลูกต่อ ปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชกระท่อม

Effects of Leaf Positions and Crop Production Standards on Quantity and Quality of Kratom Yields

จิรภรณ์ หนูในน้ำ¹ อิศักดี สุขดี¹ สมชาย ศรีวิริยะจันทร์² และ ทศนี ขาวเนียม^{1*}
Jiraphon Nunainam¹, Teerasak Sukdee¹, Somchai Sriwiriyan² and Tassanee Khawniam^{1*}

¹ สาขาวิชานวัตกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

¹ *Agricultural Innovation and Management Division, Faculty of Natural Resources,
Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand*

² สาขาวิทยาศาสตร์สุขภาพและวิทยาศาสตร์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตหาดใหญ่ จ. สงขลา 90110

² *Division of Health and Applied Sciences, Faculty of Science,
Prince of Songkla University, Songkhla 90110, Thailand*

*Corresponding author: Email: tassanee.kh@psu.ac.th

(Received: 6 June 2023; Accepted: 15 January 2024)

Abstract: Kratom is a medicinal plant that has been cultivated in Thailand for a long time. Cultivation under crop production standard can enhance crop quantity and quality. It is essential to pay attention from the land preparation to appropriate post-harvest management process. The purpose of this research was to study the effects of leaf positions on the quantity and quality of kratom leaf yield under organic agricultural standards (OAS) and good agricultural practices (GAP). The 2nd, 3rd, 4th, and 5th leaf positions were collected from both crop standards. The results demonstrated that the leaves from OAS gave average dry weight, leaf area, and leaf green value (a*) higher than those of the GAP. For the leaf positions, the 2nd, 3rd, and 4th positions of leaf had no difference fresh weight, dry weight, and leaf area. The comparison of 8 and 10-month-old kratom yields after transplanting under OAS and GAP standards was done. The results revealed that 8-month-old kratom of OAS gave higher average number of leaves, fresh weight, and dry weight than those of GAP. Regarding mitragynine content, the result showed no statistical difference between the two crop standards.

Keywords: Kratom, leaf positions, mitragynine, organic agriculture, good agricultural practices

บทคัดย่อ: กระเทียมเป็นพืชสมุนไพรที่มีการปลูกมาอย่างยาวนานในประเทศไทย การเพาะปลูกพืชภายใต้มาตรฐานทางการเกษตรเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิต ซึ่งจำเป็นต้องให้ความสำคัญตั้งแต่การเตรียมแปลงปลูก ตลอดจนการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวที่เหมาะสม งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตำแหน่งคูโบตต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตใบกระเทียมภายใต้การเพาะปลูกพืชตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP) โดยเก็บตัวอย่างคูโบตที่ 2, 3, 4 และ 5 จากแปลงปลูกทั้ง 2 มาตรฐานจากการศึกษา พบว่า ใบจากแปลงปลูกมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้น้ำหนักแห้งเฉลี่ย พื้นที่ใบเฉลี่ย และค่าสีเขียวใบเฉลี่ย (a^*) สูงกว่ามาตรฐาน GAP สำหรับตำแหน่งคูโบต พบว่า คูโบตที่ 2 มีปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ย และพื้นที่ใบเฉลี่ยไม่แตกต่างทางสถิติกับคูโบตที่ 3 และ 4 สำหรับการเปรียบเทียบผลผลิตใบทั้งหมดภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และมาตรฐาน GAP เมื่อพืชกระเทียมอายุ 8 และ 10 เดือน หลังย้ายปลูก พบว่า พืชกระเทียมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์อายุ 8 เดือน ให้จำนวนใบเฉลี่ย น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งเฉลี่ยสูงกว่ากระเทียมที่ปลูกตามมาตรฐาน GAP สำหรับปริมาณสารไมทราไจนีนของทั้งสองมาตรฐานไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ

คำสำคัญ: พืชกระเทียม ตำแหน่งคูโบต ไมทราไจนีน เกษตรอินทรีย์ การปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี

คำนำ

กระเทียมเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีสรรพคุณทางยา ได้รับความนิยมนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ (Kruegel and Grundmann, 2018) เนื่องจากมีสารออกฤทธิ์ที่สำคัญในกลุ่มแอลคาลอยด์ คือ ไมทราไจนีน (Farkas *et al.*, 2022) มีสรรพคุณฆ่าล้าง มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่สามารถช่วยลดอาการปวด การอักเสบ ท้องเสีย เป็นต้น (Wungsintaweekul, 2019) โดยเฉพาะมีสารสำคัญชนิดหนึ่ง คือ 7-ไฮดรอกซีไมทราไจนีน เป็นสารในกลุ่มแอลคาลอยด์ที่พบในปริมาณน้อย มีฤทธิ์การแก้ปวดรุนแรงกว่าไมทราไจนีนและมอร์ฟีน ให้ผลในการบรรเทาอาการที่ดีกว่าการใช้มอร์ฟีน ซึ่งเป็นสารที่ก่อให้เกิดอาการเสพติด (Assanangkornchai *et al.*, 2020) อย่างไรก็ตาม ในอดีตพืชกระเทียมถูกจัดอยู่ในบัญชียาเสพติดของประเทศไทย จึงไม่มีแหล่งเพาะปลูกพืชกระเทียมในเชิงพาณิชย์ หรือแปรรูปอย่างถูกต้อง ทำให้ไม่มีข้อมูลเกี่ยวกับการเพาะปลูกและมาตรฐานการผลิตในประเทศไทย การยกระดับพืชกระเทียมให้สามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางการแพทย์ และมีความสามารถแข่งขันในเชิงพาณิชย์ รวมถึงการส่งออกต่างประเทศได้นั้น ต้องมีการควบคุมการผลิตที่ดีให้เป็นไปตามมาตรฐานการเพาะปลูกระดับประเทศ และเป็นพื้นฐานในการเพาะปลูกตามแนวทางมาตรฐาน

การปฏิบัติทางการเกษตรในระดับสากลต่อไป (Zhang *et al.*, 2021) การเพาะปลูกพืชกระเทียมในประเทศไทย ไม่พบว่ามีข้อกำหนดเฉพาะของมาตรฐานการเพาะปลูกสำหรับพืชกระเทียม โดยเฉพาะข้อมูลทางวิชาการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณผลผลิตในระยะและตำแหน่งของใบที่สามารถเก็บเกี่ยวได้ ก่อนหน้านั้นเคยมีรายงานการทดสอบวิเคราะห์สารประกอบฟีนอล และโปรตีนจากใบมะเขือเทศ พบว่า ตำแหน่งใบจากด้านบนสามารถสกัดโปรตีนและสารประกอบฟีนอลได้มากที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น ๆ (Yu *et al.*, 2023) ดังนั้นการศึกษานี้จึงเป็นส่วนหนึ่งในการสร้างองค์ความรู้เกี่ยวกับการผลิตพืชกระเทียม โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของตำแหน่งคูโบตและอายุของพืชกระเทียมต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตภายใต้การเพาะปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และ GAP รวมไปถึงการเปรียบเทียบปริมาณผลผลิตรวมของพืชกระเทียมจากทั้งสองแปลงปลูกมาตรฐาน เพื่อเป็นประโยชน์แก่เกษตรกรและผู้ประกอบการผลิตพืชกระเทียมที่มีคุณภาพต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การศึกษาดำแหน่งคูใบและมาตรฐานการเพาะปลูกต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตใบพืชกระท่อม

ดำเนินการทดลองโดยสุ่มเก็บตัวอย่างใบกระท่อมอายุ 8 เดือนหลังย้ายปลูก จากแปลงปลูกที่ปฏิบัติตามมาตรฐาน GAP (ได้รับการรับรองมาตรฐาน GAP แล้ว) และเกษตรกรอินทรีย์ (อยู่ในระหว่างขอจดทะเบียน) โดยเก็บผลผลิตคูใบจากกิ่งเดียวกันในตำแหน่งคูที่ 2, 3, 4 และ 5 (นับจากคูใบบนสุดเป็นคูที่ 1) เลือกเก็บเฉพาะกิ่งที่ยังไม่แตกแขนง จากนั้นบันทึกข้อมูลลักษณะทางสรีรวิทยาของใบ โดยการชั่งน้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบ สำหรับค่าสีของใบ (ค่า L^* , a^* , b^* และ h°) ตรวจวัดโดยใช้เครื่องวัดสี (colorimeter: ยี่ห้อ KONICA Minolta รุ่น CR 400) จากนั้นนำตัวอย่างใบทุกกรรมวิธีวิเคราะห์ปริมาณไมथाราไจเนน ด้วยวิธี High performance liquid chromatography (HPLC) วางแผนการทดลองแบบสปลิตพลอต (split-plot design) โดย main-plot มี 2 ระดับ คือมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และมาตรฐาน GAP ในส่วนของ sub-plot มี 4 ระดับ คือ คูใบตำแหน่งที่ 2, 3, 4 และ 5 ดังนั้นการทดลองประกอบด้วย 8 กรรมวิธี กรรมวิธีละ 5 ซ้ำ วิเคราะห์ความแปรปรวนที่ระดับความเชื่อมั่น 99 และ 95% โดยใช้โปรแกรม R version 2.14.0 และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยโดยวิธี Duncan's multiple range test (DMRT)

2. การเปรียบเทียบผลผลิตรวมของพืชกระท่อมจากแปลงปลูกภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์และมาตรฐานการปฏิบัติทางการเกษตรที่ดี (GAP)

ดำเนินการทดลองโดยเก็บผลผลิตทั้งต้นของพืชกระท่อม (โดยเก็บตั้งแต่ตำแหน่งคูใบที่ 3 เป็นต้นไป) อายุ 8 และ 10 เดือน สุ่มเก็บผลผลิตจากแปลงปลูกพืชกระท่อม 2 รูปแบบ คือ เกษตรอินทรีย์และมาตรฐาน GAP บันทึกและเก็บข้อมูลโดยนับจำนวนใบ น้ำหนักสด และน้ำหนักแห้งของผลผลิตรวมทั้งหมด จากนั้นนำตัวอย่างใบวิเคราะห์ปริมาณไมथाราไจเนน ด้วยวิธี HPLC เปรียบเทียบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยโดยวิธี t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 99 และ 95% ระหว่าง 2 มาตรฐาน

การเพาะปลูก แต่ละมาตรฐานมี 5 ซ้ำ ซ้ำ ละ 1 ต้น โดยใช้โปรแกรม R version 2.14.0

ผลการศึกษาและวิจารณ์

1. ผลของตำแหน่งคูใบและมาตรฐานการเพาะปลูกต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตใบพืชกระท่อม

จากการศึกษา การเพาะปลูกพืชกระท่อมตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์และมาตรฐาน GAP ให้น้ำหนักแห้งและ พื้นที่ใบเฉลี่ยแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อพิจารณาตำแหน่งคูใบพบว่า คูใบที่ 2 ให้น้ำหนักสด น้ำหนักแห้ง และพื้นที่ใบเฉลี่ย 6.09 กรัม 1.87 กรัม และ 210.60 ตารางเซนติเมตรตามลำดับ ไม่แตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับคูใบที่ 3 และ 4 แต่สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่งทางสถิติ ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับคูใบที่ 5 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเพาะปลูกและตำแหน่งคูใบ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน (Table 1 และ Table 2) ซึ่งต่างจากการรายงานของ Yanpisitkun *et al.* (2019) ศึกษาสภาวะร่วมเงาและตำแหน่งคูใบที่แตกต่างกันต่อการเปลี่ยนแปลงทางสัณฐานและสรีรวิทยาของใบกาแฟโรบัสต้า พบว่า ตำแหน่งคูใบที่ 5 ของกาแฟโรบัสต้าที่ทดสอบในสภาพกลางแจ้ง มีพื้นที่ใบเฉลี่ยสูงสุด 112.34 ตารางเซนติเมตร เมื่อเทียบกับคูใบอื่นๆ ที่อยู่เหนือกว่า ทั้งนี้ อาจเนื่องมาจากชนิดและอายุของพืชแตกต่างกัน การเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของใบจึงแตกต่างกัน นอกจากนี้ การได้รับปริมาณแสงที่เพียงพอและเหมาะสมอาจส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาของใบได้เช่นเดียวกัน จึงส่งผลให้ใบตำแหน่งที่ 2 ซึ่งอยู่บนสุดและรับแสงมากที่สุดมีกิจกรรมการสังเคราะห์แสงและมีพื้นที่ใบสูงสุด เมื่อพื้นที่ใบเพิ่มขึ้นปริมาณน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งจึงเพิ่มสูงขึ้นด้วยเช่นเดียวกัน

จากการศึกษาค่าสีใบ L^* (ค่าความสว่าง), a^* (ค่าสีเขียว-แดง โดยที่ -a แสดงค่า สีเขียว และ +a แสดงค่าสีแดง), b^* (ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง โดยที่ -b แสดงค่าสีน้ำเงิน และ +b แสดงค่าสีเหลือง) และ h° (ค่ามุมของสี) ของพืชกระท่อม พบว่า ใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐาน

Table 1. Effects of leaf positions and crop production standards on leaf fresh and dry weight of kratom after transplanting for 8 months

Leaf positions (sub-plot)	Leaf fresh weight (g)		Average (Leaf positions)	Leaf dry weight (g)		Average (Leaf positions)
	Crop production standards (main plot)			Crop production standards (main plot)		
	GAP	Organic		GAP	Organic	
2	5.08 ± 1.14	7.10 ± 1.60	6.09 ± 1.68A	1.55 ± 0.29	2.20 ± 0.46	1.87 ± 0.50A
3	4.48 ± 0.45	5.73 ± 1.46	5.11 ± 1.21AB	1.44 ± 0.11	1.73 ± 0.40	1.59 ± 0.32AB
4	4.52 ± 0.68	5.52 ± 0.39	5.02 ± 0.74AB	1.50 ± 0.20	1.78 ± 0.11	1.64 ± 0.21A
5	3.66 ± 0.85	3.97 ± 0.72	3.81 ± 0.76B	1.23 ± 0.26	1.21 ± 0.28	1.22 ± 0.25B
Average (Standards)	4.44 ± 0.91	5.58 ± 1.56		1.43 ± 0.24B	1.73 ± 0.48A	
Standards (ST)	ns			**		
Leaf positions (LP)	**			**		
ST x LP	ns			ns		
C.V. (%) Standards	26.28			12.85		
C.V. (%) Leaf positions	19.65			19.86		

Mean value ± Standard deviation (n = 5), ns = not significant; ** = significant at $P \leq 0.01$

Means within the same row or column followed by different letters are significantly different using DMRT

Table 2. Effects of leaf positions and crop production standards on leaf area of kratom after transplanting for 8 months

Leaf positions (sub-plot)	Leaf area (cm ²)		Average (Leaf positions)
	Crop production standards (main plot)		
	GAP	Organic	
2	170.65 ± 29.96	250.60 ± 41.49	210.60 ± 54.22A
3	151.69 ± 14.05	204.82 ± 48.42	178.30 ± 43.75AB
4	162.30 ± 20.11	209.66 ± 27.80	186.00 ± 33.86AB
5	126.54 ± 24.20	144.69 ± 54.62	135.60 ± 40.96B
Average (Production Standards)	152.80 ± 26.99B	202.40 ± 56.13A	
Standards	**		
Leaf positions	**		
Standards * Leaf position	ns		
C.V. (%) Standards	13.84		
C.V. (%) Leaf positions	21.98		

Mean value ± Standard deviation (n = 5), ns = not significant; ** = significant at $P \leq 0.01$

Means within the same row or column followed by different letters are significantly different using DMRT.

GAP มีค่า L^* ของคูโบเฉลี่ย 35.99 ไม่แตกต่างกับมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (34.71) เมื่อพิจารณาตำแหน่งคูโบ พบว่า คูโบที่ 2 มีค่า L^* เฉลี่ย 36.25 สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับคูโบที่ 4 (34.33) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับตำแหน่งคูโบที่ 3 และ 5 (L^* เฉลี่ย 35.47 และ 35.34 ตามลำดับ) อย่างไรก็ตาม ปฏิสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเพาะปลูกและตำแหน่งคูโบ พบว่า ตำแหน่งคูโบที่ 2 จากมาตรฐาน GAP มีค่า L^* ของใบ 37.15 ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับตำแหน่งคูโบที่ 3 และ 5 (L^* 36.39) จากมาตรฐาน GAP แต่สูงกว่าค่า L^* ของทุกคูโบจากมาตรฐานเกษตรอินทรีย์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($P \leq 0.05$)

เมื่อพิจารณาค่า a^* พบว่า ใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีค่า a^* ของคูโบเฉลี่ย -11.62 สูงกว่ามาตรฐาน GAP (-14.31) อย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) เมื่อพิจารณาตำแหน่งคูโบ พบว่า ค่า a^* เฉลี่ยมีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นตามตำแหน่งคูโบ โดยคูโบที่ 4 มีค่าสีเขียวเฉลี่ย -12.34 สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับคูโบที่ 2 (-13.72) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับตำแหน่งคูโบที่ 3 และ 5 (a^* เฉลี่ย -13.01 และ -12.8 ตามลำดับ) เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเพาะปลูกและตำแหน่งคูโบ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันจากค่าความเขียวของใบเห็นได้ว่า ตำแหน่งใบที่เพิ่มขึ้นส่งผลให้ความเขียวของใบลดลง

ส่วนค่า b^* พบว่า ใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐาน GAP มีค่า b^* ของคูโบเฉลี่ย 19.34 ไม่แตกต่างกับค่า b^* ของใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (16.31) เมื่อพิจารณาตำแหน่งคูโบ พบว่า คูโบที่ 2 มีค่า b^* เฉลี่ย 19.82 สูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับคูโบที่ 4 และ 5 (16.28 และ 17.18 ตามลำดับ) แต่ไม่มีความแตกต่างทางสถิติเมื่อเทียบกับตำแหน่งคูโบที่ 3 (18.00) และพบว่าไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเพาะปลูกและตำแหน่งคูโบ

สำหรับค่ามุมของสี (h°) พบว่า การเพาะปลูกมาตรฐาน GAP ให้ h° ของคูโบเฉลี่ย 126.6

องศา ไม่แตกต่างกับค่า h° ของใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (125.6 องศา) เมื่อพิจารณาตำแหน่งคูโบ พบว่า คูโบที่ 4 มีค่า h° เฉลี่ย 127.3 องศา สูงกว่าคูโบที่ 2 (124.8 องศา) อย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) แต่ไม่แตกต่างกับคูโบที่ 3 และ 5 อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเพาะปลูกและตำแหน่งคูโบ พบว่า ไม่มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกันสภาพแปลงปลูกกับตำแหน่งใบที่ส่งผลต่อค่าสีของใบ (Table 3) ซึ่งตำแหน่งคูโบที่ 2 ซึ่งมีอายุใบต่ำสุดมีค่าความสว่าง (L^*) และค่าสีเหลือง (b^* มีค่าเป็นบวก) สูงที่สุด และค่าความเขียว (a^* มีค่าเป็นลบต่ำสุด) สอดคล้องกับการรายงานของ Yin *et al.* (2022) ที่รายงานว่าใบที่มีค่าสีเขียวต่ำสุดจะมีปริมาณสารคลอโรฟิลล์ a และ b สูงด้วย รวมไปถึงมีอัตราการสังเคราะห์แสง และอัตราการเปิดปิดของปากใบสูงด้วยเช่นกัน และนอกจากนี้ เห็นได้ว่า มาตรฐานในการเพาะปลูกพืชกระท่อมไม่ส่งผลต่อค่าความสว่าง ค่าสีน้ำเงิน-เหลือง และค่ามุมสี

จากการศึกษา พบว่า ใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ให้ปริมาณสารไมทราไจนีนเฉลี่ย 1.65% ซึ่งไม่แตกต่างกับมาตรฐาน GAP (1.41%) เมื่อพิจารณาความแตกต่างของตำแหน่งคูโบ พบว่า ใบกระท่อมตรงตำแหน่งคูโบที่ 2 มีปริมาณสารไมทราไจนีน 1.72% ไม่แตกต่างกับตำแหน่งคูโบที่ 4, 3 และ 5 ซึ่งมีปริมาณสารไมทราไจนีน 1.53, 1.51 และ 1.37% ตามลำดับ เมื่อพิจารณาปฏิสัมพันธ์ระหว่างมาตรฐานการเพาะปลูกและตำแหน่งคูโบ พบว่า มีปฏิสัมพันธ์ระหว่างกัน โดยใบกระท่อมจากตำแหน่งคูโบที่ 3 จากการเพาะปลูกภายใต้มาตรฐานเกษตรอินทรีย์ ให้ปริมาณสารไมทราไจนีนสูงที่สุด 1.86% แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อเปรียบเทียบกับคูโบที่ 5 จากการปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ (1.14%) และคูโบที่ 3 จากการเพาะปลูกภายใต้มาตรฐาน GAP (1.15%) (Table 4) ซึ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Wu *et al.* (2022) ศึกษาผลของตำแหน่งใบและสายพันธุ์ของราสปีเบอร์รี่ต่อปริมาณการสะสมสาร total phenolic content (TPC) พบว่า ตำแหน่งใบบนให้ปริมาณสาร TPC ที่ 121.85 มิลลิกรัมต่อกรัม

Table 3. Effects of leaf positions and crop production standards on leaf color of kratom after transplanting for 8 months

Leaf positions (sub plot)	Leaf color $\pm$ SD					
	Crop production standards (main plot)					
	L*		Average (Leaf positions)	a*		Average (Leaf positions)
	GAP	Organic		GAP	Organic	
2	37.15 $\pm$ 1.58a	35.37 $\pm$ 3.66bc	36.26 $\pm$ 2.82A	-15.56 $\pm$ 1.16	-11.89 $\pm$ 2.59	-13.72 $\pm$ 2.70B
3	36.39 $\pm$ 1.70ab	34.55 $\pm$ 2.19c	35.47 $\pm$ 2.09AB	-14.3 $\pm$ 1.31	-11.71 $\pm$ 1.74	-13.01 $\pm$ 1.99AB
4	34.02 $\pm$ 1.42c	34.64 $\pm$ 2.60c	34.33 $\pm$ 2.00B	-13.15 $\pm$ 0.87	-11.53 $\pm$ 1.60	-12.34 $\pm$ 1.49A
5	36.39 $\pm$ 1.70ab	34.29 $\pm$ 3.02c	35.34 $\pm$ 2.71AB	-14.25 $\pm$ 1.11	-11.35 $\pm$ 1.99	-12.8 $\pm$ 2.15AB
Average (Production Standards)	35.99 $\pm$ 1.90	34.71 $\pm$ 2.71		-14.31 $\pm$ 1.35B	-11.62 $\pm$ 1.86A	
Standards (ST)		ns			*	
Leaf positions (LP)		**			**	
ST x LP		*			ns	
C.V. (%) Standards		12.31			15.72	
C.V. (%) Leaf positions		3.11			6.23	

Leaf positions (sub plot)	Leaf color $\pm$ SD					
	Crop production standards (main plot)					
	b*		Average (Leaf positions)	h°		Average (Leaf positions)
	GAP	Organic		GAP	Organic	
2	22.07 $\pm$ 2.93	17.57 $\pm$ 4.74	19.82 $\pm$ 4.41A	125.25 $\pm$ 2.45	124.37 $\pm$ 1.86	124.8 $\pm$ 2.10B
3	19.92 $\pm$ 3.19	16.10 $\pm$ 2.89	18.00 $\pm$ 3.50AB	125.89 $\pm$ 2.01	126.19 $\pm$ 1.56	126 $\pm$ 1.56AB
4	16.7 $\pm$ 1.84	15.87 $\pm$ 3.08	16.28 $\pm$ 2.43B	128.34 $\pm$ 1.95	126.26 $\pm$ 1.85	127.3 $\pm$ 2.10A
5	18.68 $\pm$ 3.01	15.69 $\pm$ 3.87	17.18 $\pm$ 3.63B	126.94 $\pm$ 2.19	125.43 $\pm$ 1.01	126.2 $\pm$ 1.79AB
Average (Production Standards)	19.34 $\pm$ 3.25	16.31 $\pm$ 3.49		126.6 $\pm$ 2.32	125.6 $\pm$ 1.60	
Standards (ST)		ns			ns	
Leaf positions (LP)		**			**	
ST x LP		ns			ns	
C.V. (%) Standards		26.81			2.24	
C.V. (%) Leaf positions		9.81			0.92	

Mean value $\pm$ Standard deviation (n=5)ns = not significant; * = significant at $P \leq 0.05$; ** = significant at $P \leq 0.01$

Means within the same row or column followed by different capital letters are significantly different using DMRT.

Means within the same row and column under each category followed by different lowercase letters are significantly different using DMRT.

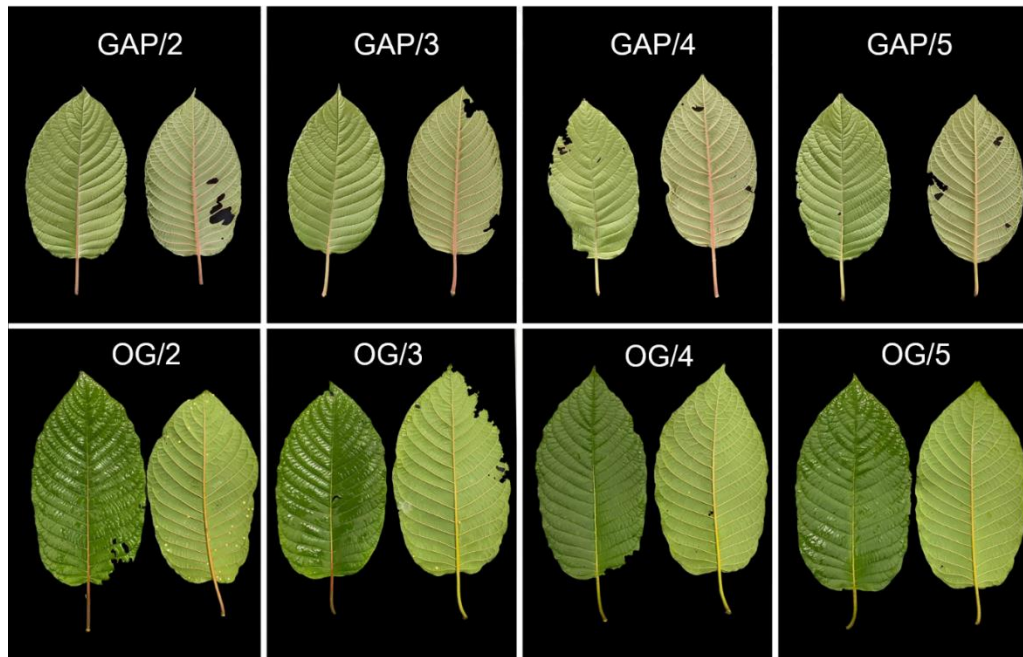


Figure 1. Characteristics of kratom leaves from different crop production standards (ST) and leaf positions (LP) after transplanting for 8 months. OAS; organic agricultural standards, GAP; good agricultural practices

Table 4. Effects of leaf positions and crop production standards on mitragynine of kratom after transplanting for 8 months

Leaf positions (sub-plot)	Mitragynine (%) ± SD		Average (Leaf positions)
	Crop production standards (main plot)		
	GAP	Organic	
2	1.62 ± 0.77ab	1.81 ± 0.72ab	1.72 ± 0.71
3	1.15 ± 0.33b	1.86 ± 0.59a	1.51 ± 0.59
4	1.27 ± 0.49ab	1.80 ± 0.77ab	1.53 ± 0.68
5	1.61 ± 0.42ab	1.14 ± 0.41b	1.37 ± 0.46
Average (Production Standards)	1.41 ± 0.53	1.65 ± 0.66	
Standards (ST)	ns		
Leaf positions (LP)	ns		
ST x LP	*		
C.V. (%) Standards	73.08		
C.V. (%) Leaf positions	30.45		

Mean value $\pm$ Standard deviation (n=5)

ns = not significant; * = significant at $P \leq 0.05$

Means within the same column and row followed by different letters are significantly different using DMRT.

สูงกว่าในใบตำแหน่งที่ 4 ซึ่งเป็นใบล่าง ที่ให้ค่า TPC 98.00 มิลลิกรัมต่อกรัม และยิ่งสอดคล้องกับการรายงานของ Yu *et al.* (2023) ที่ศึกษาผลของตำแหน่งใบต่อการสะสมโปรตีนและสารประกอบฟีนอลของใบมะเขือเทศ (*Solanum lycopersicum*) พบว่า ตำแหน่งใบบนสะสมโปรตีนและสารประกอบฟีนอลมากที่สุดเมื่อเทียบกับตำแหน่งอื่น ๆ เนื่องจากตำแหน่งใบบนได้รับแสงเพียงพอต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง จึงทำให้มีการสะสมน้ำตาลได้มากกว่าตำแหน่งใบล่าง และยังมีการรายงานของ Blum-Silva *et al.* (2015) ศึกษาอิทธิพลของอายุใบที่ส่งผลต่อสารเมทิลแซนทีน ปริมาณฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของสารสกัดจากชาบราซิล รายงานว่าอายุใบมีอิทธิพลต่อคาเฟอีน ทีโอโบรมีน และปริมาณเมทิลแซนทีน ซึ่งมีแนวโน้มการสร้างสารที่ลดลงเมื่อใบมีอายุมากขึ้น และพบปริมาณที่สูงขึ้นในใบที่แตกใบใหม่ Hartmann (1996) กล่าวว่า เนื้อเยื่อที่มีอายุใบอ่อนมีอัตราการสังเคราะห์ทางชีวภาพของ metabolites สูงกว่าใบแก่โดยการเจริญเติบโตของใบอ่อนมีส่วนต่อการสะสมสารสำคัญในใบแก่และใบอ่อนจากการศึกษา เห็นได้ว่า เมื่อใบมีอายุมากขึ้นส่งผลให้มีแนวโน้มของปริมาณสารไมโทราไจนินที่ลดลง และในส่วนของมาตรฐานการปลูกพืช ไม่ส่งผลกระทบต่อปริมาณสารไมโทราไจนินของใบกระท่อม เมื่อศึกษาในอายุใบที่ 8 เดือน

2. ผลของมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และ GAP ต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชกระท่อม

จากการศึกษา พืชกระท่อมอายุ 8 เดือนหลังจากย้ายปลูก พบว่า พืชกระท่อมที่เพาะปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้จำนวนใบเก็บเกี่ยว 129.80 ใบ สูงกว่ามาตรฐาน GAP (63.60 ใบ) แตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง ($P \leq 0.01$) เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของผลผลิตกระท่อม พบว่า ผลผลิตจากมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีน้ำหนักสด 423.00 กรัม และน้ำหนักแห้ง 103.17 กรัม สูงกว่าผลผลิตจากมาตรฐาน GAP ที่ให้น้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง 149.00 กรัม และ 47.45 กรัม ตามลำดับ ซึ่งแตกต่างทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญยิ่ง แต่เมื่อพิจารณาในส่วนของคุณภาพสารไมโทราไจนิน พบว่า ผลผลิตใบกระท่อมจากการเพาะปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีปริมาณสารไมโทราไจนิน

1.29% ซึ่งไม่แตกต่างกับปริมาณสารไมโทราไจนินในผลผลิตใบกระท่อมจากการเพาะปลูกตามมาตรฐาน GAP (1.28%) เมื่อพืชกระท่อมอายุ 10 เดือน พบว่า กระท่อมจากการปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์มีจำนวนใบ 221.30 ใบ ไม่แตกต่างกับกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐาน GAP (183.40 ใบ) เมื่อพิจารณาน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้งของพืชกระท่อม พบว่า ใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีน้ำหนักสด 730.00 กรัม และน้ำหนักแห้ง 179.24 กรัม ไม่แตกต่างกับใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐาน GAP ที่มีน้ำหนักสดและน้ำหนักแห้ง 509.00 กรัม และ 154.90 กรัม ตามลำดับ และเมื่อพิจารณาในส่วนของคุณภาพสารไมโทราไจนิน พบว่า ใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐาน GAP มีปริมาณสารไมโทราไจนิน 2.39% ไม่แตกต่างกับใบกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ที่มีปริมาณสารไมโทราไจนิน 1.42% (Table 5) เห็นได้ว่าการนำมาตรฐานการเพาะปลูกพืชมาใช้ในการจัดการและดูแลแปลงระหว่างเกษตรอินทรีย์ และ GAP ไม่ทำให้ปริมาณผลผลิตและปริมาณสารไมโทราไจนินแตกต่างกัน สอดคล้องกับการรายงานของ Roose *et al.* (2009) ซึ่งศึกษาผลของระบบการเพาะปลูกข้าวสาลีแบบเกษตรอินทรีย์ในสภาพควบคุมและเกษตรทั่วไป โดยพบว่า ระบบการเพาะปลูกส่งผลต่อปริมาณ lutein and zeaxanthin น้อยมาก สำหรับพืชกระท่อม พบเฉพาะการรายงานของ Leksungnoen *et al.* (2020) ที่ศึกษาปัจจัยที่ส่งผลต่อปริมาณสารไมโทราไจนินในพืชกระท่อมที่ขึ้นในสภาพธรรมชาติ โดยพบว่า อิทธิพลของสภาพแวดล้อม เช่น ความเข้มแสง ความชื้นสัมพัทธ์ ค่าความเป็นกรด-ด่างของดิน ส่งผลต่อปริมาณสารไมโทราไจนินแตกต่างกัน ซึ่งในการศึกษานี้เปรียบเทียบเฉพาะมาตรฐานการเพาะปลูกที่ส่งผลต่อปริมาณและคุณภาพของผลผลิตพืชกระท่อม โดยเห็นได้ว่าการปลูกพืชตามมาตรฐานการเพาะปลูกทั้งสองชนิดให้คุณภาพและปริมาณผลผลิตที่ไม่แตกต่างกัน ทั้งนี้ หากในอนาคตมีการศึกษาปัจจัยอื่นร่วมด้วย เช่น สภาพแวดล้อม การจัดการน้ำและธาตุอาหาร การเติมสารกระตุ้นบางชนิดเพื่อเพิ่มปริมาณสารไมโทราไจนิน รวมไปถึงการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวของพืช จะเป็นข้อมูลและองค์ความรู้ด้านต้นน้ำที่เป็นประโยชน์ต่อการผลิตพืชกระท่อมในภาพรวมของประเทศไทย

Table 5. Comparison of kratom yield and mitragynine content under two crop production standards after transplanting for 8 and 10 months

Crop production standards	Number of leaves		Fresh weight (g)		Dry weight (g)		Mitragynine (%)	
	8 months	10 months	8 months	10 months	8 months	10 months	8 months	10 months
GAP	63.60 ± 12.92b	183.40 ± 14.75	149.00 ± 24.26b	509.00 ± 44.84	47.45 ± 7.58b	154.90 ± 12.86	1.28 ± 0.14	2.39 ± 0.56
Organic	129.80 ± 13.18a	221.30 ± 39.22	423.00 ± 27.05a	730.00 ± 141.17	103.17 ± 5.78a	179.24 ± 27.21	1.29 ± 0.06	1.42 ± 0.19
T-test	**	ns	**	ns	**	ns	ns	ns

Mean value ± Standard error (n = 5)

ns = not significant

** = significant at $P \leq 0.01$

Means within the same column followed by different letters are significantly different using DMRT.

สรุป

พืชกระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ มีปริมาณน้ำหนักราก น้ำหนักแห้ง พื้นที่ใบเฉลี่ย ค่าสีเขียวใบ (a^*) และปริมาณสารไมทราไจนีนสูงกว่ากระท่อมที่ปลูกตามมาตรฐาน GAP เมื่อพิจารณาส่วนของตำแหน่งคูใบของพืชกระท่อม พบว่าใบกระท่อมตรงตำแหน่งคูใบที่ 2 มีปริมาณน้ำหนักรากเฉลี่ย น้ำหนักแห้งเฉลี่ย พื้นที่ใบเฉลี่ย และปริมาณสารไมทราไจนีนเฉลี่ยสูงสุด และในส่วนของค่าความสว่างและค่าสีเหลือง พบว่า ใบกระท่อมตรงตำแหน่งคูใบที่ 2 มีค่าความสว่างและค่าสีเหลืองสูงสุด สำหรับผลผลิตรวมของพืชกระท่อม พบว่า ผลผลิตใบกระท่อมอายุ 8 เดือน ที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ให้ผลผลิตทั้งในส่วนของการจำวนใบ น้ำหนักราก และน้ำหนักแห้งสูงกว่าการปลูกในระบบ GAP อย่างไรก็ตาม ใบพืชกระท่อมอายุ 8 และ 10 เดือน ที่ปลูกตามมาตรฐานเกษตรอินทรีย์ และ GAP มีปริมาณสารไมทราไจนีนไม่แตกต่างกัน

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดีต้องขอขอบพระคุณสาขาวิชาวนวัฒนกรรมเกษตรและการจัดการ คณะทรัพยากรธรรมชาติ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้การสนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่สำหรับการทำวิจัย ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณสารสำคัญ และการใช้อุปกรณ์ต่าง ๆ ขอขอบคุณวิสาหกิจชุมชน 9 ไร่ (เกษตรอินทรีย์) ที่ให้การสนับสนุนสถานที่ทำวิจัย นอกจากนี้ งานวิจัยได้รับงบประมาณสนับสนุนจากสำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (สกสว.) โดยหน่วยบริหารและจัดการทุนด้านการเพิ่มความสามารถในการแข่งขันของประเทศ (บพข.) ร่วมกับ บริษัท อินเทอร์เน็ตฟาร์ม จำกัด (มหาชน) และมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์

เอกสารอ้างอิง

- Assanangkornchai, S., A. Siri Wong Na Ayuthaya, P. Limstit, N. Keawpradub, S. Chittrakarn, J. Wungsintaweekul, E. Kumarnsit, S. Sriwiriyan, D. Cheaha, W. Poomchuen and D. Saingam. 2020. Summary of Kratom. 2nd ed. Leo Design and Print, Songkhla. 156 p. (in Thai)
- Blum-Silva, C.H., V.C. Chaves, E.P. Schenkel, G.C. Coelho and F.H. Reginatto. 2015. The influence of leaf age on methylxanthines, total phenolic content, and free radical scavenging capacity of *Ilex paraguariensis* aqueous extracts. *Revista Brasileira de Farmacognosia* 25: 1 - 6.
- Farkas, D.J., J.D. Foss, S.J. Ward and S.M. Rawls. 2022. Kratom alkaloid mitragynine: Inhibition of chemotherapy-induced peripheral neuropathy in mice is dependent on sex and active adrenergic and opioid receptors. *IBRO Neuroscience Reports* 13: 198 - 206.
- Hartmann, T. 1996. Diversity and variability of plant secondary metabolism: A mechanistic view. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 80(1): 177 - 188.
- Kruegel, A.C. and O. Grundmann. 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(Part A): 108 - 120.
- Leksungnoen, N, T. Andriyas, C. Ngernsaengsaruy, S. Uthairatsamee, P. Racharak, W. Sonjaroon, R. Kjellgren, B.J. Pearson, C.R. McCurdy and A. Sharma. 2022. Variations in mitragynine

- content in the naturally growing Kratom (*Mitragyna speciosa*) population of Thailand. *Frontiers in Plant Science* 13: 1028547. doi: 10.3389/fpls.2022.1028547.
- Roose, M., J. Kahl and A. Ploeger. 2009. Influence of the farming system on the xanthophyll content of soft and hard wheat. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 57(1): 182 - 188, doi: 10.1021/jf801407v.
- Wu, L., J. Yang, C. Wang, N. Li, Y. Liu, A. Duan and T. Wang. 2022. Chemical compositions of raspberry leaves influenced by growth season, cultivars and leaf position. *Scientia Horticulturae* 304:111349, doi: 10.1016/j.scienta.2022.111349.
- Wungsintaweekul, J. 2019. Kratom in Thai traditional medicine and its medical use. *Office of the Narcotics Control Board Journal* 35(3): 19 - 22. (in Thai)
- Yanpisitkun, N., R. Chiarawipa and S. Pechkeo. 2019. Changes in morpho-physiological characteristics related to shade conditions and leaf node positions in Robusta coffee leaves. *Thai Science and Technology Journal* 27(6): 1054 - 1065. (in Thai)
- Yin, G., Y. Wang, Y. Xiao, J. Yang, R. Wang, Y. Jiang, R. Huang, X. Liu and Y. Jiang. 2022. Relationships between leaf color changes, pigment levels, enzyme activity, photosynthetic fluorescence characteristics and chloroplast ultrastructure of *Liquidambar formosana* Hance. *Journal of Forestry Research* 33: 1559 - 1572, doi: <https://doi.org/10.1007/s11676-021-01441-6>.
- Yu, Y., M. Kleuter, S.T. Dinani, L.M. Trindade and A.J. van der Goot. 2023. The role of plant age and leaf position on protein extraction and phenolic compounds removal from tomato (*Solanum lycopersicum*) leaves using food-grade solvents. *Food Chemistry* 406:135072, doi: 10.1016/j.foodchem.2022.135072.
- Zhang, R., M.X. Zhang, Y. Chen, C.C. Wang, C.H. Zhang, H. Heuberger, H.T. Li and M.H. Li. 2021. Future development of good agricultural practice in China under globalization of traditional herbal medicine trade. *Chinese Herbal Medicines* 13(4): 472 - 479.
-