

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

พืชตระกูลขิง เป็นพืชใบเลี้ยงเดี่ยว พืชล้มลุก ไม้เนื้ออ่อน และมีอายุหลายปี (perennial herbaceous) จัดอยู่ในอันดับ (order) Zingiberales (Hutchinson, 1973)

Purseglove (1985) ได้แบ่งพืชตระกูลขิงออกเป็น 2 ตระกูลย่อย (subfamilies) ได้แก่

1. Costoideae ลำต้นเหนือดินไม่มีกลิ่นหอม ใบเรียงแบบเวียน เกสรเพศผู้เป็นหมัน (staminode) อยู่ด้านข้าง มีขนาดเล็กหรือไม่มี
2. Zingiberoideae ลำต้นเหนือดินมีกลิ่นหอม ใบเรียงเป็น 2 แถว เกสรเพศผู้เป็นหมันอยู่ด้านข้าง มีขนาดใหญ่หรือไม่มี

พวงเพ็ญ (2539) และ Larsen (1996) ได้แบ่งพืชตระกูลขิงออกเป็น 4 เผ่า (tribe) คือ

1. เผ่า Alpinieae พืชในเผ่านี้มีแนวการเรียงของใบตั้งฉากกับแง่ง (rhizome) เป็นพืชที่มีขนาดใหญ่ ความสูง 100 – 200 เซนติเมตร เกสรเพศผู้เป็นหมันมีขนาดเล็กเป็นเพียงเส้นบางๆ ติดอยู่ฐานของกลีบปาก (labellum) หรือบางชนิดเกสรเพศผู้เป็นหมันหายไป รังไข่มี 3 ช่อง พบประมาณ 7 สกุล ได้แก่ *Alpinia*, *Amomum*, *Elettariopsis*, *Etilingera*, *Geostachys*, *Hornstedtia* และ *Pommereschea*

2. เผ่า Globbeae พืชในเผ่านี้มีแนวการเรียงของใบขนานกับแง่ง เป็นพืชที่มีขนาดเล็ก ความสูง 10 – 100 เซนติเมตร เกสรเพศผู้เป็นหมันมีขนาดใหญ่เมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่นของดอก และแยกเป็นอิสระจากกลีบปาก ช่อดอกเกิดที่ปลายยอด ก้านเกสรเพศผู้สูงกว่ากลีบดอก ส่วนปลายกลีบปาก แยกเป็น 2 แฉก เชื่อมติดกับก้านเกสรเพศผู้ รังไข่มี 1 ช่อง ดอกสี่สั้มเหลืองหรือม่วงขาว พบประมาณ 2 สกุล ได้แก่ *Gagnepainia* และ *Globba*

3. เผ่า Hedychieae พืชในเผ่านี้มีแนวการเรียงของใบขนานกับแง่ง เกสรเพศผู้เป็นหมันเป็นอิสระไม่ติดกับกลีบปาก แยกออกจากกันชัดเจน รังไข่มี 3 ช่อง พบประมาณ 10 สกุล ได้แก่ *Boesenbergia*, *Caulokaempferia*, *Cautleya*, *Curcuma*, *Curcumorpha*, *Haniffia*, *Hedychium*, *Kaempferia*, *Scaphoclamys* และ *Stahlianthus*

4. เผ่า Zingibereae พืชในเผ่านี้มีแนวการเรียงของใบขนานกับแฉ่ง เป็นพืชที่มีขนาดปานกลาง ความสูงตั้งแต่ 50 เซนติเมตรขึ้นไป เกสรเพศผู้เป็นหมันเชื่อมติดกับกลีบปาก ก้านชูเกสรเพศเมีย (style) ยื่นยาวเหนืออับเรณู (anther) ดอกเกิดจากแฉ่งโดยตรง กลีบปากไม่แยกออกจากกัน ก้านชูเกสรเพศผู้โค้งยาว ส่วนปลายมีระยางค์ยื่นออกมา รังไข่มี 3 ช่อง พบได้ 1 สกุล ได้แก่ *Zingiber*

ลักษณะทางสัณฐานวิทยา

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชตระกูลขิงโดยทั่วไปมีดังนี้

ราก (root) เป็นระบบรากพิเศษ ประกอบด้วยรากขนาดเล็ก จำนวนมาก แตกออกตามข้อที่ส่วนโคนของแฉ่งและลำต้น (Purseglove, 1985)

แฉ่ง (rhizome) ลำต้นใต้ดินเลื้อยไปตามแนวนอน เรียงอยู่ในแนวเดียวกัน เห็นข้อและปล้องที่หดสั้น จำนวนมากขึ้นอยู่กับขนาดแฉ่ง มีกลิ่นเฉพาะตัว (Purseglove, 1985)

ลำต้น (stem) ลำต้นเหนือดินมีลักษณะเป็นลำต้นเทียมห่อหุ้มด้วยกาบใบ (leaf sheath) ทำหน้าที่เป็นก้านใบ (petiole) (Purseglove, 1985)

ใบ (leaf) เป็นใบเดี่ยว แตกเป็น 2 แถวเรียงสลับ ฐานใบเป็นปลอกหุ้มต้น แผ่นใบรูปรี รูปใบหอก หรือรูปขอบขนาน เส้นใบขนานแบบขนนก ฐานใบมนหรือเว้า ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ (Holtum, 1950)

ลิ้นใบ (ligule) มีลักษณะเป็นแผ่นเยื่อบางๆ หรือเป็นขนสั้นๆ เรียงเป็นแถวอยู่ที่รอยต่อระหว่างกาบใบกับแผ่นใบด้านบน (Holtum, 1950)

ช่อดอก (inflorescence) การเกิดช่อดอกมี 2 แบบคือ ออกที่ปลายยอดของลำต้นเหนือดิน และแตกจากตาของแฉ่งบริเวณโคนของลำต้นเหนือดิน ช่อดอกแบบช่อเชิงลด (spike) หรือแบบช่อกระจจะ (raceme) จำนวนหลายแขนง แต่ละแขนงมีดอกจำนวนมาก ในบางชนิดลดรูปลงไปเหลือดอกเพียงดอกเดียว แขนงช่อดอกแต่ละอันมีใบประดับหลัก (primary bract) รองรับเรียงวนเป็นเกลียวรอบแกนช่อดอก (Siriruga, 1987)

ดอก (flower) เป็นดอกสมมาตรด้านข้าง (irregular symmetry) มี 6 กลีบ เรียงเป็น 2 ชั้น แยกเป็นกลีบเลี้ยง 3 กลีบติดกันเป็นหลอด กลีบดอกมี 3 กลีบขนาดไม่เท่ากัน เกสรเพศผู้มี 6 อันแต่ทำหน้าที่เพียง 1 อัน อยู่ในแนวรัศมีเดียวกับกลีบดอกอันบน เกสรเพศผู้ 3 อันเชื่อมติดกัน และแผ่นเป็นแผ่นแบนกว้าง เปลียนหน้าที่ล่อแมลง มีสีส้มสวยงาม เรียกว่า กลีบปาก (lip หรือ labellum) อีก 2 อันอยู่ที่บริเวณโคนปาก อับเรณู มี 2 อัน เรียงตามยาวขนานกัน เมื่อแก่จะแตกตามยาว ก้านชูอับเรณู (filament) ไม่ติดกัน รูปรียาว และเป็นร่องลึก เกสรเพศเมีย (pistil) มีรังไข่ฝังอยู่ใต้ฐานดอก (inferior ovary) ภายในรังไข่มี 3 ช่อง (trilocular) แต่ละช่องมีไข่อ่อน

(ovule) จำนวนมาก และไข่อ่อนติดรอบแกนร่วม (axile placentation) ก้านเกสรเพศเมีย (style) มี 1 อันเป็นเส้นเรียวยึดกับก้านชูอับเรณู แทรกผ่านอับเรณูและส่วนปลายอยู่เหนือระดับเกสรเพศผู้ บริเวณโคนของเกสรเพศเมียอาจมีต่อมน้ำหวาน หรือไม่มีต่อมน้ำหวาน (Holttum, 1950 ; Burt and Smith, 1972)

ผล (fruit) มีอยู่ 2 แบบ คือ ผลแห้งแตก (capsule) และผลมีเนื้อหลายเมล็ด (berry) (Purselove, 1985)

เมล็ด (seed) รูปร่างหรือรูปไข่ มีมุมที่ค่อนข้างแข็ง มีเยื่อบางๆ ภายในเมล็ด ประกอบด้วย นิวเคลลัส (nucellus) สีขาว มีชั้นอาหารสะสม (endosperm) แข็งอยู่ล้อมรอบคัพภะ (embryo) (Burt and Smith, 1972)

ลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืชตระกูลขิงบางสกุล

สกุลข่า (*Alpinia*)

ลักษณะของพืชสกุลนี้ เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี มีเหง้าหรือแงงใต้ดิน เลื้อยขนานกับผิวดิน เห็นข้อและปล้องชัดเจน จะแตกแขนงเป็นง่าม ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปใบหอก ใบยาว ปลายใบแหลม ขอบใบเรียบ ก้านใบแผ่เป็นกาบหุ้มซ้อนกันคล้ายลำต้น ช่อดอกแบบช่อเชิงลด หรือ ช่อแยกแขนง ออกตรงส่วนปลายยอด ดอกย่อยมีขนาดเล็ก กลีบเลี้ยงมีโคนเชื่อมกัน เป็นหลอดยาว กลีบดอกเป็นหลอดขนาดสั้นกว่ากลีบเลี้ยง สีขาว กลีบปากรูปแตรขนาดใหญ่มีจุดสีเหลือง สีส้มปนแดง เกสรเพศผู้มีก้านยาว ก้านชูอับเรณูเหนียว อับเรณูเรียบไม่มีระยางค์ยื่นออกมา ผลแห้งแตก รูปกลมหรือทรงรี สีเขียว เหลือง ส้ม แดงหรือดำ ภายในผลมีเมล็ดจำนวนมาก (Dassanayake and Fosberg, 1983)

สกุลกระวาน (*Amomum*)

ลักษณะของพืชสกุลนี้ เป็นพืชล้มลุกอายุหลายปี มีเหง้าหรือแงงใต้ดิน เลื้อยขนานกับผิวดิน สูง 1 – 3 เมตร กาบใบหุ้มซ้อนกันคล้ายลำต้น ใบเดี่ยว แคบยาว ขอบขนาน เรียงสลับ กาบใบสั้น หรือไม่มีกาบใบ ก้านใบมีขนาดปานกลาง ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ออกจากแงงชูขึ้นมาเหนือดิน รูปทรงกระบอก ยาว 6 – 15 เซนติเมตร ใบประดับรูปไข่ สีเหลืองนวล เรียงสลับอัดกันแน่น ในซอกใบประดับมีดอก 1 – 3 ดอก กลีบเลี้ยงเป็นหลอดยาว ปลายกลีบเลี้ยงมี 3 กลีบ กลีบดอกสีเหลืองเป็นหลอดแคบ เกสรเพศผู้เป็นหมันลดรูปเป็นกลีบปากขนาดใหญ่ สีขาว มีแถบสีเหลืองตรงกลาง ส่วนของเกสรเพศผู้มีขนาดใหญ่ อับเรณูมีระยางค์ยื่นออกมา ผลแบบแห้งแตก ทรงกลมหรือขอบขนาน ผิวมีหนามไม่เรียบ มีเมล็ดจำนวนมาก (มาลี, 2536 ; Dassanayake and Fosberg, 1983)

สกุลกระชาย (*Boesenbergia*)

ลักษณะของพืชสกุลนี้ เป็นพืชล้มลุกขนาดเล็ก ลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้าหรือแง่ง ขนาดสั้น แดกหน่อได้ สูง 20 – 60 เซนติเมตร มีจำนวนใบ 2 – 8 ใบ ใบเดี่ยว เรียงสลับ รูปรี ปลายเรียวแหลม ขอบใบเรียบ ดอกออกระหว่างกลางกลุ่มใบที่ปลายยอด ขณะดอกตูมมีกาบใบหุ้ม แขนกลางสั้น ซ่อนอยู่ในใบประดับ ใบประดับสีขาวหรือสีชมพูอ่อน กลีบเลี้ยงติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 3 แฉก สีขาวหรือสีชมพูอ่อน กลีบดอกเชื่อมติดกันเป็นหลอด ปลายแยกเป็น 3 แฉก ขนาดไม่สม่ำเสมอ สีขาวหรือสีขาวอมชมพู ก้านเกสรเพศผู้สั้น กลีบปากมีขนาดใหญ่กว่ากลีบดอก รังไข่มี 3 ช่อง ผลแห้งแตก รูปทรงรี เมล็ดใหญ่ (Sirirugsa, 1992a)

สกุลขมิ้น (*Curcuma*)

ลักษณะของพืชสกุลนี้ เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้าหรือแง่ง แดกแขนงได้ง่าย ลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นเทียม เกิดจากกาบใบซ้อนทับกัน สูง 50 – 70 เซนติเมตร ใบเดี่ยว รูปยาวรี ปลายแหลม ฐานใบมน ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ออกส่วนปลายระหว่างกลางกลุ่มใบ รูปทรงกระบอก ยาว 10 – 18 เซนติเมตร กว้าง 5 เซนติเมตร ใบประดับขนาดใหญ่ รูปไข่ เรียงซ้อนกันเป็น ช่อรูปกรวย ใบประดับย่อยด้านบนมักไม่มีดอก ใบประดับด้านล่างแต่ละใบจะรองรับดอก 1 ดอก ดอกมีกลีบเลี้ยง 3 กลีบอยู่เหนือรังไข่ เชื่อมกันเป็นหลอดหุ้มโคนของกลีบดอกไว้ กลีบเลี้ยงสั้น รูปทรงกระบอกหักเป็นซี่ กลีบดอกมีโคนเชื่อมกันเป็นหลอดรูปกรวย ปลายกลีบรูปไข่ มี 3 กลีบ กลีบกลางมีขนาดใหญ่กว่ากลีบข้าง ก้านเกสรเพศผู้สั้นและกว้าง รังไข่มี 3 ช่อง ผลแห้งแตก มีเนื้อเยื่อสีส้ม (วรรณภา, 2540 ; Sirirugsa, 1992a)

สกุลเปราะหอม (*Kaempferia*)

ลักษณะของพืชสกุลนี้ เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้าหรือแง่ง แตกแขนงได้ง่าย ลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นเทียม เกิดจากกาบใบ สูงประมาณ 30 เซนติเมตร ใบเรียงสลับ ใบมีขนาดใหญ่ กว้าง 7 – 15 เซนติเมตร ยาว 30 – 35 เซนติเมตร ใบอ่อนม้วนกลมเป็นรูปกรวยหงาย ใบสีเขียวเข้ม ช่อดอกออกจากปลายยอดมีก้านสั้น กลีบเลี้ยงสั้น รูปทรงกระบอก กลีบดอกที่โคนเชื่อมกัน เป็นหลอดรูปท่อขนาดเล็ก สีชมพูอ่อน อับเรณูเป็นสันกลม เกสรเพศผู้มีลักษณะเหมือนกับกลีบดอก เป็นแผ่นบาง เกสรเพศเมียมีขนาดเล็ก รังไข่มี 3 ช่อง ผลแห้งแตก รูปขอบขนาน ผนังบาง (Siriruga, 1992b)

สกุลขิง (*Zingiber*)

ลักษณะของพืชสกุลนี้ เป็นพืชล้มลุก มีลำต้นใต้ดินเรียกว่าเหง้าหรือแง่ง แตกแขนงได้ง่าย ลำต้นเหนือดินเป็นลำต้นเทียม ใบเดี่ยว รูปหอก ปลายใบแหลม ช่อดอกแบบช่อเชิงลด ออกจากแง่ง รูปทรงกระบอกหรือรูปกรวย มีใบประดับขนาดใหญ่เรียงซ้อนกันเป็นแถวเหลื่อมกันหลายแถว อัดกันแน่น บางชนิดขอบม้วนเข้าข้างใน ใบประดับย่อยมีดอก 1 ดอก กลีบเลี้ยงบาง กลีบดอกส่วนโคนเชื่อมติดกันเป็นหลอดยาว ปลายแยกเป็น 3 แฉก ด้านบนกว้างกว่าด้านล่าง ก้านเกสรเพศผู้เป็นเส้นยาว อับเรณูเป็นเดี่ยวโค้งเรียวยาว เกสรเพศเมียมีรังไข่ 3 ช่อง ผลแห้งแตก เปลือกบาง เมล็ดสีดำ (Larsen, 1980)

รูปวิธานของพืชตระกูลขิงบางสกุล

Keng *et al.* (1998) จัคนุกรมวิธานระดับสกุล ไว้ดังนี้

- ก. ใบเรียงวนเป็นเกลียวหุ้มรอบต้น.....*Costus*
- ก. ใบเรียงสลับเป็น 2 แถว
- ข. ก้านเกสรเพศผู้ยาว อับเรณูโค้งงอ รูปรี มีติ่งแหลม 2 – 4 อัน.....*Globba*
- ข. ก้านเกสรเพศผู้สั้น อับเรณูเรียบ มีติ่ง 1 อัน
- ค. เกสรเพศผู้เป็นหมัน มีลักษณะคล้ายกลีบปากเห็นได้ชัดเจน
- ง. เกสรเพศผู้เป็นหมัน เชื่อมติดกับกลีบปาก.....*Zingiber*
- ง. เกสรเพศผู้เป็นหมัน แยกกันกับกลีบปาก
- จ. ใบประดับของช่อดอกเชื่อมตามขอบส่วนล่างของดอก ปลายช่อดอกเป็นกระจุก ใบประดับมีดอก 2 – 3 ดอก.....*Curcuma*
- จ. ใบประดับของช่อดอกไม่เชื่อมติดกัน ปลายช่อดอกไม่เป็นกระจุก
- ฉ. ก้านชูอับเรณูยาว มีขนาดยาวกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวกลีบปาก.....*Hedychium*
- ฉ. ก้านชูอับเรณูสั้นมาก มีขนาดสั้นกว่าครึ่งหนึ่งของความยาวกลีบปาก.....*Kaempferia*
- ค. เกสรเพศผู้เป็นหมัน มีขนาดเล็กหรือแปรรูปเป็นซี่ละเอียด
- ช. ช่อดอกอยู่ที่ปลายยอด..... *Alpinia*
- ช. ช่อดอกไม่อยู่ที่ปลายยอด
- ซ. ช่อดอกแทงทะลุออกมาไปทางด้านข้างของลำต้น.....*Plagiostachys*
- ซ. ช่อดอกแทงทะลุออกมาโดยตรงจากแง่งใต้ดิน
- ฅ. ช่อดอกมีใบประดับซ้อนเหลื่อมกัน
- ญ. ก้านช่อดอกยาวมากกว่า 30 เซนติเมตร และอยู่เหนือพื้นดิน.....*Nicolaia*
- ญ. ก้านช่อดอก ยาว 5 – 20 เซนติเมตร บางส่วนหรือทั้งหมดอยู่ใต้พื้นดิน.....*Hornstedtia, Etlingera*
- ณ. ช่อดอกมีใบประดับไม่ซ้อนเหลื่อมกัน
- ฎ. ดอกเป็นช่อแน่น.....*Amomum*
- ฎ. ดอกเดี่ยว.....*Elettariopsis*

ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์

กายวิภาคศาสตร์ (Anatomy) หรือรูปร่างและโครงสร้างภายในของอวัยวะพืช เป็นแหล่งข้อมูลที่ใช้ในทางอนุกรมวิธานมาช้านาน ข้อมูลทางกายวิภาคศาสตร์มีประโยชน์อย่างยิ่งในการไขปัญหาทางด้านความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืช และยังสามารถช่วยในการแปลผลทางวิวัฒนาการได้เป็นอย่างดี ข้อมูลทางด้านกายวิภาคศาสตร์ที่มีการศึกษามี 2 ประเภท คือ กายวิภาคระดับเซลล์และกายวิภาคระดับต่ำกว่าเซลล์ ส่วนที่นำมาศึกษากันมาก ได้แก่ ใบและลำต้น ก้านใบ แผ่นใบ หรือใบเลี้ยงที่มีโครงสร้างของท่อลำเลียง รวมถึงรูปแบบการเรียงของเส้นใบที่มีความแปรผัน สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้เช่นเดียวกับลำต้น (กันยา, 2545) การศึกษากายวิภาคศาสตร์ทำให้ทราบรายละเอียดของโครงสร้างและรูปแบบภายในของลักษณะทางสัณฐานวิทยาของพืช (Little and Jones, 1980) ซึ่งนับเป็นเวลามากกว่าหนึ่งศตวรรษที่ได้นำลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของพืชมาเปรียบเทียบ เพื่อจัดจำแนกพืชอย่างเป็นระบบ โดยการอาศัยข้อมูลทางกายวิภาคศาสตร์ที่ได้เป็นพื้นฐานในการคาดการณ์ถึงระดับความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืช ซึ่งใช้หลักการคือลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์บางลักษณะเป็นการถ่ายทอดและเกี่ยวเนื่องร่วมกันกับลักษณะอื่นๆ การใช้ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ในการจัดจำแนกพืชต้องใช้ร่วมกับลักษณะอื่นๆ ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ส่วนใหญ่ใช้เพื่อจัดจำแนกพืชในระดับชั้นสูง และมีน้อยมากที่ใช้เพื่อจัดจำแนกพืชในระดับกลุ่มของสกุล (Jones and Luchsinger, 1979) จากสมมติฐานดังกล่าวเป็นสิ่งที่นักอนุกรมวิธานพืชส่วนใหญ่เห็นด้วย โดยศึกษาโครงสร้างภายในของอวัยวะที่ใช้เพื่อการเจริญเติบโตของพืชมีดอก เพื่อจุดประสงค์ดังต่อไปนี้ คือ เพื่อจัดจำแนกกลุ่มพืชโดยอาศัยอวัยวะที่เป็นส่วนที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจ เพื่อจัดจำแนกโดยอาศัยตัวอย่างพืชแห้ง (herbarium specimens) และเพื่อคาดการณ์ถึงความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมของพืชชนิดต่างๆ ที่ได้จำแนกในระดับที่สูงกว่าระดับของชนิด ส่วนในระดับที่ต่ำกว่าชนิดนั้นนิยมใช้วิธีการอื่นมากกว่า เพราะมีประสิทธิภาพที่สูงกว่า (Heywood, 1968)

สำหรับการศึกษาลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ของพืชตระกูลขิง ตามรายงานของ Thammathaworn and Lakoet (2003) ได้จำแนกพืชสกุล *Kaempferia* ที่ได้รวบรวมตัวอย่างพืชในภาคตะวันออกเฉียงเหนือของประเทศไทย จำนวน 11 ชนิด โดยการเปรียบเทียบการปรากฏหรือไม่ปรากฏของขนบนผิวด้านบนใบ สามารถจัดจำแนกพืชออกเป็น 2 กลุ่มใหญ่ คือ กลุ่มที่ 1 เป็นกลุ่มที่มีขนบนผิวใบ ได้แก่ *K. elegans*, *K. grandifolia*, *K. laotica*, *K. parviflora*, *K. rotunda*, *K. filifolia* และ *K. pulchra* กลุ่มที่ 2 กลุ่มที่ไม่ปรากฏขนบนผิวใบ ได้แก่ *K. angustifolia*, *K. galanga*, *K. marginata* และ *K. siamensis* นอกจากนี้ลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ยังสามารถ

จัดจำแนกพืชสกุลอื่นได้ เช่น Akhil (1998) ได้ศึกษาลักษณะกายวิภาคศาสตร์ของกล้วยไม้ในประเทศอินเดีย พบว่า ส่วนของใบมีลักษณะของปากใบ 2 ชนิด คือ anomocytic และ tetracytic ส่วนปากใบของลำต้นมี 1 ชนิด คือ tetracytic และมีการจัดเรียงของกลุ่มท่อลำเลียงแบบกระจัดกระจาย เมื่อเปรียบเทียบลักษณะทางกายวิภาคศาสตร์ดังกล่าว สามารถจัดจำแนกกล้วยไม้ 2 ชนิด คือ *Vanilla pififera* กับ *Vanilla wightiana* ออกจากกันได้ การศึกษาเนื้อเยื่อในอวัยวะต่างๆ ของพืชสามารถใช้เป็นลักษณะที่เปรียบเทียบความเหมือนหรือความแตกต่างระหว่างพืชแต่ละชนิดได้ (ดวงทิพย์, 2539)

ลักษณะทางเซลล์วิทยา

เซลล์วิทยาเป็นการศึกษาเกี่ยวกับเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ภายในเซลล์พืชแต่ละชนิดมีโครโมโซมรูปร่างลักษณะและจำนวนที่แน่นอน มักศึกษาเซลล์วิทยาในเซลล์ที่กำลังมีการแบ่งตัวแบบไมโทซิส (mitosis) หรือ ไมโอซิส (meiosis) (กฤษฎา, 2519) การศึกษาโครโมโซมร่างกาย (somatic chromosome) ของเซลล์ปลายยอดหรือปลายรากที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue) ซึ่งเป็นบริเวณที่มีเซลล์กำลังแบ่งตัวแบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์ระยะเมตาเฟส (metaphase) เป็นระยะที่โครโมโซมมีการหดตัวมากที่สุด ทำให้เห็นโครโมโซมชัดเจน สามารถนับจำนวนได้ถูกต้องและแม่นยำ ความแตกต่างของโครโมโซมในคาริโอไทป์ (karyotype) แบบต่างๆ สามารถเปรียบเทียบโดยอิดิโอแกรม (idiogram) ซึ่งอาศัยข้อมูลของความยาวโครโมโซม รูปร่างโครโมโซม ตำแหน่งเซนโทรเมียร์ (centromere) เป็นหลัก (ชัยฤกษ์, 2525 ; กัญชรัตน์, 2532 ; วิสุทธิ, 2536) การศึกษาจำนวนและรูปร่างโครโมโซมจึงมีประโยชน์ทางการปรับปรุงพันธุ์และการจำแนกพันธุ์พืชได้ (อดิศร, 2539)

คาริโอไทป์ คือ การศึกษาลักษณะโครงสร้างของโครโมโซมซึ่งประกอบด้วยจำนวน ขนาด และรูปร่างของโครโมโซม นำมาจัดคู่โครโมโซมที่เป็นคู่กัน การจัดคาริโอไทป์จะดำเนินการในลักษณะอิดิโอแกรม ซึ่งแสดงโดยเรียงโครโมโซมทั้งหมดตามขนาดของโครโมโซมหรือจัดแสดงในรูปของกลุ่มโครโมโซม (Dyer, 1979) คาริโอไทป์ของสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดโครโมโซมใกล้เคียงกัน มีโครโมโซมชนิด metacentric กับ submetacentric เรียกว่า symmetrical karyotype และโครโมโซมที่มีขนาดแตกต่างกัน มีโครโมโซมชนิด submetacentric, acrocentric และ telocentric เรียกว่า asymmetrical karyotype (Stebbins, 1971)

Omanakumari and Mathew (1985) ได้ศึกษาลักษณะคาริโอไทป์ของ *Zingiber wightianum* Thw. และ *Zingiber macrostachyum* Dalz. พบว่าพืชทั้งสองชนิดมีจำนวนโครโมโซม $2n = 22$ *Zingiber wightianum* Thw. มีโครโมโซมยาว 2.66 – 5.99 ไมครอน ชนิดของโครโมโซมคือ metacentric และ submetacentric พบ satellite chromosome บนคู่ที่ 4 ส่วนลักษณะคาริโอไทป์ของ *Zingiber macrostachyum* Dalz. มีโครโมโซมยาว 3.33 – 8.00 ไมครอน ชนิดของโครโมโซมที่พบคือ metacentric และ submetacentric และพบ satellite chromosome บนคู่ที่ 5

ชัยฤกษ์ (2525) และ Shiotani (1994) ได้กล่าวถึงเทคนิคของการนำเนื้อเยื่อพืชมาศึกษาด้วยวิธีที่เรียกว่า Feulgen squash method โดยมีขั้นตอนดังต่อไปนี้ ขั้นตอนที่หนึ่งคือ การหยุดวงจรชีวิตของเซลล์ (pretreatment) เป็นการนำชิ้นส่วนเนื้อเยื่อที่ต้องการศึกษามาแช่ในสารเคมี colchicine para-dichlorobenzene และ hydroxyquinoline สารเคมีที่ใช้มีผลต่อการยับยั้งสปินเดิลไฟเบอร์ (spindle fiber) จะทำให้โครโมโซมซึ่งประกอบด้วย 2 โครมาติด ไม่ถูกดึงไปยังแต่ละขั้วของเซลล์ให้กระจายอยู่ทั่วๆ ไปภายในเซลล์ และช่วยให้โครโมโซมหดตัวได้ดี เพื่อสะดวกในการนับ ขั้นตอนที่สองคือ การหยุดการทำงานของเซลล์หรือการตรึงเซลล์ (fixation) เป็นการรักษาสภาพให้อยู่ในสภาพที่สมบูรณ์ โดยใช้สารละลายคาร์นอย (Carnoy's solution) ที่มีส่วนผสมของ absolute ethanol และ glacial acetic acid ในอัตราส่วน 3 : 1 แช่เนื้อเยื่อเป็นเวลา 5 นาทีที่อุณหภูมิห้องหรือแช่ในกรดอะซิติกเข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ นาน 30 นาที ขั้นตอนที่สามคือ การเก็บรักษาเนื้อเยื่อ (storage) โดยเก็บด้วยแอลกอฮอล์เข้มข้น 70 เปอร์เซ็นต์ ที่อุณหภูมิ 10 – 15 องศาเซลเซียส ขั้นตอนที่สุดคือ การย่อยแยกเซลล์ (hydrolysis) โดยนำเนื้อเยื่อแช่ในสารละลายไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 นอร์มอล (N) ที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส นาน 5 นาที ซึ่งจะช่วยให้ middle lamella ทำให้เซลล์แยกตัวออกมาเป็นเซลล์เดี่ยวๆ และขั้นตอนสุดท้ายคือ การย้อมสีและการขยี้เนื้อเยื่อ (staining and squash) เป็นขั้นตอนของการนำเนื้อเยื่อที่ผ่านการย่อยแยกเซลล์มาแล้ว มาวางบนแผ่นกระจก (slide) หยดด้วยสี aceto-carmin, aceto-orcein หรือ carbol fuchsin (Chen, 1992) ขยี้เนื้อเยื่อให้แยกออกจากกัน ปิดด้วยแผ่นแก้ว (cover glass) และนำไปศึกษาโครโมโซมภายใต้กล้องจุลทรรศน์

การศึกษาเซลล์วิทยาของพืชตระกูลขิงได้มีผู้ที่ทำการศึกษาไว้ พบว่ามีจำนวนโครโมโซมของพืชแต่ละชนิดดังตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของพืชตระกูลขิง

พืชตระกูลขิง	จำนวนโครโมโซม ในเซลล์ร่างกาย	ผู้ศึกษา (ปีที่ศึกษา)
<i>Alpinia allughas</i> Rosc.	48	Chakravorti (1948)
<i>A. calcarata</i> Rosc.	48	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>A. conchigera</i> Griff.	48	Eksomtramage <i>et al.</i> (1996)
<i>A. galanga</i> Sw.	48	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>A. henryi</i> K. Schum.	48	ประเสริฐ (2543)
<i>A. mutica</i> Roxb.	48	Mahanty (1970)
<i>A. purpurata</i> (Vieilli) K. Schum.	48	ประเสริฐ (2543)
<i>Amomum aculeatum</i> Roxb.	52	Eksomtramage <i>et al.</i> (2001)
<i>A. involucreatum</i> Benth.	48	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>A. microstephanum</i> Baker	48	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>A. hypoleucum</i> Thw.	48	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>A. biflorum</i> Jack	48	Eksomtramage <i>et al.</i> (2001)
<i>A. uliginosum</i> A.Koenig	48	Eksomtramage <i>et al.</i> (2001)
<i>Boesenbergia basispicata</i> Larsen ex Sirirugsa	20	กัญญา (2537)
<i>B. curtisii</i> (Baker) Schltr.	24	กัญญา (2537)
<i>B. plicata</i> (Ridl.) Holtt.	20	Beltran and Kiew (1984)
<i>B. prainiana</i> (Baker) Schltr.	20	กัญญา (2537)
<i>B. rotunda</i> (L.) Mansf	36	กัญญา (2537)
<i>Curcuma amada</i> Roxb.	42	Chakravorti (1948)
<i>C. aromatic</i> Salisb.	42	Chakravorti (1948)

ตารางที่ 1 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายของพืชตระกูลขิง (ต่อ)

พืชตระกูลขิง	จำนวนโครโมโซม ในเซลล์ร่างกาย	ผู้ศึกษา (ปีที่ศึกษา)
<i>C. aurantiaca</i> Van Zijp	42	พิมพ์ใจ และคณะ (2539)
<i>C. dicipiens</i> Dalz.	42	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>C. longa</i> Linn.	63	Chakravorti (1948)
<i>C. nelgherrensis</i> wt.	42	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>C. petiolata</i> Wall.	42	พิมพ์ใจ และคณะ (2539)
<i>C. roscoeana</i> Wall.	42	พิมพ์ใจ และคณะ (2539)
<i>C. thorelii</i> Gagnep.	36	พิมพ์ใจ และคณะ (2539)
<i>C. zeodaria</i> Rosc.	63	Chakravorti (1948)
<i>Elettariopsis curtisii</i> Baker	48	Eksomtramage <i>et al.</i> (2001)
<i>E. triloba</i> (Gagnep.) Loes.	48	Eksomtramage <i>et al.</i> (2001)
<i>Kaempferia galanga</i> Linn.	54	Raghavan and Venkatasubban (1943)
<i>K. marginata</i> Caray.	55	ถัดดา และกัญญา (2538)
<i>K. parviflora</i> Wall.	22	Mahanty (1970)
<i>K. pulchra</i> Ridl.	22	Mahanty (1970)
<i>K. roscoeana</i> Wall.	22	Mahanty (1970)
<i>K. rotunda</i> Linn.	33	ถัดดา และกัญญา (2538)
<i>Zingiber corallinum</i> Hance	22	Goldblatt and Johnson (1991)
<i>Z. macrostachyum</i> Dalz.	22	Goldblatt and Johnson (1991)
<i>Z. multibracteatum</i> Holtt.	22	Ramachandran (1969)
<i>Z. officinale</i> Rosc.	22	Ramachandran (1969)
<i>Z. roseum</i> Rosc.	22	Ramachandran (1969)
<i>Z. wightianum</i> Thw.	22	Ramachandran (1969)
<i>Z. zerumbet</i> Sw.	22	Ramachandran (1969)

ลักษณะแบบแผน allozyme

การแยกโมเลกุลสารที่มีประจุ เช่น กรดอะมิโน กรดนิวคลีอิก โปรตีน โดยให้สารเหล่านี้เคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า ซึ่งสารมีอัตราการเคลื่อนที่แตกต่างกัน ได้นำเทคนิคทางด้านอิเล็กโทรโฟรีซิสที่มีการศึกษากันตั้งแต่ช่วงต้นทศวรรษของปี ค.ศ. 1950 โดย Smithies (1955) พบว่ามีรูปแบบของไอโซไซม์จำนวนมาก ซึ่งเกิดจากการพัฒนาของเทคนิคการแยกสารทางชีวเคมีโดยวิธีอิเล็กโทรโฟรีซิสชนิดแบ่ง ต่อมาในปี ค.ศ. 1957 Hunter and Markert ได้ทดลองโดยใช้เจลแบ่งเมื่อนำไปย้อมสีเฉพาะ สามารถมองเห็นแถบเอนไซม์ได้ชัดเจนขึ้น และเป็นผู้เสนอให้ใช้คำว่าไซโมแกรม (zymogram) เพื่อแสดงถึงแผนภาพแถบ (band) ของเอนไซม์ที่ปรากฏบนแผ่นแบ่งด้วยรูปแบบของไอโซไซม์สามารถแสดงความผันแปรระหว่างต้นในประชากรเดียวกันได้ จึงมีการนำไปใช้ในงานวิจัยทางด้านความหลากหลายของพืชในระดับอนุกรมวิธาน ซึ่งรูปแบบไอโซไซม์สามารถแสดงลักษณะเหมือน markers ที่เฉพาะในพืชนั้นๆ นอกจากนี้ยังใช้ศึกษาความสามารถในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปสู่รุ่นลูกได้ ใช้ในการจำแนกตำแหน่งของยีน (gene) ที่เฉพาะได้ และใช้เพื่อเปรียบเทียบความผันแปรของรูปแบบของแถบไอโซไซม์ (Haq, 1996)

ปัจจุบันการศึกษาชีวเคมีและชีวโมเลกุล สามารถใช้กับงานด้านจำแนกพันธุ์พืชมากขึ้น โดยศึกษาโมเลกุลของโปรตีนหรือเอนไซม์ภายในต้นพืช เพราะข้อมูลทางพันธุกรรมที่ถ่ายทอดจากพ่อแม่มาสู่ลูกจะถูกแปลงเป็นโมเลกุลโปรตีนหรือเอนไซม์โดยตรง จึงเป็นสารเริ่มแรกที่ถูกถ่ายทอดโดยตรงจากยีน เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงไป ซึ่งจะทำให้เกิดความแตกต่างของการเคลื่อนที่ในสนามไฟฟ้า เมื่อเปรียบเทียบกับโปรตีนเดิม โดยอาศัยตัวกลางที่เหมาะสมตามวิธีการทางอิเล็กโทรโฟรีซิสซึ่งโมเลกุลต่างๆ จะเคลื่อนที่ในอัตราที่แตกต่างกัน เมื่อนำมาย้อมสีจะเกิดแถบสีของโปรตีนที่เรียกว่าไซโมแกรม สามารถนำมาใช้ในการจำแนกพืชหรือสายพันธุ์พืชได้ (Abbott, 1986 ; เพิ่มพงษ์, 2531 ; สุคันธรส และคณะ, 2535) ความแตกต่างหรือความคล้ายคลึงของเอนไซม์จะเป็นตัวบ่งชี้ความใกล้ชิดหรือความแตกต่างทางพันธุกรรม พืชที่มีแบบแผนการเรียงของแถบไอโซไซม์เหมือนกันจะมีพันธุกรรมเหมือนกัน หากมีความแตกต่างกันแสดงว่าพืชชนิดนั้นๆ มีพันธุกรรมที่แตกต่างกัน (เสาวณี, 2538) ในการแยกความแตกต่างของโปรตีนในพืชแม่โปรตีน 2 ชนิดที่มีลักษณะแตกต่างกัน แต่มีความหนาแน่นของประจุเท่ากัน ไม่สามารถแยกออกจากกันเมื่อใช้เทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบกระดาษ หากใช้เทคนิคอิเล็กโทรโฟรีซิสแบบเจลกึ่งแข็ง (polyacrylamide gel electrophoresis) ขนาดความพรุนที่เหมาะสมจะทำให้อัตราการเคลื่อนที่ของโปรตีนขนาดใหญ่ช้ากว่าอัตราการเคลื่อนที่ของโปรตีนขนาดเล็ก ดังนั้นการเลือกเทคนิคที่เหมาะสมจึงแยกโปรตีน 2 ชนิดออกจากกันได้ (อาภัสสร, 2537)

การศึกษาความหลากหลายทางพันธุกรรมในระดับโมเลกุลของโปรตีนและเอนไซม์ภายในต้นพืช ใช้หลักความแตกต่างหรือความคล้ายคลึงกันของเอนไซม์เป็นตัวบ่งชี้ความใกล้ชิดหรือความแตกต่างทางพันธุกรรม เทคนิคนี้เป็นวิธีที่ประหยัดค่าใช้จ่าย และง่ายต่อการเรียนรู้ (สุกมลและเดวิด, 2540) สำหรับงานวิจัยในระดับโมเลกุลของโปรตีนและเอนไซม์ได้นำมาใช้ในการบ่งชี้พันธุ์หรือชนิดพืช รวมทั้งใช้ในการประเมินระดับความหลากหลายทางพันธุกรรมในพืชหลายชนิดเป็นการหาความสัมพันธ์ทางพันธุกรรมระหว่างพืชปลูกและพืชป่า เช่น ชาญี่ปุ่น (Japanese tea) (Wendel and Parks, 1983) แอปเปิลหนู (crab apple) (Marquard and Chan, 1995) และเงาะ (*Nephelium*) (Aradhya *et al.*, 1996) Ibrahim (1996) ได้รายงานไอโซไซม์ของพืชตระกูลจิงสุก *Curcuma* จำนวน 4 ชนิด คือ *C. domestica*, *C. mangga*, *C. xanthorrhiza* และ *C. zedoaria* โดยใช้เอนไซม์ esterase (EST) และ peroxidase (PER) พบว่ามีจำนวนแถบ 2 – 6 และ 3 – 11 แถบตามลำดับ เช่นเดียวกับ วรรณภา (2540) ได้จำแนกพืชสกุลเดียวกันจำนวน 10 ชนิด พบว่าไอโซไซม์ esterase สามารถบ่งชี้ความแตกต่างระหว่างชนิด และความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของพืชทั้ง 10 ชนิดได้ ส่วนไอโซไซม์ peroxidase แยกได้ 8 ชนิด นอกจากนี้ได้เก็บรวบรวมขมิ้นโลก (*C. alismatifolia*) เพื่อเป็นการอนุรักษ์พันธุกรรมจากประเทศญี่ปุ่นและประเทศไทย จำนวน 10 ชนิด โดยใช้ไอโซไซม์ 7 ชนิด ได้แก่ alcohol dehydrogenase (ADH), diaphorase (DIA), esterase (EST), glutamate dehydrogenase (GDH), leucine aminopeptidase (LAP), glucose-6-phosphate isomerase (GPI) และ phosphoglucumutase (PGM) พบว่าไอโซไซม์ ADH, GDH, LAP, GPI และ PGM สามารถจำแนกพืชออกจากกันได้มีจำนวนแถบ 3, 5, 3, 6 และ 6 แถบ ตามลำดับ ส่วน DIA และ EST ไม่สามารถแยกพืชออกจากกันได้ (Paisooksantivatana *et al.*, 2001)

Obara-Okeyo *et al.* (1998) ใช้เอนไซม์ 8 ชนิด ศึกษาความใกล้ชิดทางพันธุกรรมของกล้วยไม้สกุลกะระระอ่อน (*Cymbidium Swartz*) จำนวน 12 ชนิด พบว่า เอนไซม์ 2 ชนิดคือ malate dehydrogenase (MDH) และ phosphoglucose isomerase (PGI) สามารถแยก *Cymbidium* ออกจากกันได้ทั้งหมด ข้อมูลไอโซไซม์ที่ได้จะช่วยสนับสนุนงานด้านอนุกรมวิธานในการบ่งชี้ชนิดของกล้วยไม้ทั้ง 12 ชนิดได้ สำหรับการจำแนกชนิดของกล้วยไม้สกุลหวายพื้นเมืองของไทย โดยใช้เอนไซม์ 5 ชนิด ได้แก่ EST, LAP, MDH, glutamate-oxaloacetate transaminase (GOT) และ shikimate dehydrogenase (SKD) พบว่า สามารถจำแนกชนิดออกจากกันได้ทั้งหมด (Smitamana and Kuntapanom, 1996)

มาลี (2536) ได้ศึกษาสัณฐานและรูปแบบไอโซไซม์ของพืชบางชนิดในสกุล *Amomum* โดยเก็บตัวอย่างพืชจากที่ต่างๆ รวม 17 แหล่ง โดยเปรียบเทียบรูปแบบไอโซไซม์ชนิดต่างๆ ปรากฏว่าไอโซไซม์ PER และ EST ให้แถบสีชัดเจน สามารถใช้จำแนกชนิดพืชในสกุล *Amomum* ได้ พืชต่างชนิดกันมีรูปแบบไอโซไซม์ทั้งสองต่างกันอย่างมาก พืชชนิดเดียวกันแต่ต่างท้องถิ่นหรือต่างต้นกัน มีรูปแบบไอโซไซม์ทั้งสองแตกต่างกันเพียงเล็กน้อย และภายในต้นพืชต้นเดียวกัน ส่วนที่เป็นใบให้รูปแบบไอโซไซม์ทั้งสองชัดเจนกว่าส่วนอื่น

Strefeler and Darro (1996) ศึกษาความผันแปรของไอโซไซม์ของ purple loosestrife (*Lythrum* sp.) พันธุ์ปลูกจำนวน 7 พันธุ์ และพันธุ์ลูกผสมระหว่างชนิด โดยเอนไซม์ PGM และ PGI แสดงบริเวณไอโซไซม์ 3 บริเวณ และเอนไซม์ MDH แสดงบริเวณไอโซไซม์ 2 บริเวณ ใน purple loosestrife พันธุ์ปลูกซึ่งแถบไอโซไซม์ไม่สามารถเป็นลักษณะเฉพาะของ purple loosestrife ที่เป็น polyploid ตามธรรมชาติได้ คำศัพท์ที่ความเหมือนทางพันธุกรรมถูกนำมาใช้ในการทดสอบความสัมพันธ์ระหว่าง purple loosestrife พันธุ์ปลูก นอกจากนี้การวิเคราะห์กลุ่มตามความสัมพันธ์ (cluster analysis) ได้บ่งชี้ว่า *L. salicaria* L. พันธุ์ปลูก 7 พันธุ์มีแหล่งกำเนิดไม่ต่างไปจาก *L. virgatum* L. พันธุ์ปลูก 8 พันธุ์