

**Research Article**

**Anatomical Characteristics of the Leaf Blade of Medicinal Plants in the Family Menispermaceae in Roi Et Province**

**Sutarat Khonkayan\*, Charanya Kulya and Komsil Pholdaeng**

*Department of Science and Technology, Faculty of Liberal Arts and Science,  
Roi Et Rajabhat University*

(\*Corresponding author's e-mail: [sutarat25@gmail.com](mailto:sutarat25@gmail.com))

Received: 26 February, 2026; Revised: 1 April, 2026; Accepted: 9 April, 2026

**Abstract**

This study investigated the leaf anatomical characteristics of 9 medicinal plant species belonging to 6 genera within the family Menispermaceae in Roi Et Province. The objectives were to describe their anatomical features, construct a taxonomic key for species identification, and establish a regional database. Leaf samples were prepared using epidermal peeling and clearing methods and examined under a light microscope. The results revealed key diagnostic characters for species identification, including: 1) epidermal cell shapes (polygonal, irregular, and jigsaw-like); 2) stomatal types (anomocytic, pentacytic, and tetracytic); 3) trichome types (unicellular, clavate unicellular, and glandular); 4) cuticle ornamentations (smooth, papillose, and striated); and 5) types of cell inclusions (prismatic, raphide, and druse crystals, oil cells, and red-staining substances). Quantitative analysis showed that the stomatal index ranged from 11.02 to 26.33%, while the guard cell length ranged from 21.7 to 32.1  $\mu\text{m}$ . These values exhibited clear interspecific variation and can be used as statistically significant supporting characters for species identification. These anatomical characteristics reflect interspecific variability and enable the construction of an effective identification key that can clearly distinguish all 9 species. The findings provide important diagnostic characters for the classification and identification of plants in the family Menispermaceae.

**Keywords:** Leaf epidermis; Medicinal plants; Menispermaceae; Roi Et Province

**บทคัดย่อ**

ศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชสมุนไพรวงศ์บอร์ระเพ็ด (Menispermaceae) ในจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 6 สกุล 9 ชนิด มีวัตถุประสงค์เพื่อบรรยายลักษณะกายวิภาคศาสตร์ จัดทำรูปวิธานสำหรับระบุชนิดและเป็นฐานข้อมูลของพืชวงศ์บอร์ระเพ็ดในพื้นที่ โดยเตรียมสไลด์ตัวอย่างด้วยวิธีลอกผิว (Peeling method) และวิธีทำให้แผ่นใบใส (Clearing method) ศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง ผลการศึกษาพบว่าลักษณะสำคัญที่สามารถนำมาใช้ระบุชนิดพืช ได้แก่ 1) รูปร่างของเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิวเป็นแบบหลายเหลี่ยม รูปร่างไม่แน่นอน และรูปร่างคล้ายจิกซอว์ 2) ชนิดของปากใบเป็นแบบอะโนโมไซติก เพนตาไซติก และเทตราไซติก 3) ชนิดของขนเป็นแบบขนเซลล์เดี่ยว ขนเซลล์เดี่ยวคล้ายกระบอก และขนแบบต่อม 4) ลักษณะของผิวเคลือบคิวทินแบบเรียบ เป็นปุ่มและเป็นริ้วเรียงแบบขนาน 5) รูปแบบของสารสะสมเป็นผลึกรูปปริซึม ผลึกรูปเข็ม ผลึกรูปดาว เม็ดน้ำมัน และสารสะสมติดสีแดงเข้ม ข้อมูลเชิงปริมาณจากการศึกษาพบว่า ดัชนีปากใบมีช่วงค่าระหว่าง 11.02–26.33% และความยาวของเซลล์คุมอยู่ในช่วง 21.7–32.1  $\mu\text{m}$  ซึ่งเป็นค่าที่มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างชนิด และสามารถใช้สนับสนุนการจำแนกชนิดพืชได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ลักษณะเหล่านี้

สะท้อนถึงความผันแปรทางกายวิภาคศาสตร์ระหว่างชนิด สามารถสร้างรูปวิธานที่มีประสิทธิภาพในการจำแนกพืชทั้ง 9 ชนิด ออกจากกันได้อย่างชัดเจน และข้อมูลที่ได้สามารถใช้เป็นลักษณะสำคัญในการจำแนกและระบุชนิดของพืชในวงศ์บอร์เพ็ดได้

**คำสำคัญ:** เนื้อเยื่อชั้นผิวใบ; พืชสมุนไพร; วงศ์บอร์เพ็ด; จังหวัดร้อยเอ็ด

## บทนำ

กายวิภาคศาสตร์ของพืชเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่มีความเสถียรและสามารถสะท้อนเอกลักษณ์ในระดับชนิดได้อย่างแม่นยำ จึงถูกนำมาใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการจำแนกชนิดพืช โดยเฉพาะในกรณีที่มีลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกถูกเปลี่ยนแปลงหรือสูญเสียไปจากกระบวนการแปรรูป เช่น การทำเป็นผงหรือสารสกัด (Metcalf & Chalk, 1979; Moore et al., 1991) ด้วยเหตุนี้ องค์การอนามัยโลกจึงกำหนดให้ข้อมูลทางกายวิภาคเป็นหนึ่งในเกณฑ์มาตรฐานสำหรับการตรวจสอบอัตลักษณ์และควบคุมคุณภาพวัตถุดิบสมุนไพร (World Health Organization, 2011) พืชในวงศ์บอร์เพ็ด (Menispermaceae) เป็นกลุ่มพืชที่มีความสำคัญทั้งในด้านนิเวศวิทยาและเศรษฐกิจ โดยเฉพาะในเขตร้อน สำหรับประเทศไทยพบการกระจายพันธุ์มากกว่า 30 ชนิด (Forman, 1988) และหลายชนิดถูกนำมาใช้เป็นสมุนไพรพื้นบ้านอย่างแพร่หลาย เช่น บอร์เพ็ด (*Tinospora crispa*) ย่านาง (*Tiliacora triandra*) และบัวบกโขด (*Stephania pierrei*) (Chaophraya Abhaibhubejhr Hospital, 2015) งานวิจัยในปัจจุบันยังสนับสนุนศักยภาพทางเภสัชวิทยาของพืชกลุ่มนี้ โดยเฉพาะสารอัลคาลอยด์ที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพ อย่างไรก็ตาม พืชในวงศ์นี้หลายชนิดมีลักษณะภายนอกที่คล้ายคลึงกัน ส่งผลให้การจำแนกชนิดโดยอาศัยสัณฐานวิทยาเพียงอย่างเดียวอาจเกิดความคลาดเคลื่อน และนำไปสู่ปัญหาการปลอมปนของวัตถุดิบสมุนไพร ซึ่งส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของผู้บริโภค (Ichim, M. C., 2019) แม้ว่าลักษณะทางกายวิภาคของแผ่นใบ เช่น เซลล์ผิวใบปากใบ และขนพืช จะมีศักยภาพสูงในการใช้จำแนกชนิดพืช แต่ข้อมูลในกลุ่มพืชวงศ์บอร์เพ็ดยังคงมีจำกัด โดยเฉพาะในบริบทของประเทศไทย (Wilkinson, 1979; Evert, 2006)

ภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย โดยเฉพาะจังหวัดร้อยเอ็ด เป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูง และมีการใช้ประโยชน์จากพืชสมุนไพรอย่างต่อเนื่องในระดับชุมชน ความรู้เกี่ยวกับการใช้พืชสมุนไพรดังกล่าวถ่ายทอดผ่านประสบการณ์และการปฏิบัติจริง ซึ่งสะท้อนถึงความสัมพันธ์ระหว่างทรัพยากรชีวภาพกับวิถีชีวิตของคนในพื้นที่ (Cotton, 1996; Cunningham, 2001) อย่างไรก็ตาม การใช้ประโยชน์ดังกล่าวยังคงอาศัยการจำแนกชนิดจากลักษณะภายนอกเป็นหลัก ซึ่งมีข้อจำกัดในกรณีที่พืชมีลักษณะคล้ายคลึงกัน ส่งผลให้เกิดความเสี่ยงต่อการใช้วัตถุดิบที่ไม่ถูกต้อง ดังนั้น การพัฒนาข้อมูลทางกายวิภาคศาสตร์เพื่อใช้เป็นเกณฑ์จำแนกชนิดจึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง นอกจากบทบาททางอนุกรมวิธานแล้ว ลักษณะทางกายวิภาคของแผ่นใบยังมีความสำคัญในด้านเภสัชพฤกษศาสตร์ ซึ่งมุ่งเน้นการตรวจสอบอัตลักษณ์และคุณภาพของวัตถุดิบสมุนไพรในระดับจุลภาค ลักษณะเฉพาะ เช่น รูปแบบของปากใบ ชนิดของขนพืช และสารสะสมภายในเซลล์ เช่น ผลึกแคลเซียมออกซาเลตและหยดน้ำมัน สามารถใช้เป็นลักษณะบ่งชี้ทางจุลกายวิภาคที่ช่วยยืนยันชนิดพืชได้อย่างแม่นยำ แม้ในกรณีที่วัตถุดิบถูกแปรรูปแล้ว นอกจากนี้ ข้อมูลดังกล่าวยังมีบทบาทสำคัญในการยกระดับมาตรฐานการควบคุมคุณภาพสมุนไพรในระดับอุตสาหกรรม และสนับสนุนความปลอดภัยของผู้บริโภคในระยะยาว

ดังนั้น การศึกษาวิจัยครั้งนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของแผ่นใบในพืชสมุนไพรวงศ์บอร์เพ็ดในเขตพื้นที่จังหวัดร้อยเอ็ด วิเคราะห์ความแปรผันของลักษณะดังกล่าวในระดับชนิด และประเมินศักยภาพของลักษณะทางกายวิภาคในการใช้เป็นเกณฑ์จำแนกชนิดพืช พร้อมทั้งจัดทำรูปวิธานสำหรับการระบุชนิด ผลการศึกษาที่ได้จะช่วยเสริมสร้างความถูกต้องทางอนุกรมวิธาน สนับสนุนการตรวจสอบอัตลักษณ์ของวัตถุดิบสมุนไพร และเป็นฐานข้อมูลสำคัญสำหรับการใช้ประโยชน์ทรัพยากรพืชอย่างยั่งยืนในอนาคต

## วิธีดำเนินการวิจัย

### การเก็บตัวอย่างและระบุชื่อวิทยาศาสตร์

ศึกษาเอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและรวบรวมข้อมูลพืชสมุนไพรวงศ์บอร์เพ็ดที่พบในจังหวัดร้อยเอ็ด ออกสำรวจและเก็บตัวอย่างพืชในภาคสนาม จำนวน 6 สกุล 9 ชนิด (Table 1) ถ่ายภาพ บันทึกข้อมูล แบ่งตัวอย่างที่เก็บได้เป็นสองส่วน โดยส่วนแรกนำไปจัดทำเป็นตัวอย่างพรรณไม้แห้งอ้างอิง โดยตัวอย่างอ้างอิงเก็บรักษาไว้ที่สาขาวิชาชีววิทยา คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ตรวจสอบชื่อวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องของพรรณพืชโดยใช้หนังสือพรรณพฤกษชาติแห่งประเทศไทย (Flora of Thailand) และหนังสือพรรณไม้ของภูมิภาคใกล้เคียง เช่น Flora of Cambodia, Laos and

Vietnam และ Flora of China และส่วนที่สื่อนำมาต้องรักษาสภาพเซลล์ในสารละลายเอทานอล ความเข้มข้น 70% เพื่อใช้ศึกษากายวิภาคศาสตร์ผิวใบ โดยเลือกใบที่นำมาใช้เป็นใบที่เจริญเต็มที่ มีตำแหน่งที่นับจากปลายยอดลงมาช่วงข้อที่ 5-8 ตัดตำแหน่งอยู่บริเวณกลางแผ่นใบด้านซ้ายหรือขวาของเส้นกลางใบ จำนวน 5 ใบต่อชนิด

#### การเตรียมตัวอย่างทางกายวิภาคศาสตร์

ศึกษาลักษณะเนื้อเยื่อผิวใบโดยใช้วิธีลอกผิวใบร่วมกับการทำให้ใส ตามระเบียบวิธีของ Thammathawon (1995) โดยนำตัวอย่างใบที่ไม่อ่อนและแก่จนเกินไปที่รักษาสภาพเซลล์ในเอทานอล 70% มาล้างด้วยน้ำสะอาด ลอกผิวใบทั้งด้านบนและด้านล่างโดยใช้ใบมีดโกนชุดผิวใบด้านที่ไม่ต้องการออกหรือหยดโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ (KOH) ความเข้มข้น 5% นาน 15-20 นาที และแช่ในสารละลายโซเดียมไฮโปคลอไรด์ ความเข้มข้น 5% ใช้เวลาตามความเหมาะสม แล้วล้างสารละลายออกจากชิ้นตัวอย่างด้วยน้ำกลั่นให้สะอาด นำชิ้นตัวอย่างที่เตรียมได้ทั้งสองวิธีมาแช่ในเอทานอล ความเข้มข้น 70% เป็นเวลา 5-10 นาที จากนั้นย้อมสีตัวอย่างด้วยสีซาฟรานิน (Safranin O) 1% เวลาที่ใช้ในการย้อมสีขึ้นอยู่กับชนิดของพืช ล้างสีส่วนเกินออกด้วยน้ำ และดึงน้ำออกจากชิ้นตัวอย่าง (dehydration) โดยแช่ในเอทานอลที่มีความเข้มข้น 15%, 30%, 50%, 70%, 95% และ 100% ขึ้นตอนละ 5 นาที และแช่ในเอทานอล 100% ผสมกับไซลีน (xylene) ในอัตราส่วน 1:1 ตามลำดับ หลังจากนั้นทำชิ้นตัวอย่างให้ใสโดยแช่ในไซลีนบริสุทธิ์ (pure xylene) นาน 5 นาที และพ่นกิลด์ด้วย DPX

#### การวิเคราะห์ผล

นำสไลด์ถาวรที่เตรียมทั้งหมดไปศึกษาและวิเคราะห์ลักษณะกายวิภาคศาสตร์แผ่นใบด้วยกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง พร้อมบันทึกภาพด้วยกล้อง OPTIKA B-1000 FL HBO ลักษณะละ 5 ขั้ว และระบุชนิดพืชสมุนไพรวงศ์บอเรพิดโดยการสร้างรูปวิธานระบุชนิด หาค่าดัชนีความหนาแน่นของปากใบ (stomatal index) ระหว่างชนิดพืช ตามสูตรของ Salisbury (1927)

โดยคำนวณจากสูตร

$$I = \frac{S}{S + E} \times 100$$

เมื่อ I = ดัชนีความหนาแน่นของปากใบ

S = จำนวนปากใบต่อหน่วยพื้นที่

E = จำนวนเซลล์ในเนื้อเยื่อชั้นผิว

**Table 1** List of medicinal plant species in the family Menispermaceae examined for anatomical characteristics

| Species                                       | Common Name (Thai)   | Voucher Specimen |
|-----------------------------------------------|----------------------|------------------|
| 1. <i>Anamirta cocculus</i> (L.) Wight & Arn. | Thao Phanom          | Menis01/68       |
| 2. <i>Arcangelisia flava</i> (L.) Merr.       | Khamin Khrua         | Menis02/68       |
| 3. <i>Cissampelos pareira</i> L.              | Khrua Ma Noi         | Menis03/68       |
| 4. <i>Stephania pierrei</i> Diels             | Bua Bok Khot         | Menis04/68       |
| 5. <i>S. suberosa</i> Forman                  | Boraphet Phung Chang | Menis05/68       |
| 6. <i>S. venosa</i> (Blume) Spreng.           | Sabu Lueat           | Menis06/68       |
| 7. <i>Tiliacora triandra</i> (Colebr.) Diels  | Yanang               | Menis07/68       |
| 8. <i>Tinospora baenzigeri</i> Forman         | Chingcha Chali       | Menis08/68       |
| 9. <i>T. crispa</i> Diels                     | Boraphet             | Menis09/68       |

#### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

จากการศึกษากายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชสมุนไพรวงศ์บอเรพิด จำนวน 9 ชนิด จำแนกเป็น 6 สกุล (Table 1) พบลักษณะทั่วไปของพืชที่ศึกษา ดังต่อไปนี้

##### รูปร่างของเซลล์

เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน สามารถจำแนกได้เป็น 3 แบบ ได้แก่ (1) รูปร่างแบบจิกซอร์ พบใน *A. cocculus*, *A. flava*, *C. pareira*, *S. pierrei*, *S. suberosa*, *S. venosa* และ *T. triandra* (2) รูปร่างแบบหลายเหลี่ยม พบใน *T. crispa* และ (3) รูปร่างแบบไม่แน่นอน พบใน *T. baenzigeri* สำหรับเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง พบว่าพืชส่วนใหญ่มีรูปร่างเซลล์แบบจิกซอร์

ได้แก่ *A. cocculus*, *A. flava*, *C. pareira*, *S. pierrei*, *S. suberosa*, *S. venosa*, *T. triandra* และ *T. baenzigeri* ขณะที่รูปร่างเซลล์แบบไม่แน่นอน พบใน *T. crispa* (Figure 1) สอดคล้องกับการศึกษาของ Metcalfe & Chalk (1979) และ Onwannara et al. (2015) ที่ได้รายงานผลการศึกษาคัพภวิทยาและวงศ์ใกล้เคียงว่ามีทั้งเซลล์รูปร่างไม่แน่นอนที่มีผนังเซลล์หยาบและเซลล์รูปร่างหลายเหลี่ยมที่มีผนังเซลล์เรียบซึ่งสามารถใช้เป็นลักษณะสำคัญทางอนุกรมวิธานได้ อย่างไรก็ตาม การพบเซลล์ชั้นผิวใบด้านบนแบบหลายเหลี่ยมเฉพาะใน *T. crispa* และการพบเซลล์แบบไม่แน่นอนใน *T. baenzigeri* แตกต่างจากการศึกษาของ Forman (1988) และ Metcalfe & Chalk (1979) ที่ระบุว่าเซลล์ชั้นผิวใบของพืชสกุล *Tinospora* มักมีผนังเซลล์หยาบเด่นชัด ซึ่งผลการศึกษาที่แสดงให้เห็นว่ารูปร่างของเซลล์ชั้นผิวใบมีความแปรผันทั้งระหว่างชนิดและระหว่างผิวใบด้านบนและด้านล่าง ผลการศึกษาลักษณะเชิงปริมาณของเนื้อเยื่อชั้นผิวใบ พบว่าจำนวนเซลล์ผิวใบมีความแปรผันระหว่างชนิดและระหว่างด้านของใบ โดยผิวใบด้านบน มีค่าอยู่ในช่วง 79.7–116.0 เซลล์/มม.<sup>2</sup> ขณะที่ผิวใบด้านล่างมีค่าอยู่ในช่วง 85.6–119.4 เซลล์/มม.<sup>2</sup> ซึ่งโดยภาพรวมผิวใบด้านล่างมักมีจำนวนเซลล์สูงกว่าหรือใกล้เคียงกับด้านบนเล็กน้อย ทั้งนี้ อาจสัมพันธ์กับบทบาทด้านการแลกเปลี่ยนแก๊สและการคายน้ำที่พบเด่นในผิวใบด้านล่าง (Dow et al., 2014; Franks & Beerling, 2009) ความหนาแน่นของเซลล์ผิวใบ พบเฉพาะในผิวใบด้านล่าง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 13.8–30.6 เซลล์/มม.<sup>2</sup> ทั้งนี้พบค่าสูงสุดใน *C. pareira* และค่าต่ำสุดใน *T. baenzigeri* ซึ่งแนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าความหนาแน่นของเซลล์และปากใบสามารถแปรผันตามชนิดพืชและสภาพแวดล้อม และมีศักยภาพในการใช้เป็นลักษณะเชิงอนุกรมวิธานและนิเวศรีวิทยา (Hetherington & Woodward, 2003; Sack & Buckley, 2016)

#### ลักษณะของขน

เนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบนของพืชส่วนใหญ่ไม่พบขน อย่างไรก็ตาม พบขนแบบเซลล์เดี่ยวใน *C. pareira*, *T. triandra*, *T. baenzigeri* และ *T. crispa* ขณะที่ *S. suberosa* พบขนแบบต่อม สำหรับเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่างพบขนเพียงบางชนิด โดย *C. pareira* และ *T. triandra* พบขนแบบเซลล์เดี่ยว และ *T. baenzigeri* พบขนแบบเซลล์เดี่ยวคล้ายกระบอง (Figure 2) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะของขนมีความแตกต่างกันทั้งระหว่างชนิดพืชและระหว่างผิวใบด้านบนและด้านล่าง ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดพื้นฐานทางกายวิภาคของ Metcalfe และ Chalk ที่ระบุว่าขนพืชเป็นลักษณะที่มีความหลากหลายสูงและมีคุณค่าเชิงอนุกรมวิธาน (Metcalfe & Chalk, 1979) รวมถึงรูปแบบของขนมีความแปรผันทั้งในระดับชนิดและภายในชนิดเดียวกันและสัมพันธ์กับหน้าที่ด้านการป้องกันและการปรับตัว (Werker, 2000; Glas et al., 2012; Huchelmann et al., 2017) โดยรูปแบบดังกล่าวเคยถูกรายงานในพืชสกุล *Cissampelos* วงศ์บอร์เพตว่ามีขนแบบแถวเดี่ยวเซลล์เดี่ยว และพืชในสกุล *Tinospora* มีขนได้หลายรูปแบบ รวมถึงขนแบบต่อมและแบบปลายพองเป็นกระบอง (Metcalfe & Chalk, 1979; Onwannara et al., 2015) อย่างไรก็ตาม การพบขนแบบต่อมเฉพาะในผิวใบด้านบนของ *T. crispa* และการไม่พบขนใน *A. cocculus*, *A. flava*, *S. pierrei*, *S. venosa* แตกต่างจากบางรายงานก่อนหน้านี้ที่ระบุว่าพืชในวงศ์นี้มักพบขนอย่างน้อยหนึ่งชนิดบนผิวใบ (Forman, 1988) ความแตกต่างดังกล่าวอาจเกี่ยวข้องกับปัจจัยด้านสิ่งแวดล้อม ระยะการพัฒนารูปร่างหรือความแปรผันทางพันธุกรรม (Dalin et al., 2008) นอกจากนี้ ความยาวของขนมีความแปรผันค่อนข้างสูงตามชนิดของขน โดยขนแบบต่อม มีความยาวประมาณ 6.4  $\mu\text{m}$  ขนเซลล์เดี่ยว มีช่วงความยาวกว้างตั้งแต่ 15.3–322.4  $\mu\text{m}$  ซึ่งพบค่าสูงสุดใน *C. pareira* และขนแบบเซลล์เดี่ยวคล้ายกระบอง มีความยาวประมาณ 38.2–39.2  $\mu\text{m}$  พบใน *T. baenzigeri* แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าความยาวและสัณฐานของขนมีความสัมพันธ์กับหน้าที่ เช่น การลดการสูญเสียน้ำ การสะท้อนแสง และการป้องกันศัตรูพืช (Levin, 1973; Glas et al., 2012; Huchelmann et al., 2017)

#### รูปแบบของปากใบ

พบปากใบในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง 3 ชนิด ได้แก่ (1) ปากใบแบบเพนตะไซติก พบใน *S. suberosa* และ *T. baenzigeri* (2) ปากใบแบบอะโนโมไซติก พบใน *A. cocculus*, *A. flava*, *C. pareira*, *S. pierrei*, *S. venosa*, *T. triandra* และ *T. crispa* และ (3) ปากใบแบบเทระไซติก พบเฉพาะใน *T. triandra* (Figure 1) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าปากใบแบบอะโนโมไซติกเป็นชนิดที่พบมากที่สุดในพืชที่ศึกษา ขณะที่ปากใบแบบเพนตะไซติกและเทระไซติกพบเฉพาะในบางชนิดเท่านั้น รูปแบบของปากใบดังกล่าวถูกรายงานในพืชวงศ์บอร์เพตและวงศ์ใกล้เคียง โดยมีการพบปากใบแบบอะโนโมไซติกเป็นลักษณะเด่นทั่วไป และพบปากใบแบบเทระไซติกใน *T. triandra* (Metcalfe & Chalk, 1979; Onwannara et al., 2015) อย่างไรก็ตาม การตรวจพบปากใบแบบเพนตะไซติกใน *S. suberosa* และ *T. baenzigeri* แตกต่างจากการศึกษาของ Forman (1988) ว่าพืชในสกุล *Stephania* และ *Tinospora* ส่วนใหญ่มีปากใบแบบอะโนโมไซติกหรือเทระไซติกเป็นหลัก ความแตกต่างดังกล่าวอาจสะท้อนถึงความแปรผันเชิงวิวัฒนาการ หรือ plasticity ของการพัฒนาเซลล์คุม (Bergmann & Sack, 2007; Pillitteri & Torii, 2012) สำหรับดัชนีปากใบพบเฉพาะในผิวใบด้านล่าง โดยมีค่าอยู่ในช่วง 11.02–26.33% ซึ่ง

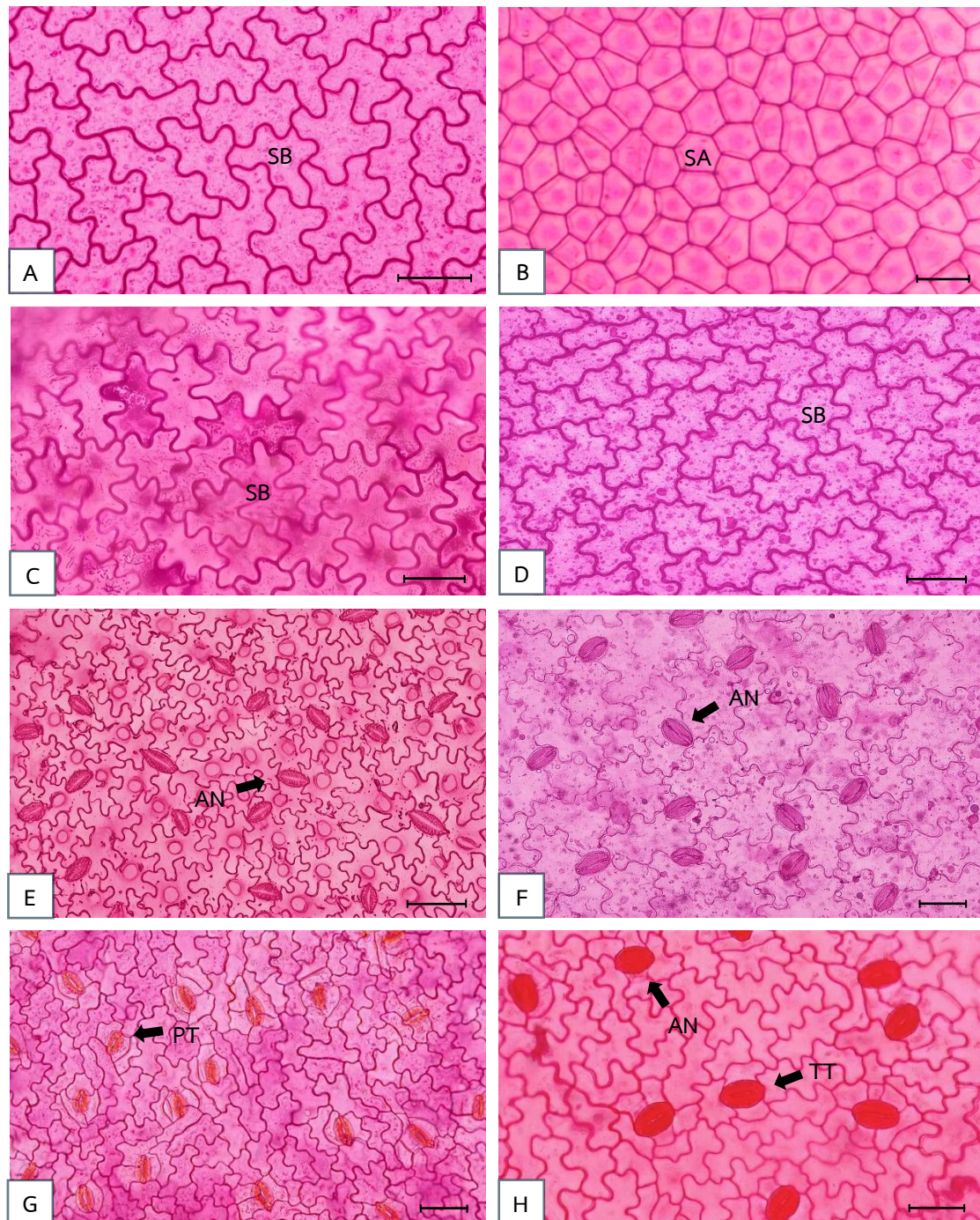


**Figure 1.** Leaf epidermal anatomy of medicinal plants in the family Menispermaceae. (A) Jigsaw-shaped epidermal cells on the adaxial surface of *Stephania pierrei*, (B) Irregular epidermal cells on the adaxial surface of *Tinospora baenzigeri*, (C) Jigsaw-shaped epidermal cells on the adaxial surface of *Cissampelos pareira*, (D) Jigsaw-shaped epidermal cells on the adaxial surface of *Tiliacora triandra*, (E) Anomocytic stomata on the abaxial surface of *Stephania venosa*, (F) Anomocytic stomata on the abaxial surface of *Stephania pierrei*, (G) Pentacytic stomata on the abaxial surface of *Tinospora baenzigeri*, (H) Tetracytic and anomocytic stomata on the abaxial surface of *Tiliacora triandra*, Scale bars = 50 µm, Abbreviations: SA = irregular epidermal cells; SB = jigsaw-shaped epidermal cells; PT = pentacytic; AN = anomocytic; TT = tetracytic

*C. pareira* แสดงค่าสูงสุด ขณะที่ *T. crispa* มีค่าต่ำสุด แนวโน้มดังกล่าวสอดคล้องกับรายงานที่ระบุว่าดัชนีปากใบเป็นลักษณะที่มีความสำคัญทั้งในเชิงอนุกรมวิธานและนิเวศสรีรวิทยาและสามารถตอบสนองต่อสภาพแวดล้อมได้ (Franks & Beerling, 2009; Casson & Hetherington, 2010) ส่วนความยาวของเซลล์คุม มีค่าอยู่ในช่วง 21.7–32.1  $\mu\text{m}$  โดยพบค่าสูงสุดใน *S. suberosa* และค่าต่ำในบางชนิด เช่น *T. triandra* ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าขนาดของเซลล์คุมมีความสัมพันธ์กับประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สและความสามารถในการควบคุมการคายน้ำของพืช (Dow et al., 2014; Sack & Buckley, 2016)

#### สารสะสมภายในเซลล์

พบการสะสมของผลึกหลายรูปแบบ ได้แก่ ผลึกรูปปริซึม ผลึกรูปเข็ม และ ผลึกรูปดาว โดยชนิดของผลึกแตกต่างกันไปตามชนิดพืชที่ศึกษา ผลึกรูปปริซึมและผลึกรูปดาวพบใน *C. pareira*, *S. suberosa* และ *T. crispa* ขณะที่ผลึกรูปเข็มพบเฉพาะในบางชนิดของสกุล *Tinospora* นอกจากนี้ ยังพบสารสะสมดีดส์แดงเข้มและเม็ดน้ำมัน (Figure 2) ผลการศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าสารสะสมภายในเซลล์ของพืชวงศ์บอร์เพ็ดมีความหลากหลายทั้งในด้านชนิดของผลึกและชนิดของสารสะสมอื่นๆ รูปแบบของผลึกและสารสะสมภายในเซลล์ดังกล่าวเคยถูกรายงานในพืชวงศ์บอร์เพ็ดและวงศ์ใกล้เคียงว่ามีความแปรผันระหว่างชนิดพืช (Metcalf & Chalk, 1979; Onwannara et al., 2015) อย่างไรก็ตาม การตรวจพบผลึกรูปเข็มเฉพาะในบางชนิดของสกุล *Tinospora* และการพบสารสะสมดีดส์แดงเข้มใน *T. triandra* แตกต่างจากการศึกษาของ Forman (1988) ที่รายงานว่าพืชในวงศ์นี้มีผลึกรูปดาวเป็นหลัก ความแตกต่างดังกล่าวอาจสะท้อนถึงความแปรผันเชิงอนุกรมวิธาน หรืออิทธิพลของสภาพแวดล้อมต่อการสะสมสาร (Paiva, 2019) นอกจากนี้ การพบสารสะสมดีดส์แดงเข้มและเม็ดน้ำมันอาจสัมพันธ์กับการสะสมของสารทุติยภูมิ เช่น อัลคาลอยด์ ฟีนอล หรือสารกลุ่มเทอร์พีน ซึ่งพบได้ทั่วไปในพืชสมุนไพร และมีบทบาทสำคัญทั้งด้านการป้องกันและฤทธิ์ทางชีวภาพ (Wink, 2010; Fahn, 2016)

#### ผิวเคลือบคิวทิน

พืชส่วนใหญ่มีผิวเคลือบคิวทินแบบเรียบทั้งผิวใบด้านบนและด้านล่าง ได้แก่ *A. cocculus*, *A. flava*, *C. pareira*, *S. pierrei*, *S. suberosa*, *S. venosa*, *T. triandra* และ *T. crispa* อย่างไรก็ตาม *T. baenzigeri* แสดงลักษณะผิวเคลือบคิวทินที่แตกต่างจากชนิดอื่น โดยพบผิวเคลือบคิวทินแบบปุ่มในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านบน ร่วมกับผิวเคลือบคิวทินแบบริ้วเรียงขนานในเนื้อเยื่อชั้นผิวใบด้านล่าง (Figure 2) ลักษณะดังกล่าวแสดงให้เห็นถึงความแปรผันของโครงสร้างผิวใบในระดับชนิดภายในวงศ์เดียวกัน รูปแบบผิวเคลือบคิวทิน เช่น แบบเรียบ แบบปุ่ม และแบบริ้วเรียงขนาน ได้รับการยอมรับว่าเป็นลักษณะกายวิภาคที่มีคุณค่าทางอนุกรมวิธาน และสามารถใช้อ้างอิงชนิดพืชในระดับสกุลและชนิดได้ (Metcalf & Chalk, 1950; Barthlott et al., 1998; Wilkinson, 1979) นอกจากนี้ Jensen (1993) รายงานว่าความแตกต่างของลักษณะผิวคิวทินสัมพันธ์กับการปรับตัวของพืชต่อสภาพแวดล้อมและมีเสถียรภาพในระดับชนิด การเปลี่ยนแปลงของ cuticular structure สามารถตอบสนองต่อปัจจัยสิ่งแวดล้อม เช่น ความแห้งแล้ง ความเข้มแสง และอุณหภูมิ (Buschhaus & Jetter, 2011; Shepherd & Griffiths, 2006) ผลการศึกษานี้สอดคล้องกับรายงานของ Onwannara et al. (2015) ที่พบว่าพืชในวงศ์บอร์เพ็ดมีความหลากหลายของผิวเคลือบคิวทินและลักษณะผิวใบ อย่างไรก็ตาม การพบผิวเคลือบคิวทินแบบริ้วเรียงขนานร่วมกับแบบปุ่มใน *T. baenzigeri* เป็นลักษณะเฉพาะที่ไม่ปรากฏในชนิดอื่นของการศึกษานี้ และอาจมีศักยภาพในการใช้เป็นลักษณะเพิ่มเติมในการระบุชนิด

การศึกษากายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชสมุนไพรวงศ์บอร์เพ็ด (Menispermaceae) แสดงให้เห็นถึงความแปรผันของลักษณะสำคัญหลายประการ ได้แก่ รูปร่างของเซลล์ชั้นผิวใบ ชนิดของขน รูปแบบของปากใบ สารสะสมภายในเซลล์ และลักษณะผิวเคลือบคิวทิน ซึ่งลักษณะเหล่านี้มีเสถียรภาพในระดับชนิดและมีคุณค่าทางอนุกรมวิธาน (Metcalf & Chalk, 1979; Onwannara et al., 2015) ลักษณะบางประการ เช่น รูปร่างของเซลล์ชั้นผิวใบด้านบนและด้านล่าง รวมถึงชนิดของปากใบ สามารถใช้เป็นเกณฑ์เริ่มต้นในการแยกกลุ่มชนิดพืช ขณะที่ลักษณะเฉพาะ เช่น การพบขนแบบตอมใน *T. crispa* การพบปากใบแบบเพนตะไซติกใน *S. suberosa* และ *T. baenzigeri* รวมถึงลักษณะผิวเคลือบคิวทินแบบปุ่มร่วมกับแบบริ้วเรียงขนานใน *T. baenzigeri* มีศักยภาพในการใช้เป็นลักษณะเพิ่มเติมในการระบุชนิด แม้ว่าลักษณะบางประการจะแตกต่างจากรายงานก่อนหน้า (Forman, 1988) ความแตกต่างดังกล่าวอาจสะท้อนถึงความแปรผันภายในสกุล อิทธิพลของสภาพแวดล้อม หรือความแตกต่างของแหล่งเก็บตัวอย่าง อย่างไรก็ตาม การใช้ลักษณะกายวิภาคหลายลักษณะร่วมกันช่วยเพิ่มความแม่นยำในการจำแนกชนิด และลดข้อจำกัดจากการใช้ลักษณะเพียงประการเดียว

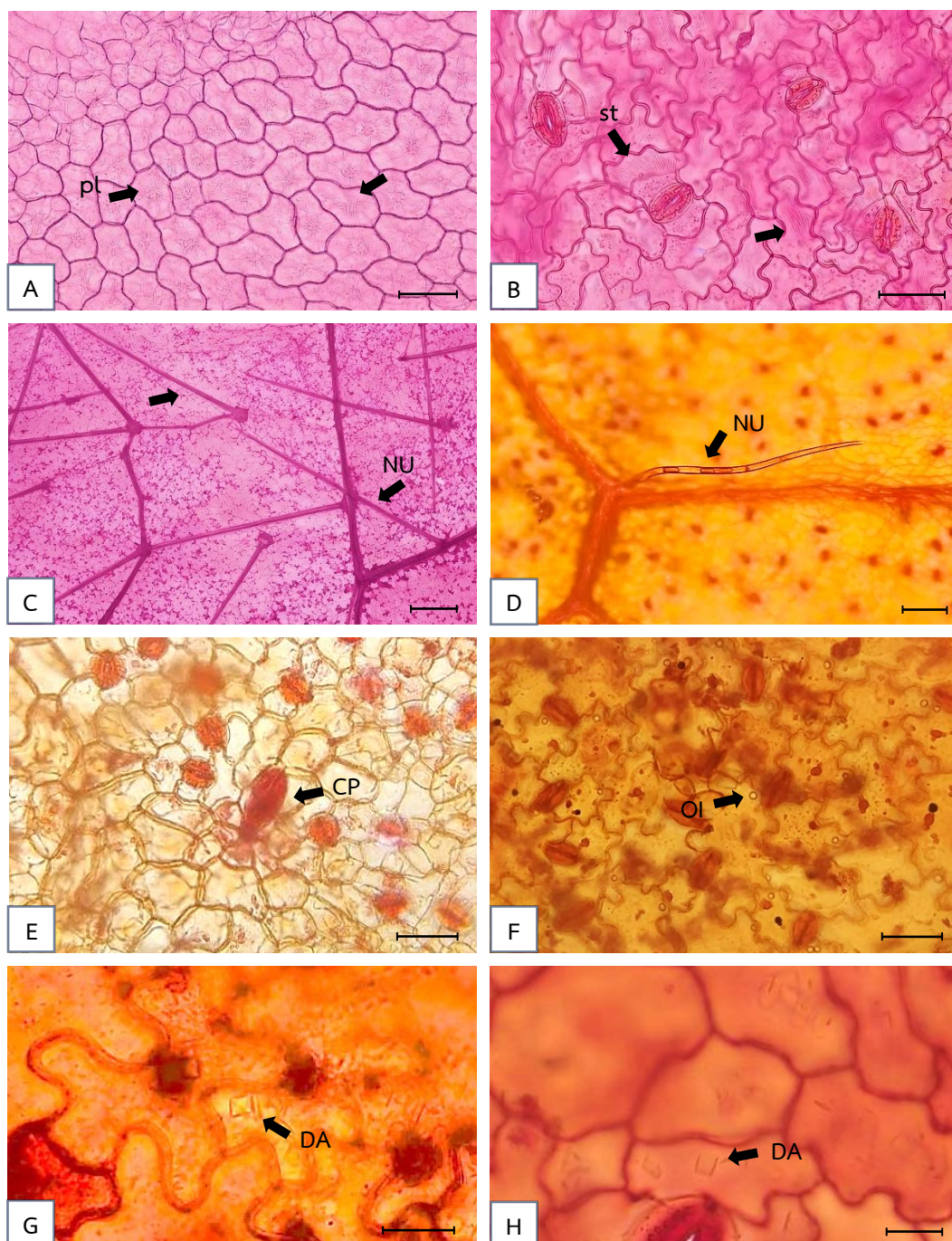


**Figure 2.** Leaf epidermal anatomical features of medicinal plants in the family Menispermaceae. (A) Papillose cuticular ornamentation on the adaxial surface of *Tinospora baenzigeri*, (B) Striated cuticular ornamentation on the abaxial surface of *Tinospora baenzigeri*, (C) Unicellular trichome on the adaxial surface of *Cissampelos pareira*, (D) Unicellular trichome on the abaxial surface of *Tiliacora triandra*, (E) Capitate trichome on the abaxial surface of *Tinospora baenzigeri*, (F) Oil droplets on the abaxial surface of *Stephania pierrei*, (G) Prismatic crystals on the adaxial surface of *Cissampelos pareira*, (H) Prismatic crystals on the abaxial surface of *Tinospora crispa*, Scale bars: (A–F) = 50  $\mu\text{m}$ ; (G–H) = 20  $\mu\text{m}$ , Abbreviations: pl = papillose cuticle; st = striated cuticle; NU = unicellular trichome; CP = capitate trichome; Ol = oil droplets; DA = prismatic crystals

การศึกษานี้แสดงให้เห็นว่าลักษณะกายวิภาคของแผ่นใบมีความสำคัญต่อการจำแนกชนิดพืชสมุนไพรวงศ์บอเรเพ็ด โดยเฉพาะรูปร่างเซลล์ชั้นผิวใบ ลักษณะผิวเคลือบคิวติน ชนิดของขน รูปแบบปากใบ และสารสะสมภายในเซลล์ ลักษณะเหล่านี้มีความเสถียรในระดับชนิดและสามารถสังเกตได้ชัดเจนภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จึงสามารถนำมาใช้สร้างรูปวิธานระบุชนิดได้อย่างมีประสิทธิภาพ รูปร่างเซลล์ผิวใบด้านบนเหมาะสมสำหรับใช้เป็นลักษณะเริ่มต้นในการแยกกลุ่ม ขณะที่ลักษณะผิวเคลือบคิวตินและชนิดของขนช่วยเพิ่มความจำเพาะในการจำแนก ชนิดของปากใบเป็นลักษณะมาตรฐานที่มีบทบาทสำคัญในทางกายวิภาคพืช ส่วนสารสะสมภายในเซลล์ เช่น ผลึกและเม็ดน้ำมัน ช่วยสนับสนุนการแยกชนิดที่มีลักษณะคล้ายกัน การใช้หลายลักษณะร่วมกันช่วยเพิ่มความแม่นยำและลดข้อจำกัดจากความแปรผันของสิ่งแวดล้อม ข้อมูลดังกล่าวมีประโยชน์ต่อการจำแนกชนิดพืชในกรณีที่ลักษณะสัณฐานวิทยาภายนอกไม่ชัดเจน และสามารถสนับสนุนการตรวจสอบวัตถุบสมุนไพรรองานด้านอนุกรมวิธานและเภสัชเวทได้อย่างยั่งยืน

### รูปวิธานระบุชนิด

#### จากลักษณะกายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชวงศ์ Menispermaceae

1. เซลล์ผิวใบด้านบนมีรูปร่างหลายเหลี่ยมหรือไม่แน่นอน.....2
  2. เซลล์ผิวใบรูปหลายเหลี่ยมและผิวเคลือบคิวตินแบบเรียบ.....*Tinospora crispa*
  2. เซลล์ผิวใบรูปร่างไม่แน่นอนและผิวเคลือบคิวตินเป็นปุ่มหรือริ้วเรียงขนาน.....*Tinospora baenzigeri*
1. เซลล์ผิวใบด้านบนมีรูปร่างคล้ายจิกซอร์.....3
  3. พบขนพืช.....4
    4. พบเม็ดน้ำมัน.....*Cissampelos pareira*
    4. ไม่พบเม็ดน้ำมัน.....5
  5. ปากใบเป็นแบบเพนตะไซติก.....*Stephania suberosa*
  5. ปากใบเป็นแบบอะโนโมไซติกหรือเทรไซติก.....*Tiliacora triandra*
3. ไม่พบขนพืช.....6
  6. พบผลึก.....7
    7. พบผลึกรูปปรีซึมเพียงชนิดเดียว.....*Arcangelisia flava*
    7. พบผลึกชนิดอื่นร่วมด้วย.....8
  6. ไม่พบผลึก.....*Stephania venosa*
    8. พบผลึกรูปดาว.....*Stephania pierrei*
    8. พบผลึกรูปเข็ม (อาจพบร่วมกับรูปปรีซึม).....*Anamirta cocculus*

**Table 2** Anatomical characteristics of adaxial and abaxial leaf epidermis in selected medicinal plants of the family Menispermaceae.

| Scientific name                | Leaf surfaces | No. of epidermal cells<br>(cell/mm <sup>2</sup> ) | Epidermal cell shape | Anticlinal wall | Stomata type | Density of epidermal cell<br>(number/mm <sup>2</sup> ) | Stomatal index (%) | Length of guard cell (µm) | Trichomes type |            |           | Cell inclusions | Red deposits | Cuticular ornamentation |
|--------------------------------|---------------|---------------------------------------------------|----------------------|-----------------|--------------|--------------------------------------------------------|--------------------|---------------------------|----------------|------------|-----------|-----------------|--------------|-------------------------|
|                                |               |                                                   |                      |                 |              |                                                        |                    |                           | GU (µm)        | NU (µm)    | CP (µm)   |                 |              |                         |
| 1. <i>Anamirta cocculus</i>    | Ad.           | 102.6±1.86                                        | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | -          | -         | -               | -            | sm                      |
|                                | Ab.           | 105.4±2.38                                        | SB                   | M               | AN           | 26.5±1.48                                              | 20.10              | 26.6±1.68                 |                | -          | -         | -               | -            | sm                      |
| 2. <i>Arcangelisia flava</i>   | Ad.           | 114.2±3.23                                        | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | -          | -         | DA              | +            | sm                      |
|                                | Ab.           | 108.8±1.96                                        | SB                   | M               | AN           | 24.8±0.84                                              | 18.56              | 22.1±2.45                 |                | -          | -         | -               | +            | sm                      |
| 3. <i>Cissampelos pareira</i>  | Ad.           | 116±2.21                                          | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | 322.4±2.70 |           | DK, DA          | +            | sm                      |
|                                | Ab.           | 119.4±4.85                                        | SB                   | M               | AN           | 30.6±0.89                                              | 26.33              | 31.8±1.30                 |                | 318.2±1.06 | -         | DA, DK          | +            | sm                      |
| 4. <i>Stephania pierrei</i>    | Ad.           | 112.3±2.34                                        | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | -          | -         | -               | -            | sm                      |
|                                | Ab.           | 102.4±2.28                                        | SB                   | M               | AN           | 16.2±1.38                                              | 13.66              | 31.6±0.94                 | -              | -          | -         | DR, OI          | -            | sm                      |
| 5. <i>S. suberosa</i>          | Ad.           | 95±2.30                                           | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | 6.4±0.63       | -          |           | DA, DK          | +            | sm                      |
|                                | Ab.           | 90±2.38                                           | SB                   | M               | PT           | 23.4±1.57                                              | 16.58              | 32.1±1.91                 | -              | -          | -         | DA              | +            | sm                      |
| 6. <i>S. venosa</i>            | Ad.           | 102.6±2.13                                        | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | -          | -         | -               | +            | sm                      |
|                                | Ab.           | 100.8±2.92                                        | SB                   | M               | AN           | 26.6±1.84                                              | 20.88              | 24.8±2.18                 | -              | -          | -         | -               | -            | sm                      |
| 7. <i>Tiliacora triandra</i>   | Ad.           | 82.2±1.92                                         | SB                   | M               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | 217.6±2.34 | -         | DA              | +            | sm                      |
|                                | Ab.           | 85.6±2.88                                         | SB                   | M               | TT, AN       | 25.6±2.63                                              | 18.29              | 21.7±0.63                 |                | 202.5±1.86 | -         | DA              | +            | sm                      |
| 8. <i>Tinospora baenzigeri</i> | Ad.           | 79.7±1.61                                         | SA                   | R               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | 38.2±0.83  |           | DA, OI          | +            | pl                      |
|                                | Ab.           | 114.3±2.94                                        | SB                   | M               | PT           | 13.8±1.30                                              | 12.68              | 23.8±0.83                 |                | -          | 39.2±0.83 | DA              | +            | st                      |
| 9. <i>T. crispa</i>            | Ad.           | 111.7±2.37                                        | SD                   | R               | -            | -                                                      | -                  | -                         | -              | 15.32±1.30 |           | DA, DK          | +            | sm                      |
|                                | Ab.           | 117.7±3.05                                        | SA                   | R               | AN           | 14.8±1.96                                              | 11.02              | 30.6±0.75                 |                | -          | -         | DA, DK          | +            | sm                      |

**Note :** Ad. = Adaxial, Ab. = Abaxial; **Cell Shape;** SA = Irregularly shaped cells, SB = Jigsaw-shaped cells, SD = Polygonal cells, **Anticlinal Wall;** R = Straight to curved wall, M = Sinuous wall, **Stomatal Types:** PT = Pentacytic, AN = Anomocytic, TT = Tetracytic, **Trichome Types;** CP = Capitate trichome, NU = Unicellular trichome, GU = Glandular trichome, **Cell Inclusions (DT);** DA = Prismatic crystals, DK = Raphides crystals, DR = Druse crystals, OI = Oil droplets, RD = Red deposits, **Cuticular Ornamentation;** sm = Smooth cuticle, pl = Papillate cuticle, st = Striate cuticle, **Symbols;** + = Present, - =

## สรุปผลการวิจัย

การศึกษากายวิภาคศาสตร์แผ่นใบของพืชสมุนไพรวงศ์บอร์เพ็ด (Menispermaceae) ในจังหวัดร้อยเอ็ด จำนวน 9 ชนิด จาก 6 สกุล พบว่าเนื้อเยื่อชั้นผิวใบมีความหลากหลายของลักษณะและมีเสถียรภาพในระดับชนิด ซึ่งสามารถนำมาใช้ประโยชน์ทางอนุกรมวิธานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ลักษณะสำคัญที่ใช้ในการจำแนกชนิด ได้แก่ รูปร่างของเซลล์ชั้นผิวใบ ซึ่งจำแนกได้เป็น 3 แบบ คือ แบบจิกซอร์ แบบหลายเหลี่ยม และแบบไม่แน่นอน โดยผิวใบด้านล่างส่วนใหญ่เป็นแบบจิกซอร์ ขณะที่ลักษณะของขนพบทั้งขนเซลล์เดี่ยว ขนเซลล์เดี่ยวคล้ายกระบอง และขนแบบต่อม ซึ่งมีความแตกต่างกันตามชนิดพืช และตำแหน่งของผิวใบ รูปแบบของปากใบพบ 3 ชนิด ได้แก่ แบบอะโนโมไซติก (พบมากที่สุด) แบบเพนตะไซติก และแบบเทตระไซติก โดยการพบปากใบแบบเพนตะไซติกและเทตระไซติกในบางชนิดสามารถใช้เป็นลักษณะจำแนกเฉพาะได้นอกจากนี้ ยังพบความหลากหลายของสารสะสมภายในเซลล์ เช่น ผลึกรูปปรีซึม ผลึกรูปเข็ม ผลึกรูปดาว เม็ดน้ำมัน และสารสะสมที่ติดสีแดงเข้ม ซึ่งมีความแปรผันตามชนิดพืช ลักษณะผิวเคลือบคิวทินส่วนใหญ่เป็นแบบเรียบ อย่างไรก็ตามพบลักษณะเฉพาะใน *T. baenzigeri* ที่มีทั้งแบบปุ่มและแบบริ้วเรียงขนาน ซึ่งมีศักยภาพในการใช้เป็นลักษณะจำแนกชนิดเพิ่มเติม ข้อมูลเชิงปริมาณพบว่าดัชนีปากใบอยู่ในช่วง 11.02–26.33% และความยาวของเซลล์คุมอยู่ในช่วง 21.7–32.1  $\mu\text{m}$  ซึ่งมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญระหว่างชนิด ลักษณะทางกายวิภาคของแผ่นใบ ได้แก่ รูปร่างเซลล์ ชนิดของขน รูปแบบปากใบ สารสะสมภายในเซลล์ และลักษณะผิวเคลือบคิวทิน เป็นลักษณะที่มีคุณค่าทางอนุกรมวิธาน สามารถนำมาสร้างรูปวิธานเพื่อจำแนกพืชทั้ง 9 ชนิดได้อย่างชัดเจน แม้ในกรณีที่ลักษณะทางสัณฐานวิทยาภายนอกไม่เด่นชัด และยังเป็นข้อมูลพื้นฐานที่สำคัญสำหรับการระบุชนิดพืชและการตรวจสอบอัตลักษณ์สมุนไพรในงานด้านเภสัชเวทต่อไป

## กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนกองทุนส่งเสริมวิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม (ววน.) สำนักงานการวิจัยแห่งชาติ (วช.) กระทรวงการอุดมศึกษา วิทยาศาสตร์ วิจัยและนวัตกรรม ผู้วิจัยขอขอบคุณภาควิชาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คณะศิลปศาสตร์และวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏร้อยเอ็ด ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือสำหรับงานวิจัย

## เอกสารอ้างอิง

- Barthlott, W., Neinhuis, C., Cutler, D., Ditsch, F., Meusel, I., Theisen, I., & Wilhelmi, H. (1998). Classification and terminology of epicuticular waxes. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 126(3), 237–260. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.1998.tb02529.x>
- Bergmann, D. C., & Sack, F. D. (2007). Stomatal development. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 163–181. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.58.032806.104023>
- Buschhaus, C., & Jetter, R. (2011). Composition differences between epicuticular and intracuticular wax substructures: How do plants seal their epidermal surfaces? *Journal of Experimental Botany*, 62(3), 841–853. <https://doi.org/10.1093/jxb/erq366>
- Casson, S. A., & Hetherington, A. M. (2010). Environmental regulation of stomatal development. *Current Opinion in Plant Biology*, 13(1), 90–95. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.08.005>
- Chaophraya Abhaibhubejhr Hospital. (2015). *Handbook of Thai medicinal plants*. Chaophraya Abhaibhubejhr Hospital Foundation.
- Cotton, C. M. (1996). *Ethnobotany: Principles and applications*. John Wiley & Sons.
- Cunningham, A. B. (2001). *Applied ethnobotany: People, wild plant use and conservation*. Earthscan Publications.
- Dalin, P., Ågren, J., Björkman, C., Huttunen, P., Kärkkäinen, K. (2008). Leaf Trichome Formation and Plant Resistance to Herbivory. In: Schaller, A. (eds) *Induced Plant Resistance to Herbivory*. Springer, Dordrecht. [https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8182-8\\_4](https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8182-8_4)
- Dow, G. J., Bergmann, D. C., & Berry, J. A. (2014). An integrated model of stomatal development and leaf physiology. *New Phytologist*, 201(4), 1218–1226. <https://doi.org/10.1111/nph.12608>

- Evert, R. F. (2006). *Esau's plant anatomy: Meristems, cells, and tissues of the plant body: Their structure, function, and development* (3rd ed.). John Wiley & Sons.
- Fahn, A. (2016). *Plant anatomy* (4th ed.). Springer.
- Forman, L. L. (1988). A synopsis of Thai Menispermaceae. *Kew Bulletin*, 43(3), 369–407.  
<https://doi.org/10.2307/4118970>
- Franks, P. J., & Beerling, D. J. (2009). CO<sub>2</sub>-forced evolution of plant gas exchange capacity and water-use efficiency over the Phanerozoic. *Geobiology*, 7(2), 227–236. <https://doi.org/10.1111/j.1472-4669.2009.00193.x>
- Glas, J. J., Schimmel, B. C. J., Alba, J. M., Escobar-Bravo, R., Schuurink, R. C., & Kant, M. R. (2012). Plant glandular trichomes as targets for breeding or engineering of resistance to herbivores. *International Journal of Molecular Sciences*, 13, 17077–17103. <https://doi.org/10.3390/ijms131217077>
- Hetherington, A. M., & Woodward, F. I. (2003). The role of stomata in sensing and driving environmental change. *Nature*, 424, 901–908. <https://doi.org/10.1038/nature01843>
- Huchelmann, A., Boutry, M., & Hachez, C. (2017). Plant Glandular Trichomes: Natural Cell Factories of High Biotechnological Interest. *Plant Physiology*, 175(1), 6–22. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00727>
- Ichim, M. C. (2019). The DNA-based authentication of commercial herbal products reveals their globally widespread adulteration. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 1227.  
<https://doi.org/10.3389/fphar.2019.01227>
- Jensen, W. A. (1993). *Plant cell structure and function*. Jones and Bartlett Publishers.
- Levin, D. A. (1973). The role of trichomes in plant defense. *The Quarterly Review of Biology*, 48(1), 3–15.  
<https://doi.org/10.1086/407484>
- Metcalfe, C. R., & Chalk, L. (1950). *Anatomy of the dicotyledons* (Vol. 1). Clarendon Press.
- Metcalfe, C. R., & Chalk, L. (1979). *Anatomy of the dicotyledons: Systematic anatomy of the leaf and stem* (2nd ed., Vol. 1). Clarendon Press.
- Moore, P. D., Webb, J. A., & Collinson, M. E. (1991). *Pollen analysis* (2nd ed.). Blackwell Scientific Publications.
- Paiva, E. A. S. (2019). Are calcium oxalate crystals a dynamic calcium store in plants? *New Phytologist*, 223(4), 1707–1711. <https://doi.org/10.1111/nph.15912>
- Pillitteri, L. J., & Torii, K. U. (2012). Mechanisms of stomatal development. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 591–614. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-042811-105451>
- Sack, L., & Buckley, T. N. (2016). The developmental basis of stomatal density and flux. *Plant Physiology*, 171(4), 2358–2363. <https://doi.org/10.1104/pp.16.00476>
- Salisbury, E.J. (1927) On the Cause and Ecological Significance of Stomatal Frequency with Special Reference to the Woodland Flora. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London: Biological Sciences*, 216, 1-65.  
<http://dx.doi.org/10.1098/rstb.1928.0001>
- Shepherd, T., & Griffiths, D. W. (2006). The effects of stress on plant cuticular waxes. *New Phytologist*, 171(3), 469–499. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2006.01826.x>
- Thammathawon, A. (1995). *Techniques in plant taxonomy*. Khon Kaen University Press.
- Onwannara, W., Srisanga, P., & Boonkerd, T. (2015). Comparative leaf anatomy of some species in Menispermaceae in Thailand. *Thai Journal of Botany*, 7(1), 45–63. Retrieved from <https://li01.tci-thaijo.org/index.php/scimsujournal/article/view/265247>
- Werker, E. (2000). Trichome diversity and development. In *Advances in Botanical Research* (Vol. 31, pp. 1–35). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2296\(00\)31005-9](https://doi.org/10.1016/S0065-2296(00)31005-9)

- Wilkinson, H. P. (1979). The plant surface (mainly leaf). In C. R. Metcalfe & L. Chalk (Eds.), *Anatomy of the dicotyledons* (2nd ed., Vol. 1, pp. 97–165). Clarendon Press.
- Wink, M. (2010). Introduction: Biochemistry, Physiology and Ecological Functions of Secondary Metabolites. In *Annual Plant Reviews Volume 40: Biochemistry of Plant Secondary Metabolism*, M. Wink (Ed.). <https://doi.org/10.1002/9781444320503.ch1>
- World Health Organization. (2011). *Quality control methods for medicinal plant materials*. WHO Press. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/44479>