บทที่ 5
เนื้อเยื่อพื้น (Ground tissue)

เนื้อเยื่อพื้น (ground tissue หรือ fundamental tissue) เป็นเนื้อเยื่อที่ไม่มีลักษณะเด่นในเรื่องของชนิดและหน้าที่ของเซลล์ จึงทำให้พบเนื้อเยื่อชนิดนี้ในตำแหน่งทั่วๆ ไปที่ไม่มีลักษณะเฉพาะ เช่นพบในชั้นคอร์เทกซ์และไส้ใน (pith) เนื้อเยื่อพื้นประกอบด้วยพาเรงคิมา (parenchyma), คอลเลงคิมา (collenchyma) และสเกลอเรงคิมา (sclerenchyma) Mauseth (1988) จัดเนื้อเยื่อทั้ง 3 ชนิดเป็น simple tissue เพราะเป็นเนื้อเยื่อที่ประกอบด้วยเซลล์ชนิดเดียวกันล้วนๆ เช่น เนื้อเยื่อพาเรงคิมาประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาล้วน ในทำนองเดียวกับคอลเลงคิมาและสเกลอเรงคิมาที่ประกอบด้วยเซลล์คอลเลงคิมาและเซลล์สเกลอเรงคิมาตามลำดับ เนื้อเยื่อทั้ง 3 ชนิดนี้แตกต่างกันมากที่สุดในเรื่องของผนังเซลล์ เซลล์พาเรงคิมามีผนังเซลล์ปฐมภูมิ (primary wall) ที่บาง ส่วนเซลล์คอลเลงคิมามีผนังเซลล์ปฐมภูมิที่หนา ในขณะที่เซลล์สเกลอเรงคิมา มีผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยทั้งผนังเซลล์ปฐมภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิ (secondary wall)

5.1 พาเรงคิมา (parenchyma)

เนื้อเยื่อพาเรงคิมาประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาที่มีผนังเซลล์ปฐมภูมิบาง เป็นเนื้อเยื่อพื้นที่พบมากในทุกๆ ส่วนของพืช โดยเฉพาะในชั้นคอร์เทกซ์และไส้ใน นอกจากนี้ยังพบในชั้น mesophyll ของใบ เปลือกหุ้มผล (mesocarp) และในเอนโดสเปิร์ม (endosperm) ของเมล็ด เป็นต้น

พืชที่มีวิวัฒนาการต่ำ เช่นสาหร่ายโดยเฉพาะสาหร่ายหลายเซลล์ (multicellular algae) ประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาล้วนๆ ส่วนพืชในกลุ่ม Bryophyte แม้ว่าจะประกอบด้วยเซลล์พาเรงคิมาล้วนแต่ก็มีความซับซ้อนมากกว่าพวกสาหร่าย ในขณะที่พืชมีท่อลำเลียงชั้นต่ำ (lower vascular plants) เริ่มมีระบบเนื้อเยื่อลำเลียงแบบง่ายๆ เกิดขึ้น ในพืชพวก Gymnosperm และพืชมีดอก พาเรงคิมาก็ยังจัดเป็นเซลล์ส่วนใหญ่ที่ประกอบเป็นเนื้อเยื่อพื้น แต่มีความหลากหลายและซับซ้อนมากขึ้น โดยเฉพาะในพืชมีดอกที่เซลล์มีความแตกต่างในเรื่อง ขนาดของเซลล์ รูปร่าง เมแทบอลิซึมและหน้าที่ของเซลล์ เป็นต้น

5.1.1 แหล่งกำเนิด

ในโครงสร้างของพืชที่มีการเจริญในระยะปฐมภูมิ (primary growth) พาเรงคิมาที่เป็น simple tissue จะพบในส่วนของคอร์เทกซ์และไส้ในของรากและลำต้น ในชั้น mesophyll ของใบและในส่วนของดอก ซึ่งพาเรงคิมาเหล่านี้มีจุดกำเนิดมาจาก ground meristem ส่วนในโครงสร้างที่มีการเจริญในระยะทุติยภูมิ (secondary growth) พาเรงคิมาที่เป็น simple tissue ได้แก่ส่วนของ phelloderm โดยเจริญมาจาก phellogen ในขณะที่พาเรงคิมาที่เป็น complex tissue เจริญมาจาก procambium และ vascular cambium

5.1.2 หน้าที่

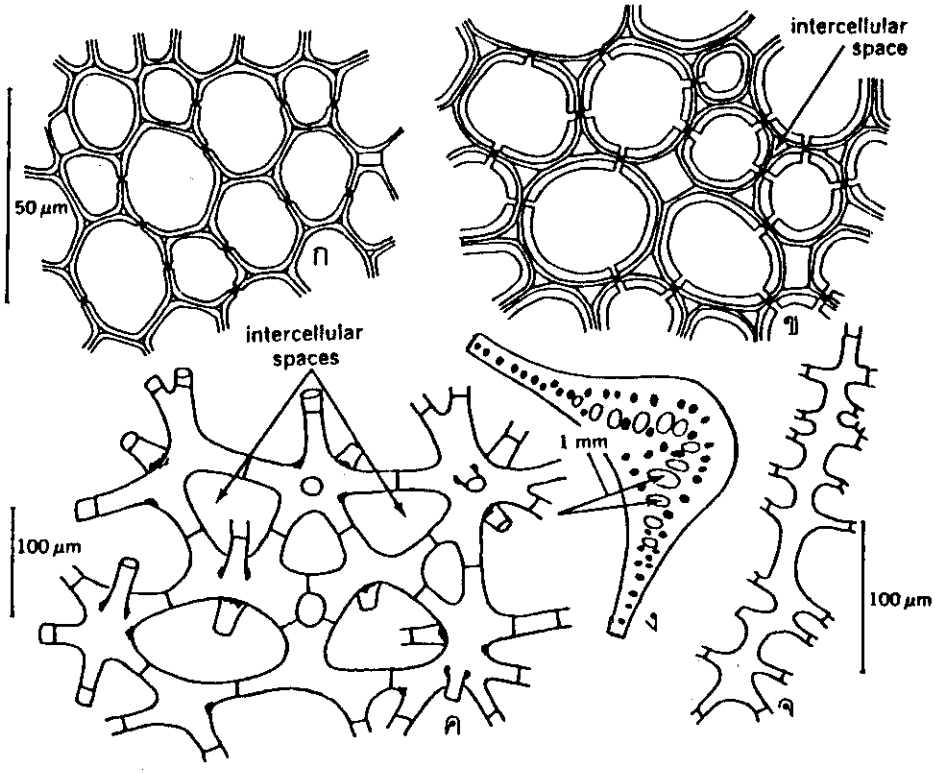
แม้ว่าพาเรงคิมาจะมีผนังเซลล์เป็นผนังเซลล์ปฐมภูมิเหมือนๆ กัน และเป็นเซลล์ส่วนใหญ่ที่ประกอบเป็นเนื้อเยื่อพื้น แต่พาเรงคิมาก็มีความหลากหลายและซับซ้อน โดยเฉพาะในพืชมีดอกที่เซลล์มีความแตกต่างในเรื่องขนาดของเซลล์ รูปร่าง เมแทบอลิซึมและหน้าที่ของเซลล์ จากการใช้หน้าที่ของพาเรงคิมา Mauseth (1988) ได้จำแนกชนิดของพาเรงคิมาออกเป็นกลุ่มต่างๆ 7 กลุ่ม ได้แก่

1. **Synthetic parenchyma** ได้แก่พาเรงคิมาที่มีคลอโรพลาสต์มาก อาจเรียกพาเรงคิมาชนิดนี้ว่า **chlorenchyma** มีหน้าที่หลักคือทำหน้าที่สังเคราะห์แสง พบได้ในชั้นคอร์เทกซ์และในชั้น mesophyll ของใบ พาเรงคิมาชนิดนี้ นอกจากจะมีคลอโรพลาสต์ปริมาณมากแล้ว มักมีผนังเซลล์บาง เซลล์เรียงตัวหลวมๆ มีแวคิวโอลขนาดใหญ่และเบียดให้คลอโรพลาสต์อยู่ชิดกับผนังเซลล์ ทำให้เหมาะกับรับแสงและการแลกเปลี่ยนก๊าซที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์แสง

2. **Structural parenchyma** ได้แก่พาเรงคิมาที่พบในโครงสร้างที่การเคลื่อนที่ของก๊าซหรือการจัดเก็บอากาศมีความสำคัญมาก เซลล์จึงมีการเปลี่ยนรูปไปเพื่อให้เหมาะกับการจัดเก็บ เช่น เรียงตัวหลวมๆ อาจเรียกพาเรงคิมาลักษณะนี้ว่า **aerenchyma** (ภาพที่ 5.1) พบ aerenchyma ในส่วนของพืชที่มีการเคลื่อนที่ของก๊าซอย่างรวดเร็ว (Salisbury and Ross, 1985) เช่นพบในส่วนของ spongy parenchyma ของใบ ลำต้นและก้านใบของพืชน้ำ หรือในก้านใบของกล้วยและพุทธรักษา

3. **Boundary parenchyma** ได้แก่พาเรงคิมาที่พบในโครงสร้างที่ทำหน้าที่แบ่งส่วนของพืชออกจากสิ่งแวดล้อมหรือแบ่งออกจากโครงสร้างที่มีความแตกต่างกันมากๆ เช่น epidermis ซึ่งจัดเป็นระบบเนื้อเยื่อผิว และเอนโดเดอร์มิส (endodermis) ของราก

เอนโดเดอร์มิสเป็นเนื้อเยื่อที่แยกชั้น stele หรือเนื้อเยื่อลำเลียงออกจากชั้นคอร์เทกซ์ เซลล์ของเอนโดเดอร์มิสเรียงตัวหนาแน่นเพื่อป้องกันการแพร่หรือการเคลื่อนที่ของสารผ่านเข้าหรือออกระหว่างชั้นทั้งสองโดย เฉพาะป้องกันไม่ให้น้ำจากชั้น stele ไหลออกสู่ชั้นคอร์เทกซ์ในภาวะที่รากพืชมีแรงดันราก แต่ส่วนของยอดพืชไม่สามารถคายน้ำได้ (Mauseth, 1988)



ภาพที่ 5.1 แสดงชนิดของพาเรงคิมาบางชนิด ก.-ข. จากใจกลางลำต้นอ่อนของ birch (*Betula*) ที่มีเฉพาะผนังเซลล์ปฐมภูมิ (ก.) และมีผนังเซลล์ทุติยภูมิ (ข.) ค.-ง. Aerenchyma จากก้านใบพุทธรักษา (*Canna*) เซลล์ลักษณะเป็นแฉกทำให้มีช่องอากาศขนาดใหญ่ จ. เซลล์ที่มีแฉกยาวจากชั้น mesophyll ของใบ *Gaillardia* (จาก Esau, 1977)

4. Storage parenchyma (หรือ reserved parenchyma) เป็นพาเรงคิมาที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร พบในส่วนของ ผล เมล็ด รากและลำต้นสะสมอาหาร อาหารที่สะสมอาจเป็นแป้ง โปรตีน ไขมัน หรือสะสมน้ำโดยเฉพาะพาเรงคิมาของพืชที่อวบน้ำ (succulent plants)

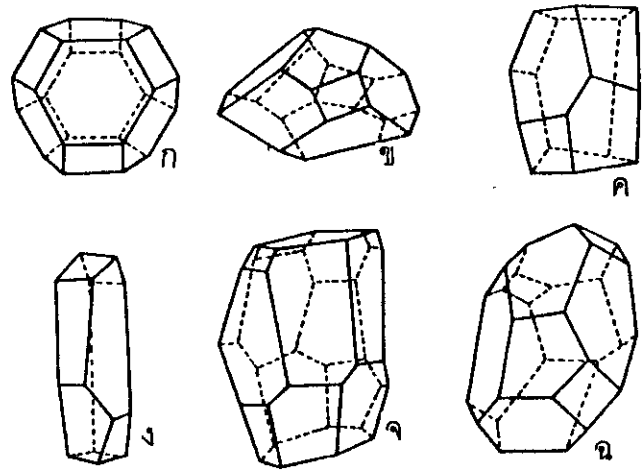
5. Transport parenchyma เป็นพาเรงคิมาที่ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและอาหาร พบในกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำและอาหาร (vascular tissue) ซึ่งจัดเป็น complex tissue

6. **Meristematic parenchyma** เป็นพาเรงคิมาที่ทำหน้าที่เป็นเนื้อเยื่อเจริญ พบในส่วนของเนื้อเยื่อเจริญ (meristematic tissue)

7. **Secretory parenchyma** เป็นพาเรงคิมาที่ทำหน้าที่ขับสาร จัดเป็นระบบเนื้อเยื่อผิวชนิดหนึ่ง

5.1.3 รูปร่าง

เซลล์พาเรงคิมามีรูปร่างหลายแบบ ส่วนมากมีรูปร่างหลายเหลี่ยมที่แต่ละด้านมีความยาวเกือบเท่าๆ กัน (isodiametric shape) อาจมีจำนวนเหลี่ยมเป็น 8, 12, 14, 16 หรือ 20 ด้าน (ภาพที่ 5.2) เซลล์ที่มีขนาดเล็กมักมีจำนวนด้านน้อย ส่วนเซลล์ที่มีขนาดใหญ่มักมีจำนวนด้านมากกว่า 14 ด้าน จำนวนและขนาดของช่องว่างระหว่างเซลล์มักมีผลต่อจำนวนด้าน เพราะถ้ามีช่องว่างระหว่างเซลล์มากก็จะลดส่วนที่เซลล์ติดกันลงไป นอกจากนี้จำนวนด้านยังเกี่ยวข้องกับแรงกด (pressure) และความตึงผิว (surface tension) ด้วย นอกจากนี้เซลล์อาจมีรูปร่างแบบอื่นๆ เช่นมีรูปร่างเป็นแท่งยาว เช่นเซลล์ของ palisade parenchyma มีรูปเป็นรูปดาวหรือ stellate parenchyma เช่น aerenchyma ที่พบในก้านใบของกล้วยหรือพุทธรักษา (ภาพที่ 5.1)



ภาพที่ 5.2 ไดอะแกรมแสดงรูปร่างของพาเรงคิมาแบบหลายเหลี่ยมด้านเท่า (จาก Esau, 1977)

5.1.4 ผนังเซลล์

ผนังเซลล์ของพาเรงคิมาที่เป็น simple tissue มักจะบาง มีเฉพาะผนังเซลล์ปฐมภูมิ (ภาพที่ 5.1 ก.) แต่ในพาเรงคิมาที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร มักมีผนังหนาชัดเจน เช่นใน เอนโดสเปิร์มของอินทผลัม มะเกลือ กาแฟ และหน่อไม้ฝรั่ง ผนังเซลล์ที่หนานี้เกิดจากสาร hemicellulose มาสะสม ผนังของเซลล์เหล่านี้จะค่อยๆ บางลงเมื่อถึงระยะเมล็ดงอก บนผนังเซลล์มี primary pit field เกิดขึ้นและมีท่อเล็กๆ ของไซโทพลาซึมหรือ plasmodesmata อยู่หนาแน่น ไซโทพลาซึมของแต่ละเซลล์เชื่อมต่อถึงกันได้โดยผ่านทางสายของ plasmodesmata

5.1.5 ส่วนประกอบภายในเซลล์

พาเรงคิมาเป็นเซลล์ที่มีชีวิต มีไซโทพลาซึมและออร์แกเนลล์สมบูรณ์ จัดว่าเป็นเนื้อเยื่อที่มีความคล้ายคลึงกับเนื้อเยื่อเจริญมากที่สุด ภายในเซลล์พาเรงคิมามีส่วนประกอบแตกต่างกันไปตามหน้าที่ของแต่ละเซลล์ chlorenchyma มักมีแวคิวโอลจำนวนมากหรือมีขนาดใหญ่ บางเซลล์มี leucoplast บางเซลล์ทำหน้าที่สะสมอาหารชนิดต่างๆ เช่น เก็บน้ำตาลหรือคาร์โบไฮเดรตชนิดอื่นไว้ในรูปของสารละลายหรือในรูปของของแข็ง อาจเก็บไว้ในไซโทพลาซึมหรือภายในแวคิวโอล ส่วนสารประกอบไนโตรเจน โปรตีน amide และน้ำตาลจะเก็บไว้ใน cell sap ของแวคิวโอล เช่นในกลีบหอมและรากของหัวผักกาดแดง เป็นต้น ในไซโทพลาซึมของเซลล์ในใบเลี้ยงของพืชตระกูลถั่วหลายชนิดมีแป้ง โปรตีน น้ำมันและไขมัน ในเอนโดสเปิร์มของละหุ่งและใบเลี้ยงของถั่วเหลืองมีโปรตีนและน้ำมัน ในหัวมันฝรั่งมี amide และโปรตีนใน cell sap และมีแป้งในไซโทพลาซึม แป้งเป็นอาหารสะสมที่พบมาก โดยพบมากในส่วนของใบเลี้ยง หัว ผลและเอนโดสเปิร์ม

ในพืชอวบน้ำจะมีเซลล์ที่ทำหน้าที่เก็บน้ำโดยเฉพาะ เซลล์พวกนี้มักมีขนาดใหญ่ ผนังบาง มีไซโทพลาซึมเป็นชั้นบางๆ และมักไม่มีคลอโรพลาสต์หรือมีน้อย มีแวคิวโอลขนาดใหญ่ ภายในมีของเหลวที่มีลักษณะเป็นเมือก สารเมือกนี้จะช่วยเพิ่มความสามารถในการเก็บน้ำให้แก่เซลล์

พาเรงคิมาบางเซลล์จะมีสาร tannin อยู่ภายใน ทำให้เห็นเซลล์เป็นสีเหลืองหรือน้ำตาล อาจกระจายอยู่ไปทั่วลำต้นหรืออาจอยู่รวมเป็นกลุ่มติดกัน tannin ส่วนใหญ่จะอยู่ในแวคิวโอล บางเซลล์อาจพบแร่ธาตุต่างๆ ในรูปของผลึกรูปร่างต่างๆ พาเรงคิมาที่เป็น idioblast cells อาจมีรูปร่าง ขนาดหรือมีสารหรือมีสิ่งที่อยู่ภายในต่างไปจากเซลล์อื่นๆ เช่นในพืชวงศ์ Capparidaceae, Brassicaceae (Cruciferae) มีเอนไซม์ myrosin พืชวงศ์ Simarubaceae, Calycanthaceae, Lauraceae มีน้ำมัน ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวหลายชนิดและในพืชวงศ์

Cactaceae, Portulaceae, Malvaceae, Tiliaceae มีสารเมือก ส่วนในวงศ์ Meliaceae, Rutaceae บางชนิดและวงศ์ Rubiaceae มีสารพวกเรซิน (resin) เป็นต้น

5.2 คอลเลงคิมา (collenchyma)

เนื้อเยื่อคอลเลงคิมาประกอบด้วยเซลล์คอลเลงคิมาล้วนๆ เหมือนกับพาเรงคิมา นอกจากนี้ยังมีลักษณะอื่นๆ ที่เหมือนกันได้แก่ เซลล์มีชีวิตเหมือนกัน รูปร่างของเซลล์คล้ายกัน รวมทั้งมีผนังเซลล์ปฐมภูมิเหมือนกัน แต่ผนังเซลล์ของคอลเลงคิมาจะมีความหนามากกว่า และมีรูปแบบความหนาที่แตกต่างจากผนังเซลล์ของพาเรงคิมา จากความหนาของผนังเซลล์ที่แตกต่างกันนี้ ทำให้เซลล์คอลเลงคิมาถูกจัดเป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่เพิ่มความแข็งแรงแก่โครงสร้าง (mechanical tissue) โดยเฉพาะโครงสร้างของพืชที่มีอายุไม่มาก เช่น บริเวณปลายยอดหรือบริเวณก้านใบ เป็นต้น

5.2.1 แหล่งกำเนิด

คอลเลงคิมาเจริญมาจาก ground meristem แต่นักพฤกษศาสตร์บางท่านมีความเห็นว่า อาจเจริญมาจาก procambium โดยเชื่อว่าเจริญมาพร้อมๆ กับเนื้อเยื่อลำเลียง เช่นในก้านใบของพืชวงศ์ Apiaceae (Umbelliferae) พบคอลเลงคิมาบริเวณขอบนอกแยกจากกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง โดยมีพาเรงคิมาแยกคอลเลงคิมาและเนื้อเยื่อลำเลียงออกจากกัน ทำให้เชื่อได้ว่าบางเซลล์ของคอลเลงคิมาและพาเรงคิมาอาจเจริญมาจาก procambium

5.2.2 หน้าที่

คอลเลงคิมามีหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่โครงสร้างที่อ่อน โดยเฉพาะในส่วนของปลายรากหรือปลายยอด ในตำแหน่งนี้ยังมีขนาดเล็กแต่มีการเจริญอย่างรวดเร็ว ประกอบด้วยเซลล์ที่ยังไม่แข็งแรงมาก มีเซลล์ที่สังเคราะห์แสงได้ ลำพังเนื้อเยื่อพาเรงคิมาจะไม่สามารถให้ความแข็งแรงได้ ดังนั้นคอลเลงคิมาซึ่งเป็นเซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่ เซลล์ยังมีชีวิต แต่มีผนังเซลล์หนากว่าจะทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่โครงสร้างเหล่านี้

5.2.3 ตำแหน่งที่พบ

นอกจากจะพบคอลเลงคิมาในส่วนที่อ่อนของรากและลำต้นแล้ว ยังพบในส่วนของใบก้านใบและส่วนของดอกด้วย ในรากจะพบเมื่อรากได้รับแสง คอลเลงคิมามักเกิดใต้ epidermis

หรือห่างจาก epidermis เล็กน้อยโดยมีพาเรงคิมาคั่นอยู่ 2-3 แถว ถ้าอยู่ติดกับ epidermis ผนังด้านในของ epidermis ที่อยู่ติดกับคอลเลงคิมาหรือบางครั้งผนังทั้งหมดของ epidermis ที่อยู่ติดกับคอลเลงคิมาจะมีความหนาคล้ายๆ กับคอลเลงคิมา

ในโครงสร้างที่กลม เช่นลำต้นหรือก้านใบ คอลเลงคิมาที่พบมักเกิดต่อกันเป็นวงล้อมรอบโครงสร้าง ในลำต้นที่มีลักษณะเป็นเหลี่ยม เช่นลำต้นหมอน้อย ดาวเรืองหรือฤาษีผสม เมื่อลำต้นยังอ่อนจะพบคอลเลงคิมาเฉพาะในตำแหน่งที่เป็นเหลี่ยม แต่เมื่อลำต้นอายุมากขึ้น คอลเลงคิมาจะเชื่อมต่อกันเป็นวงล้อมรอบลำต้น โดยส่วนที่เป็นเหลี่ยมจะมีคอลเลงคิมามากกว่าบริเวณอื่น ส่วนในใบ คอลเลงคิมาที่พบมักล้อมรอบเนื้อเยื่อลำเลียง หรืออาจพบด้านใดด้านหนึ่งของเนื้อเยื่อลำเลียงก็ได้

5.2.4 รูปร่าง

รูปร่างของเซลล์คอลเลงคิมามีความแตกต่างกัน เช่นอาจเป็นรูปหลายเหลี่ยมด้านเท่าเหมือนเซลล์พาเรงคิมา อาจเป็นแท่งยาวมีปลายแหลมคล้ายเซลล์เส้นไย หรือเป็นลักษณะผสมระหว่างเซลล์รูปหลายเหลี่ยมกับเซลล์รูปร่างยาวก็ได้ เซลล์คอลเลงคิมาที่ยาวที่สุดของกลุ่มจะเป็นเซลล์ที่อยู่ตรงส่วนกลางของกลุ่มนั้นๆ ส่วนเซลล์สั้นๆ จะอยู่รอบนอก ทั้งนี้เนื่องจากคอลเลงคิมาเกิดจากการแบ่งเซลล์ตามยาวโดยเกิดจากใจกลางก่อน หลังจากแบ่งตัวแล้วเซลล์ก็ยังเจริญยืดยาวต่อไปได้ เซลล์ตรงกลางซึ่งเกิดเป็นพวกแรกจึงยาวที่สุด อย่างไรก็ตาม เซลล์คอลเลงคิมาอาจมีการแบ่งเซลล์ตามขวางได้

5.2.5 ผนังเซลล์

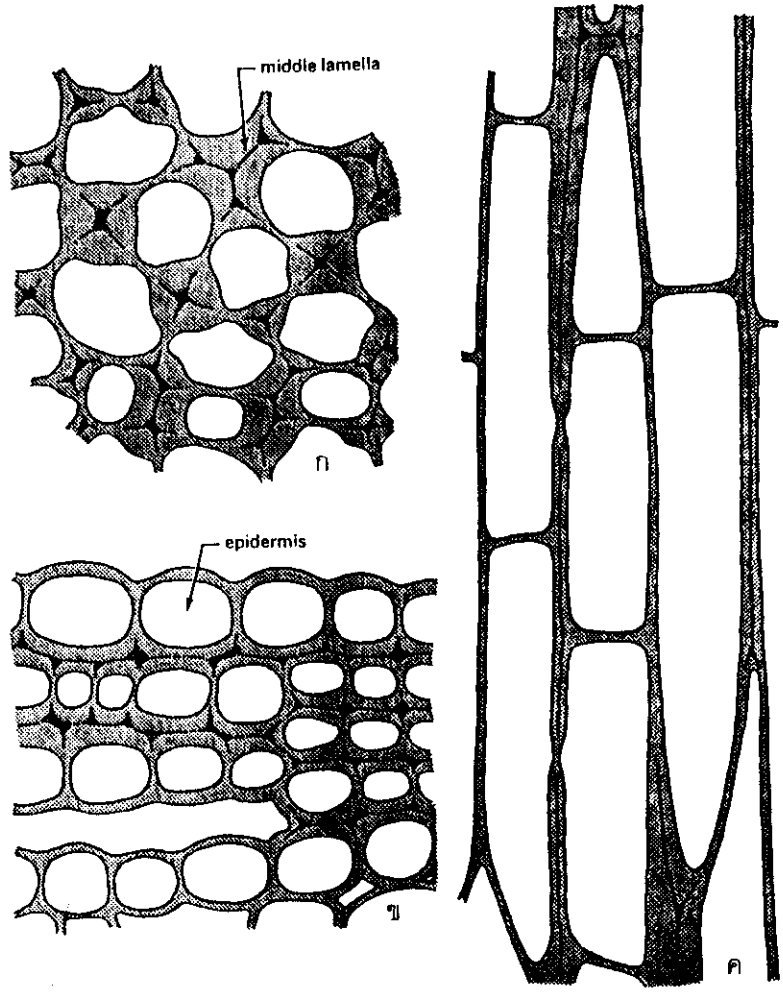
ผนังเซลล์ของคอลเลงคิมาประกอบด้วยผนังเซลล์ปฐมภูมิที่หนาและเป็นลักษณะเด่นของเนื้อเยื่อชนิดนี้ ผนังเซลล์นอกจากจะประกอบด้วยเซลลูโลสแล้ว ยังประกอบด้วยสารประกอบเพคทินและสารอื่นๆ อีก แต่ไม่มี lignin เนื่องจากสารประกอบเพคทินมีคุณสมบัติอุ้มน้ำได้ดี ผนังเซลล์จึงมีน้ำมาก พบว่าในตัวอย่างสด ผนังเซลล์อาจมีน้ำอยู่ถึง 67% และประกอบด้วยชั้นที่มีเซลลูโลสมาก มีสารประกอบเพกทินน้อย สลับกับชั้นที่มีเซลลูโลสน้อย แต่มีสารประกอบเพกทินมาก จากการมีสารประกอบเพกทินในปริมาณมาก ทำให้ผนังเซลล์มีคุณสมบัติ plasticity สูง

เมื่อพืชมีอายุมากขึ้น เซลล์คอลเลงคิมาอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ โดยเฉพาะในพวกที่มีเนื้อไม้ เมื่อพืชพวกนี้มีการสร้างเนื้อไม้ เนื้อเยื่อคอลเลงคิมาก็จะมีปริมาณเพิ่มขึ้นด้วย ในพืชบางชนิด เซลล์คอลเลงคิมาจะขยายใหญ่ขึ้นและมีผนังบางลง ซึ่งยังไม่ทราบแน่ชัดว่าการ

บางลงของผนังเซลล์ว่าเกิดจากเคลื่อนย้ายของสารประกอบที่ประกอบกันขึ้นเป็นผนังเซลล์ หรือเกิดจากการยืดขยายและคายน้ำออกจากเซลล์ นอกจากนี้ผนังเซลล์อาจมีการสะสม lignin และมีการสร้างผนังเซลล์ทุติยภูมิ ทำให้เซลล์เปลี่ยนรูปไปเป็นสเกลอเรงคิมา จากการมี lignin และผนังเซลล์ทุติยภูมิทำให้ผนังเซลล์มีคุณสมบัติ elasticity สูงด้วย

จากลักษณะของผนังเซลล์ สามารถแบ่งชนิดของคอลเลงคิมาออกเป็น 4 ชนิด ได้แก่

1. Angular collenchyma เป็นคอลเลงคิมาที่มีความหนาของผนังเซลล์หนามากบริเวณมุมหรือบริเวณที่แต่ละเซลล์มาสัมผัสกัน (ภาพที่ 5.3 ก., ค; 5.4 ข.) เป็นคอลเลงคิมาที่พบมากที่สุด เช่นพบในมะเขือเทศ องุ่น แตง ไทร ฤาษีผสม เป็นต้น



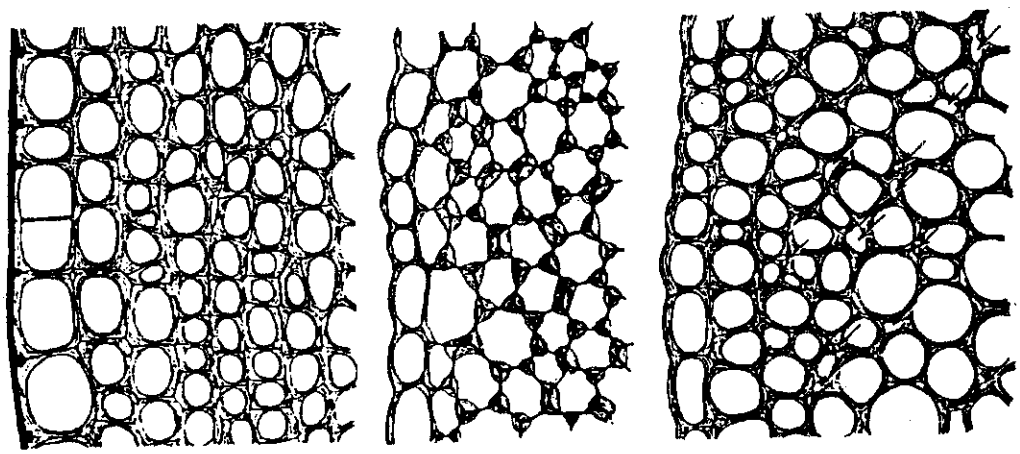
ภาพที่ 5.3 แสดงรูปร่างและผนังเซลล์ของคอลเลงคิมา ที่มีผนังเซลล์แบบปฐมภูมิหนา
ก., ค. angular collenchyma ของต้น *Salvia* จากการตัดตามขวางและตามยาว
ข. lamella collenchyma (จาก Esau, 1977)

2. Lamella collenchyma (หรือ plate collenchyma) เป็นคอลเลงคิมาที่มีความหนาของผนังเซลล์หนาในด้านสัมผัส (tangential wall) (ภาพที่ 5.3 ข.; 5.4 ก.) เช่นพบใน บานบุรี

3. Lacunar collenchyma (หรือ tubular collenchyma) เป็นคอลเลงคิมาที่มีความหนาของผนังเซลล์หนาในส่วนที่ตรงกับช่องว่างระหว่างเซลล์ (ภาพที่ 5.4 ค.) เช่นพบในก้านใบของพืชวงศ์ Asteraceae หรือดอกรัก (*Asclepias*) เป็นต้น

4. Annular collenchyma เป็นคอลเลงคิมาที่มีความหนาของผนังเซลล์หนาสม่ำเสมอ เมื่อดูจากภาคตัดขวางจะเห็น lumen เป็นรูกลมๆ

อย่างไรก็ตาม annular collenchyma เป็นชนิดที่ไม่นิยมแบ่ง เพราะเมื่อผนังเซลล์มีความหนามากขึ้นจะขยายออก ทำให้ความหนาของผนังเซลล์ขยายออก ทำให้เห็น lumen เป็นรูกลมได้



ภาพที่ 5.4 แสดงรูปร่างและชนิดของคอลเลงคิมา ก. lamella collenchyma ข. angular collenchyma ค. lacunar collenchyma ที่ศรชี้คือช่องว่างระหว่างเซลล์ (จากเทียมใจ, 2541)

5.2.6 ส่วนประกอบภายใน

เนื่องจากเมื่อเจริญเต็มที่แล้วเซลล์ก็ยังมีชีวิต ภายในเซลล์จึงอาจมีคลอโรพลาสต์ได้ โดยเฉพาะในเซลล์ที่มีรูปร่างคล้ายกับพาเรงคิมา ส่วนเซลล์ที่มีรูปร่างแคบและยาว มักมีคลอโรพลาสต์น้อยหรือไม่มี และอาจมีสาร tannin อยู่ภายในเซลล์ด้วย

5.3 สเกลอเรงคิมา (sclerenchyma)

สเกลอเรงคิมาเป็นเนื้อเยื่อที่ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงเหมือนกับคอลเลงคิมา แต่เซลล์สเกลอเรงคิมาเมื่อเจริญเต็มที่จะไม่มีโพรโทพลาซึม มีผนังเซลล์ที่ประกอบด้วยผนังเซลล์ปฐมภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิที่หนา มีสาร lignin และ suberin มาสะสมอยู่มาก ทำให้ผนังเซลล์มีคุณสมบัติ elasticity สูงด้วย สเกลอเรงคิมาเป็นเนื้อเยื่อที่พบได้ทั้งที่เป็น simple tissue และ complex tissue

โดยทั่วไปแล้ว แบ่งสเกลอเรงคิมาออกเป็น 2 ชนิดคือ**เซลล์เส้นไย** (fiber) และ **สเกลอรีด** (sclereid) โดยเซลล์เส้นไยมักมีรูปร่างยาว มีความยาวมากกว่าความกว้างหลายเท่า ส่วนสเกลอรีด มีรูปร่างได้หลายแบบ เช่นเกือบกลมหรือ isodiametric เป็นแท่งยาว รูปดาว หรือรูปร่างแบบอื่นๆ นอกจากนี้ บนผนังเซลล์ของสเกลอรีดมักมี pit จำนวนมากและเห็นได้ชัดเจนกว่า ในกรณีที่ไม่สามารถแยกเซลล์ทั้งสองชนิดนี้ออกจากกันได้จะเรียกรวมๆ ว่า **fiber-sclereid**

5.3.1 แหล่งกำเนิด

สเกลอรีดที่เป็นเนื้อเยื่อพื้นส่วนใหญ่เจริญมาจาก ground meristem ส่วนสเกลอรีดที่พบในคอร์คและในเปลือกหุ้มเมล็ดเจริญมาจาก phellogen และ protoderm ตามลำดับ

เซลล์เส้นไยที่เป็นเนื้อเยื่อพื้น (non-conducting tissue) เจริญมาจาก ground meristem นอกนี้อาจเจริญมาจากส่วนอื่นๆ เช่นพืชในวงศ์ Poaceae และ Cyperaceae บางชนิด มีเซลล์เส้นไยเจริญมาจาก protoderm และกลายเป็นส่วนหนึ่งของ epidermis เซลล์เส้นไยที่พบใน bundle sheath เจริญมาจากทั้ง protoderm และ ground meristem

เซลล์สเกลอเรงคิมาที่เจริญเต็มที่จะไม่มีโพรโทพลาซึมและมีการสร้างผนังเซลล์ทุติยภูมิทำให้แยกสเกลอเรงคิมาออกจากพาเรงคิมาและคอลเลงคิมาได้ชัดเจน แต่ในบางครั้งก็ไม่สามารถแยกออกจากกันได้เพราะบางครั้งพาเรงคิมาอาจมีผนังเซลล์ทุติยภูมิเกิดขึ้น เรียกพาเรงคิมาชนิดนี้ว่า **sclerotic parenchyma** หรือบางครั้งสเกลอเรงคิมาที่เจริญเต็มที่แล้วแต่อาจมีโพรโทพลาซึมด้วยก็ได้

5.3.2 หน้าที่

เนื้อเยื่อสเกลอเรงคิมามีหน้าที่เหมือนกับเนื้อเยื่อคอลเลงคิมาคือมีหน้าให้ความแข็งแรงแก่ลำต้นหรือส่วนอื่นๆ ของพืช ช่วยให้ส่วนของโครงสร้างทนต่อแรงดึง แรงกด น้ำหนักและ

การโค้งงอ มักพบในส่วนที่มีลักษณะแข็ง โดยเฉพาะส่วนของเปลือกหุ้มเมล็ดและเปลือกของผล เช่น กะลามะพร้าว เมล็ดพุทรา เปลือกถั่วหรือพบในเนื้อของผลที่มีลักษณะสาก เช่นฝรั่ง น้อยหน่า สาลี่ เป็นต้น

5.3.3 ผนังเซลล์

ผนังเซลล์ประกอบด้วยชั้น middle lamella ผนังเซลล์ปฐมภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิ สารที่ประกอบเป็นผนังเซลล์ปฐมภูมิมักเป็นเซลลูโลส และมีสารอื่นๆ เช่น hemicellulose และสารประกอบ เพกทิน ส่วนผนังเซลล์ทุติยภูมิประกอบด้วยสารเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ และมีสารอื่นๆ ด้วย แต่มักไม่มีสารประกอบเพกทิน อาจมีหรือไม่มี tannin ถ้ามี tannin จะเกิดในชั้น middle lamella ก่อนแล้วค่อยๆ เกิดขึ้นในผนังเซลล์ปฐมภูมิและผนังเซลล์ทุติยภูมิตามลำดับ

5.3.4 สเกลอรีด (sclereid)

สเกลอรีดพบกระจายทั่วไปในต้นพืชและมีรูปร่างหลายแบบ มีผนังเซลล์ทุติยภูมิหนามาก มี lignin มาก และมี simple pit จำนวนมาก อาจพบอยู่เรียงกันเป็นชั้นๆ หรือเป็นกลุ่มๆ หรืออาจพบเป็น idioblast cells ก็ได้ โดยอาจพบในชั้น epidermis ในเนื้อเยื่อลำเลียง ในชั้นคอร์เทกซ์และไส้ในของลำต้น หรือพบในใบ รวมทั้งพบในส่วนของผลและเมล็ดอีกด้วย

อาศัยลักษณะของรูปร่าง Mauseth (1988) และเทียมใจ (2542) แบ่งชนิดของสเกลอรีดออกเป็น 7 ชนิดได้แก่

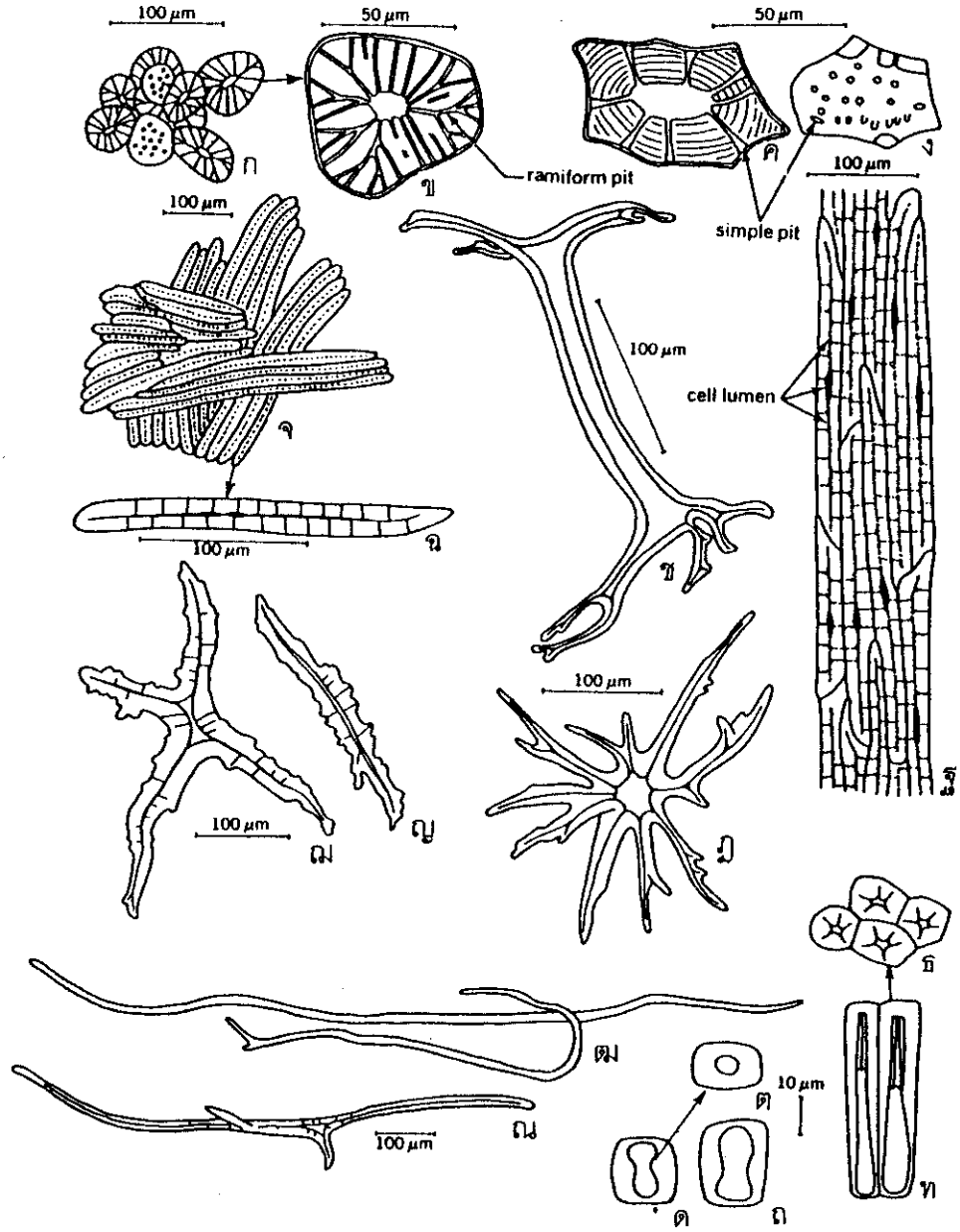
1. **Brachysclereid** (หรือ stone cells) เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างเป็น isodiametric เซลล์มีผนังหนามาก มี ramiform pit ชัดเจน (ภาพที่ 5.5 ก.-ง.) พบในส่วนที่หยาบ (grit) ของผลสาลี่ หรือพบในส่วนของลำต้นพืช เชื่อว่าเปลี่ยนแปลงมาจากเซลล์พาเรงคิมา

2. **Macrosclereid** เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างเป็นแท่ง (ภาพที่ 5.5 ด.-ธ.) พบในส่วนเปลือกนอกของผลสดมีเนื้อ (fleshy fruits) หรือในส่วนเปลือกนอกสุดของเมล็ด เช่นเมล็ดถั่ว

3. **Astrosclereid** เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างคล้ายดาว แต่มีจำนวนแฉกมาก และมีแฉกสั้น - ยาวไม่เท่ากัน (ภาพที่ 5.5 ฌ.-ฎ.) พบในใบพืชบางชนิด เช่นพลูฉีก

4. **Osteosclereid** (หรือ hourglass cells) เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างเหมือนกระดูก โดยมีส่วนปลายพองออกเหมือนนาฬิกาทราย (ภาพที่ 5.5 ด.-ถ.) พบในเปลือกเมล็ดถั่ว

5. **Trichosclereid** เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างยาวเรียวคล้ายขน (hair-like) ที่แตกกิ่งได้ เช่นพบในใบบัว



ภาพที่ 5.5 แสดงเซลล์สเกลอรีดชนิดต่างๆ ก.-ง. stone cells จ.-ฉ. sclereid จากเปลือกแอปเปิล (*Malus*) ช. columnarsclereid ฌ.-ฎ. Astrosclereid ฐ. ชั้นของ sclereid จากเปลือกของกระเทียม ฒ.-ณ. filiformsclereid ด.-ธ. macrosclereid (จาก Esau, 1977)

6. Filiformsclereid เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างยาวคล้ายเซลล์เส้นไย แต่ filiformsclereid มีการแตกกิ่งก้านได้ (ภาพที่ 5.5 ฒ., ณ.) เช่นพบในใบพลูฉลุ

7. Columnarsclereid เป็นสเกลอรีดที่มีรูปร่างเป็นแท่งยาว มีการแตกกิ่งในส่วนหัว-ท้ายของเซลล์ (ภาพที่ 5.5 ช.) พบในใบพืชหลายชนิด เช่นใบบัว ใบมะกอก (*Olea*)

5.3.5 เซลล์เส้นไย (fiber)

เซลล์เส้นไยพบอยู่ในส่วนต่างๆ ของพืช ในพืชใบเลี้ยงคู่จะพบมากในกลุ่มท่อลำเลียง คือ phloem fiber และ xylem fiber ในพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมักพบใน bundle cap หรือ bundle sheath หรืออาจพบเป็นชั้นแยกจากเนื้อเยื่อลำเลียงก็ได้ เซลล์เส้นไยที่พบในลำต้นทั้งพืชใบเลี้ยงคู่และพืชใบเลี้ยงเดี่ยวมีความหลากหลายในเรื่องของแหล่งกำเนิดและตำแหน่งที่พบ จากตำแหน่งที่พบในลำต้น สามารถแยกเซลล์เส้นไยออกเป็น 2 ชนิด คือ **xylary fibers** และ **extraxylary fibers**

Xylary fibers เป็นเซลล์เส้นไยที่พบในส่วนของเนื้อเยื่อลำเลียง เจริญมาจาก procambium เช่นเดียวกับเซลล์ชนิดอื่นๆ ของเนื้อเยื่อลำเลียง แม้ว่าจะเจริญมาจากต้นกำเนิดเดียวกัน แต่เซลล์เส้นไยก็มีรูปร่างต่างกัน ที่สำคัญได้แก่ libriform fibers และ fiber-tracheids ซึ่งทั้งสองชนิดนี้แยกจากกันตามความหนาของผนังเซลล์และชนิดของ pit

Libriform fibers เป็นเซลล์เส้นไยที่มีผนังหนามากและมี simple pit เมื่อเจริญเต็มที่มักจะยาวกว่าเทรคีดของพืชชนิดเดียวกัน ความยาวที่เพิ่มขึ้นนี้เกิดจากการเจริญแทรกสอด (intrusive growth) ของเซลล์ ส่วน fiber-tracheid มีรูปร่างอยู่กึ่งกลางระหว่างเทรคีดและ libriform fibers มีผนังบางกว่า libriform fibers แต่หนากว่าเทรคีด มี bordered pit ที่มี pit chamber เล็กกว่าเทรคีด

Extraxylary fibers เป็นเซลล์เส้นไยที่พบในส่วนอื่นๆ นอกจากเนื้อเยื่อลำเลียง เช่นพบในโฟลเอมหรือในชั้นคอร์เทกซ์ ในลำต้นหรือรากของพืชใบเลี้ยงเดี่ยว พบในชั้นคอร์เทกซ์ที่อยู่ใกล้ epidermis หรืออาจอยู่เป็นชั้นนอกสุดของกลุ่มเนื้อเยื่อลำเลียง

เซลล์เส้นไยชนิดอื่นๆ ได้แก่ pericyclic fibers เป็นเซลล์เส้นไยที่พบที่ชั้นในสุดของคอร์เทกซ์และอยู่รอบนอกของเนื้อเยื่อลำเลียง พบในพืชใบเลี้ยงคู่และไม้เลื้อยบางชนิด เช่น ยาสูบ แตง ไก่ฟ้า (*Alistolochia*) ยี่โถ เป็นต้น septate fibers เป็นเซลล์เส้นไยที่พบในเนื้อเยื่อลำเลียง เป็นเซลล์ที่มีชีวิต มีหลายนิวเคลียส โดยแต่ละนิวเคลียสจะมีผนังกั้น (septum) ภายในมีเม็ดแป้ง น้ำมัน หรือมีผลึก เช่นพบในองุ่น เป็นต้น

โดยทั่วไปแล้ว libriform fibers และ fiber-tracheid จะตายเมื่อเจริญเต็มที่ ส่วน phloem fibers และ septate fibers อาจมีโพรโทพลาซึมที่มีชีวิตและมีนิวเคลียส แต่อาจพบว่า libriform fibers และ fiber-tracheid ของพืชบางชนิดอาจมีโพรโทพลาซึมที่มีชีวิตและมีนิวเคลียสได้

5.3.5.1 เซลล์เส้นไยในการอุตสาหกรรม

คำว่า "เซลล์เส้นไย" หรือ "fiber" ในทางพฤกษศาสตร์และในทางอุตสาหกรรมมีความแตกต่างกัน ในทางอุตสาหกรรมปอกระเจา หรือป่านต่างๆ คำว่าเซลล์เส้นไยหมายถึงกลุ่มของเนื้อเยื่อลำเลียงทั้งหมด และอาจรวม bundle sheath ที่ล้อมรอบเนื้อเยื่อลำเลียงด้วย แบ่งเซลล์เส้นไยออกเป็น hard fibers และ soft fibers hard fibers ได้แก่พวกที่ผนังเซลล์มี lignin มากและมีความแข็งแรง ได้จากพืชใบเลี้ยงเดี่ยว เช่นจากป่านชนิดต่างๆ ส่วน soft fibers ได้แก่พวกที่อาจมีหรือไม่มี lignin ก็ได้ แต่มีความยืดหยุ่นและโค้งงอได้ ได้จากพืชในกลุ่มปอ เช่นปอกระเจา หรือปอแก้ว เป็นต้น

≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈≈