บทที่ 2

โครงสร้างและคุณสมบัติเชิงกายภาพของไม้

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 คำจำกัดความของ "ไม้"

ไม้ในความหมายกว้าง ๆ ตรงกับคำว่า wood ในภาษาอังกฤษ ส่วนไม้ในความหมายของไม้แปรรูปตรงกับคำว่า timber เมื่อต้นไม้ถูกตัดหรือโค่นและทอนแล้วจะเรียกว่าซุง ไม้ซุง หรือไม้ท่อน และถึงแม้ว่าต้นไม้และซุงขนาดยาวถูกตัดออกเป็นความยาวขนาดต่าง ๆ กันตามความสะดวกในการขนส่งหรือให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้งาน ส่วนที่ถูกตัดออกก็ยังเรียกว่าซุงหรือไม้ท่อนอยู่ตามเดิม

การแปรรูปหรือเลื่อยไม้ซุงหรือไม้ท่อนให้มีขนาดเล็กลง เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ตามความประสงค์เรียกว่าเลื่อยไม้หรือแปรรูปไม้ ชิ้นส่วนของไม้ที่มีขนาดเล็กลงอันเป็นผลมาจากการเลื่อยหรือแปรรูปไม้นี้เรียกว่า "ไม้" หรือ "ไม้แปรรูป" แต่คนส่วนใหญ่นิยมเรียกสั้น ๆ ว่า "ไม้" ในความหมายของไม้แปรรูปโดยทั่วไป

อย่างไรก็ตามในฐานะที่ไม้เป็นสารชนิดหนึ่ง อาจกล่าวได้ว่าไม้เป็นสารอินทรีย์ที่เกิดจากการเจริญเติบโตของพืชบางชนิด โดยประกอบด้วยส่วนของผนังเซลล์ที่ทำหน้าที่ค้ำจุนลำต้น ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในรูปสารละลาย และสะสมอาหาร เนื้อไม้แท้ ๆ ประกอบด้วยสารประกอบสองชนิดคือ เซลลูโลส (cellulose) และลิกนิน (lignin) เซลลูโลสมีอยู่ในผนังเซลล์เป็นส่วนใหญ่ ส่วนลิกนินมีอยู่มากในระหว่างเซลล์ต่อเซลล์โดยทำหน้าที่ประสานเซลล์ต่าง ๆ ให้เชื่อมติดกันอยู่ได้ ประมาณว่าในไม้จะมีเซลล์ลูโลสและลิกนินอยู่ในอัตราส่วน 3 ต่อ 1 [6] นอกจากจะมีเซลลูโลสและลิกนินแล้วยังมีสารแทรกอยู่ในช่องเซลล์หรือช่องว่างระหว่างเซลล์ โดยมีปริมาณต่างกันตามแต่ชนิดของไม้ ทำให้คุณสมบัติเกี่ยวกับสี กลิ่น รส และความทนทานต่อการทำลายของศัตรูไม้แตกต่างกันออกไป

2.2 การเจริญเติบโตของลำต้น

ไม้ส่วนที่นำมาแปรรูปเป็นส่วนของลำต้น ในแต่ละปีไม้มีขนาดโตเพิ่มขึ้นเป็นชั้นหรือเป็นวงโดยรอบด้านนอกของต้นที่อยู่ภายใต้เปลือก เมื่อนำท่อนไม้มาตัดตามขวางให้ตั้งฉากกับแนวแกนของท่อนจะเห็นลักษณะหน้าตัดของไม้ดังรูป 2.1 การเจริญเติบโตของต้นทั้งหมดเกิดมาจากกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า แคมเบียม (cambium) ที่อยู่ระหว่างเปลือก ในฤดูการเจริญเติบโตแคมเบียมจะแบ่งตัวอยู่เสมอเพื่อผลิตเซลล์ใหม่ให้เกิดขึ้นโดยรอบใต้เปลือก รูป 2.1 แสดงให้เห็นจำนวนชั้นของเนื้อไม้เป็นวงกลมรอบไส้กลางออกมาเป็นชั้น ๆ ซึ่งเรียกว่าวงเจริญเติบโต (growth ring) แต่ละชั้นหรือแต่ละวงจะเกิดขึ้นในระยะการเจริญเติบโตระยะหนึ่งหรือฤดูหนึ่ง โดยปกติแล้วจะเกิดขึ้นปีละหนึ่งวงจึงทำให้คนทั่ว ๆ ไปเรียกว่าวงปี (annual ring) แต่ในบางปีอาจจะเกิดมากกว่าหนึ่งวงก็ได้ ดังนั้นเรียกวง

เจริญเติบโตจึงให้ความหมายที่เหมาะสมกว่า ในไม้บางชนิดวงเจริญเติบโตมีสีเดียวกันกับเนื้อไม้โดยตลอดทำให้เห็นไม่ชัด แต่โดยทั่วไปบริเวณช่วงระหว่างวงเจริญเติบโตจะมีรอยเข้มกว่าบริเวณใกล้เคียงเล็กน้อยหรืออาจมีสีเข้มจนเห็นได้ชัด ไม้ที่นำมาใช้แปรรูปส่วนมากเนื้อไม้ส่วนนอกที่ถัดจากเปลือกเข้ามามีสีจางซึ่งเรียกไม้ส่วนนี้ว่า "กระพี้" (sapwood) ส่วนเนื้อไม้ด้านในถัดจากกระพี้เข้าไปจนถึงใจกลางหรือไส้ (pith) กลางลำต้นซึ่งมีสีเข้มกว่าเรียกว่า "แก่น" (heartwood) ทั้งกระพี้และแก่นประกอบด้วยหมู่เซลล์ชนิดเดียวกัน แต่กระพี้ของไม้มักผุเร็วกว่าส่วนที่เป็นแก่น การก่อสร้างโดยทั่วไปจึงไม่นิยมส่วนที่เป็นกระพี้ของไม้

ตรงกลางของท่อนไม้บางชนิดมีจุดอยู่ตรงกลาง และบริเวณจุดนี้มีเนื้อไม้ค่อนข้างอ่อนกว่าบริเวณรอบ ๆ จุดกลางไม้ดังกล่าวเรียกว่าไส้ไม้ (pith or medulla) ไส้ไม้นี้อาจสมบูรณ์เต็มที่หรือแห้งและแตก ในไม้ที่มีอายุมาก ๆ ไส้ไม้มักจะผุ จึงเป็นส่วนที่ไม่นิยมนำมาใช้งาน

แนวเส้นทุกเส้นที่แผ่ออกจากไม้ไปยังเปลือกเรียกว่ารังสี (ray) เซลล์รังสีจะทอดตัวนอนขนานไปตามแนวนี้ เพื่อทำหน้าที่ในการลำเลียงของเหลวส่งเข้าภายในเนื้อไม้ หน้าตัดของไม้ที่ถูกเลื่อยออกตามแนวนี้เรียกว่า "ด้านรัศมี" (radial section) แนวเส้นทุกเส้นที่ลากตั้งฉากกับแนวรัศมีเรียกว่า "แนวสัมผัส" (tangential direction) และหน้าตัดของไม้ที่ตัดตามแนวนี้เรียกว่า "ด้านสัมผัส" ไม้แปรรูปส่วนมากมีหน้ากว้างทั้งสองด้านเป็นด้านสัมผัส

2.3 เซลล์ไม้ [7]

2.3.1 ประเภทและองค์ประกอบของเซลล์ไม้ ถ้าตัดไม้ตามขวางแล้วส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ที่มีกำลังขยายประมาณ 250 เท่า จะเห็นลักษณะการเรียงตัวของเซลล์ไม้ดังรูป 2.2 โดยขอบเขตของแต่ละเซลล์จะกั้นด้วยผนังหนาเชื่อมติดเป็นผนังเดียวกับเซลล์ข้างเคียง เซลล์ของไม้มีขนาดและลักษณะต่างกัน ถ้าแบ่งตามทิศทางของการทอดตัวตามความยาวของมันอาจแบ่งเซลล์ไม้ออกเป็นสองกลุ่มคือ "เซลล์ไม้" (wood cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทอดตัวไปตามความยาวของลำต้น และ "เรย์เซลล์" (ray cell) ซึ่งเป็นเซลล์ที่ทอดตัวขวางไปตามแนวเส้นรัศมี นอกจากนี้ยังอาจแบ่งเซลล์ออกตามหน้าที่ได้อีก 3 จำพวก คือ (1) เนื้อเยื่อลำเลียง (conducting tissue) ทำหน้าที่ลำเลียงน้ำและแร่ธาตุ ปกติเป็นเซลล์ที่มีขนาดใหญ่และมีผนังหนา (2) เนื้อเยื่อค้ำจุน (supportting tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่ให้ความแข็งแรงแก่ลำต้น จึงมีผนังเซลล์หนา (3) เนื้อเยื่อสะสม (storage or parenchymatous tissue) เป็นกลุ่มเซลล์ที่ทำหน้าที่สะสมอาหาร ปกติมีผนังเซลล์บาง และมีรูปร่างคล้ายก้อนอิฐ

ผนังเซลล์ของไม้ประกอบด้วยเซลลูโลสเป็นส่วนใหญ่ เซลลูโลสเป็นโพลีเมอร์ที่ประกอบด้วยหน่วยโมโนเมอร์ที่เป็นกลูโคส ซึ่งเป็นหน่วยสารที่เล็กสุดของพวกแป้งและน้ำ-

ตาล ในธรรมชาติ สัตว์และพืชบางชนิด เช่น ปลวกและเชื้อรา สามารถย่อยเซลลูโลสให้เป็นน้ำตาลที่ใช้เป็นอาหาร รูป 2.3 ก. และ 2.3 ข. แสดงลักษณะโครงสร้างโมเลกุลของกลูโคสและการต่อเชื่อมเป็นลูกโซ่ของกลูโคสในเซลลูโลส เซลลูโลสเจริญเติบโตขึ้นที่แคมเบียมซึ่งผลิตเซลล์ โดยอาศัยน้ำตาลจากกระบวนการสังเคราะห์แสงจากใบ เซลล์ที่เกิดขึ้นใหม่ ๆ มีขนาดเล็กมากและจะเจริญขยายขึ้นจนกระทั่งมีรูปลักษณะตามแต่ชนิดของเซลล์ในเนื้อไม้

ผนังเซลล์ของไม้แบ่งเป็นสองส่วน คือ ผนังเซลล์ระยะแรกและผนังเซลล์ระยะหลัง (รูป 2.4) ผนังเซลล์ระยะหลังเกิดขึ้นเมื่อเซลล์มีขนาดโตเต็มที่แล้ว โดยจะเสริมหนาขึ้นทำให้เนื้อไม้มีความแข็งแรงและไม่เกิดเหี่ยวหรือยุบลงไปเมื่อขาดน้ำ ผนังเซลล์ทั้งหมดที่เป็นเซลลูโลสซึ่งมีลักษณะเป็นเส้นเล็ก ๆ และยืดหยุ่นได้จะผนึกติดกันแน่นด้วยลิกนิน โครงสร้างของโมเลกุลของลิกนินประกอบด้วยวงแหวนแอโรแมติก (aromatic ring) ดัง รูป 2.5 การผสมผสานของสารที่มีคุณสมบัติยืดหยุ่นได้กับสารลิกนินซึ่งแข็งคงตัวเป็นผลให้เกิดสารประกอบที่แข็งแรงและมีประโยชน์ต่อมนุษย์เป็นอย่างมากคือเนื้อไม้

2.3.2 ทางต่อเชื่อมของเซลล์ ในระหว่างรอยต่อของผนังเซลล์แต่ละเซลล์มีช่องสำเลียงน้ำและอากาศ เพื่อแจกจ่ายให้ทั่วถึงกันได้โดยเฉพาะเรียกว่า "หลุม" (pits) หลุมดังกล่าวนี้เป็นเพียงส่วนที่เล็กหรือจุดเล็ก ๆ บนผนังเซลล์ทั้งสองด้านที่เชื่อมต่อกันและเป็นผนังเซลล์ด้านที่บางมากเป็นพิเศษกว่าส่วนอื่น เพราะมีแต่ผนังเซลล์ระยะแรกซึ่งไม่มีลิกนินเป็นส่วนประกอบ

ผนังสองชั้นที่ประกอบด้วยเยื่อเซลลูโลสบาง ๆ ที่อยู่ตรงหลุมบนผนังเซลล์เป็นส่วนที่ของเหลวสามารถผ่านทะลุไปได้ตลอดระหว่างเซลล์ต่อเซลล์ ลักษณะของหลุมที่มีผนังเซลล์เช่นนี้เรียกว่าหลุมแบบธรรมดา (simple pit) ดังรูป 2.6 ก ลักษณะอีกแบบหนึ่งของหลุมที่ผนังเซลล์แทนที่จะอยู่ตรงกลางกลับเยื้องล้ำไปทางเซลล์ใดเซลล์หนึ่งที่หลุมนั้นต่อเชื่อม เพื่อที่จะบังคับเกี่ยวกับการไหลของของเหลว หลุมที่มีผนังเซลล์แบบนี้ผนังเซลล์ในระยะหลังเจริญเติบโตในลักษณะรูปครึ่งวงกลมคลุมส่วนที่เป็นผนังของหลุม ลักษณะของหลุมแบบนี้เรียกว่าหลุมแบบหนา (bordered pit) (รูป 2.6 ข) ผนังเซลล์ส่วนนี้มีลิกนินประกอบเป็นปุ่มหนาตรงกลางเยื่อผนังที่อยู่รอบปุ่มไม่มีลิกนินจึงสามารถยืดหยุ่นและยอมให้ของเหลวผ่านได้ ถ้าหากอัตราการไหลเร็วขึ้นปุ่มที่ผนังเซลล์จะถูกดันทำให้เยื่อผนังยืดไปอุดช่องตรงกลางทำให้ช่องปิด แรงดันดังกล่าวอาจทำให้ปุ่มปิดตลอดไป (รูป 2.6 ค) หลุมที่มีผนังเซลล์ในสภาพนี้เรียกว่าหลุมปิด (aspirated pit) ซึ่งจะมีผลต่อการแห้งและการอัดน้ำยาไม้เพราะคุณสมบัติประการนี้ขัดขวางการไหลของของเหลว หลุมแบบหนามักจะเป็นหลุมแบบปิดเมื่อกระพี้กลายเป็นแก่นเป็นการอธิบายให้เห็นชัดว่าเหตุใดแก่นไม้จึงอัดน้ำยาได้ยากกว่ากระพี้

2.3.3 ความแข็งแรงของเซลล์ ความแข็งแรงของไม้แตกต่างกันออกไปตามแต่ชนิดของไม้และเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อไม้ ความแข็งแรงมีผลเนื่องมาจากการผสมผสาน

หอสมุดกลาง สถาบันวิทยบริการ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ของเซลลูโลสและลิกนินที่ประกอบกันเป็นผนังเซลล์ของเนื้อไม้ ตลอดจนรูปลักษณะและการจัดเรียงตัวของเซลล์ที่ประกอบเป็นเนื้อไม้แต่ละชนิด ส่วนที่แข็งแรงของไม้ประกอบด้วยเซลล์ลักษณะเป็นท่อ เซลล์ดังกล่าวนี้จะเรียงประสานไปตามความยาวของต้นไม้แบบปลายต่อปลาย (รูป 2.7) ทิศทางของมัดท่อเซลล์ต่าง ๆ เหล่านี้เรียกว่า "เสี้ยนไม้" (grain) เมื่อรอยต่อระหว่างเซลล์ถูกเสริมสร้างด้วยลิกนิน เนื้อไม้จะมีความแข็งแรงเต็มที่เช่นเดียวกับการก่ออิฐแล้วเชื่อมแต่ละก้อนด้วยซีเมนต์ ความแข็งแรงและเหนียวแน่นที่เกิดจากเซลล์ของเนื้อไม้ที่มีลิกนินเป็นตัวเชื่อมประสานนี้ มากเกินกว่าที่จะฉีกไม้ให้แยกออกจากกันตามแนวนอนได้ง่าย ๆ นอกจากจะใช้เครื่องมือเข้าช่วย

2.4 ไม้เนื้ออ่อน (softwood) และไม้เนื้อแข็ง (hardwood) [7]

2.4.1 ไม้เนื้ออ่อน ไม้เนื้ออ่อนตามหลักวิชาคือไม้พวกจิมโนสเบิร์ม (gymnosperms) ซึ่งได้แก่จำพวกไม้สน ไม้ตระกูลนี้จะมีเซลล์ที่พัฒนาขึ้นมาในลักษณะเฉพาะตัวของมันเอง เรียกว่า "เทรคีด" (tracheid) ซึ่งมีถึง 90% ในเนื้อไม้ เทรคีดเป็นเซลล์ยาวประมาณ 3 มิลลิเมตร ด้านปลายทั้งสองของเซลล์มนและตัน (รูป 2.8) มีหลุมแบบหนาที่ผนังเซลล์ จึงสามารถลำเลียงของเหลว จากเซลล์หนึ่งไปสู่เซลล์หนึ่งได้ง่าย การลำเลียงนี้ส่วนใหญ่ของเหลวจะไหลไปตามแนวยาวของต้น แต่การลำเลียงก็สามารถเกิดขึ้นในแนวรัศมีด้วยกลุ่มเซลล์ที่เรียกว่า เรย์เทรคีด (ray tracheids)

เซลล์ในแนวรัศมีนอกจากมีเซลล์เรย์เทรคีดแล้วยังประกอบด้วยเซลล์ที่มีลักษณะเหมือนกล่องสี่เหลี่ยม ซึ่งเรียกว่า "พาเรงคิมา" (parenchyma) ซึ่งทำหน้าที่สะสมอาหารและมีประมาณ 10% ของเนื้อไม้ นอกจากนี้ในไม้เนื้ออ่อนบางชนิดยังมีท่อน้ำมัน (resin canals) แทรกอยู่ระหว่างท่อเซลล์เทรคีด โดยมีเซลล์พาเรงคิมาชนิดพิเศษที่เรียกว่าเซลล์อิพิทีเลียล (epithelial cell) ทำหน้าที่สร้างน้ำมันเก็บไว้ในท่อน้ำมัน

2.4.2 ไม้เนื้อแข็ง ไม้เนื้อแข็งมีลักษณะโครงสร้างซับซ้อนแตกต่างจากไม้เนื้ออ่อนหลายประการ ตามหลักวิชาได้แก่ไม้พวกแองจิโอสเบิร์ม (angiosperms) เซลล์ไม้เนื้อแข็งประกอบด้วยเซลล์ซึ่งมีรูปร่างและลักษณะต่างกัน (รูป 2.9) ในกรณีของไม้เนื้ออ่อนเซลล์เทรคีดทำหน้าที่ค้ำจุนลำต้น แต่ในไม้เนื้อแข็งเซลล์ค้ำจุนลำต้นจะประกอบด้วยไฟเบอร์ (fiber) ซึ่งเป็นเซลล์ที่มีผนังหนา หัวท้ายแหลม มีความยาวประมาณ 1.5 เซนติเมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 0.01-0.5 มิลลิเมตร และนับเป็นกลุ่มเซลล์ส่วนใหญ่ของไม้เนื้อแข็ง

การลำเลียงของเหลวในไม้เนื้อแข็งเป็นหน้าที่ของเซลล์ลำเลียง (vessel member) เซลล์ชนิดนี้จะต่อหัว-หางกันเป็นรูปท่อกระบอก ปลายของเซลล์ลำเลียงอาจมีรูเปิดกว้างรูเดียว หรือมีรูเล็ก ๆ หลาย ๆ รูทำให้การไหลผ่านของของเหลวได้เร็วขึ้น เซลล์ชนิดนี้มีความยาวประมาณ 0.2-1.3 มิลลิเมตร ลักษณะของท่อลำเลียงทางหน้าตัดของไม้จะเห็นเป็นรู และถ้าตัดตามแนวยาวจะมีลักษณะเป็นร่องยาวซึ่งเรามักเรียกว่าเสี้ยน

ขนาดของรูมีความสัมพันธ์โดยตรงกับความละเอียดของเนื้อไม้เป็นอย่างมาก ส่วนการสะสมอาหารของไม้เนื้อแข็งก็เป็นหน้าที่ของเซลล์พาเรงคิมาเช่นเดียวกับไม้เนื้ออ่อน

2.5 ไม้เนื้ออ่อนและไม้เนื้อแข็งตามความหมายของการใช้งาน

ดังได้กล่าวในหัวข้อ 2.4 แล้วว่าไม้เนื้ออ่อนตามความหมายทางวิชาการเป็นไม้พวกจิมโนสเปิร์ม ซึ่งโครงสร้างไม้พิจารณาได้ง่ายโดยวิธีเฉือนหน้าตัดไม้ให้เรียบแล้วส่องดูด้วยแว่นขยายจะเห็นไม่มีรู ส่วนไม้เนื้อแข็งถ้าส่องดูทางหน้าตัดจะเห็นมีรูพรุนทั่วไป แต่ไม้เนื้ออ่อนตามความหมายที่ใช้ในทางก่อสร้างนั้น หมายถึงไม้ที่รับแรงหรือน้ำหนักได้น้อย กรมป่าไม้ได้กำหนดหลักเกณฑ์ของไม้เนื้อแข็งโดยพิจารณาความแข็งแรงในการดัดของไม้แห้ง (ความชื้นประมาณ 12%) และความทนทานตามธรรมชาติของไม้ชนิดนั้น ๆ ดังนี้ [8]

	ความแข็งแรงในการดัด (kg/cm^2)	ความทนทาน (ปี)
ไม้เนื้อแข็ง	มากกว่า 1000	มากกว่า 6 ปี
ไม้เนื้อแข็งปานกลาง	600 - 1000	2 - 6
ไม้เนื้ออ่อน	น้อยกว่า 600	ต่ำกว่า 2

สำหรับไม้ที่มีความทนทานตามธรรมชาติต่ำหรือมีความแข็งแรงในการดัดต่ำ หากได้รับการอาบน้ำยา หรือทำเป็นไม้อัดพลาสติก ค่าความแข็งแรงและความทนทานจะเพิ่มขึ้นกว่าเดิม

2.6 คุณสมบัติทางกายภาพของไม้ [9]

คุณสมบัติเชิงกายภาพของไม้ที่จะกล่าวถึงในที่นี้ได้แก่ ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะ ปริมาณความชื้น การหดตัวและการบวมตัวของไม้ ส่วนคุณสมบัติเชิงกายภาพอื่น ๆ ที่เห็นได้เช่น สี ลวดลาย ความหยาบหรือความละเอียดของเสี้ยนไม้เป็นที่รู้จักกันแล้วโดยทั่วไป

2.6.1 ความหนาแน่นและความถ่วงจำเพาะ

ความหนาแน่น ความถ่วงจำเพาะและปริมาณความชื้นมีความสัมพันธ์ใกล้ชิดกับค่าคุณสมบัติเชิงกลของไม้เป็นอย่างมาก ตามปกติเมื่อแสดงค่าคุณสมบัติเชิงกลของไม้จะต้องบอกค่าปริมาณเหล่านี้กำกับด้วยเสมอ

ความหนาแน่น เป็นค่ามวลต่อหน่วยปริมาตรที่ระดับความชื้นระดับใดระดับหนึ่ง ในการหาความหนาแน่น จึงต้องชั่งหามวลไม้และวัดปริมาตรไม้ออกมา แล้วนำมาคำนวณหาความหนาแน่นดังสมการ

$$\text{ความหนาแน่น} = \frac{\text{มวล}}{\text{ปริมาตร}} \qquad (2.1)$$

หน่วยของของความหนาแน่นในระบบเมตริกซึ่งใช้แต่เดิมเป็นกรัมต่อลูกบาศก์เซนติเมตร (g/cm^3) ส่วนระบบหน่วยสากล (SI unit) เป็นกิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร (kg/m^3)

ความถ่วงจำเพาะ คืออัตราส่วนความหนาแน่นวัตถุต่อความหนาแน่นน้ำ ในกรณีของไม้ซึ่งดูดและคายน้ำได้ น้ำในเนื้อไม้ทำให้ทั้งมวลและปริมาตรไม้เปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นความถ่วงจำเพาะของไม้จึงกำหนดให้ใช้มวลอบแห้งคือหลังจากอบไม้ที่อุณหภูมิ 105°c จนมวลคงที่และปริมาตรอบแห้งซึ่งคงที่เช่นกัน ทั้งนี้เพราะความหนาแน่นและปริมาตรที่ปริมาณความชื้นระหว่างจุดหมาดกับสภาวะอบแห้งไม่แน่นอน เนื่องจากควบคุมปริมาณความชื้นตามต้องการได้ยาก ความถ่วงจำเพาะที่ได้จึงยากต่อการเปรียบเทียบ แต่ถ้าจะหาออกมาก็ต้องระบุปริมาณความชื้นของไม้ที่ใช้หาออกมาไว้ด้วย

ความถ่วงจำเพาะของไม้แตกต่างกันไปตามชนิดของไม้ ค่าความถ่วงจำเพาะบอกให้ทราบถึงปริมาณของสารที่ประกอบขึ้นเป็นผนังเซลล์ในหนึ่งหน่วยปริมาตร ซึ่งตามปกติแล้วปริมาตรของไม้แต่ละชิ้นจะมีช่องว่างรวมอยู่ด้วย ไม้จะมีช่องว่างมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความถ่วงจำเพาะเช่นกันคือ ถ้าความถ่วงจำเพาะต่ำแสดงว่ามีช่องว่างอยู่มาก ถ้าความถ่วงจำเพาะสูงก็มีช่องว่างอยู่น้อย ความถ่วงจำเพาะของสารที่ประกอบเป็นผนังเซลล์มีค่าประมาณ 1.5 ที่ความถ่วงจำเพาะนี้จะไม่มีช่องว่างในเนื้อไม้ ไม้โดยทั่วไปไม่มีชนิดใดที่มีความถ่วงจำเพาะถึง 1.5 นอกจากนี้ความถ่วงจำเพาะยังเกี่ยวข้องกับค่าความแข็งแรง การหดตัวและการบวมของไม้ด้วย

2.6.2 ปริมาณความชื้น ตามปกติไม้จะมีความชื้นอยู่ในเนื้อไม้มากหรือน้อยขึ้นกับสภาวะของไม้ ปริมาณความชื้นหาออกมาเป็นร้อยละของมวลอบแห้งของไม้ดังสมการ

$$\text{ปริมาณความชื้น (\%)} = \frac{\text{มวลไม้ที่มีความชื้นก่อนอบ - มวลไม้อบแห้ง}}{\text{มวลไม้อบแห้ง}} \times 100 \qquad (2.2)$$

ไม้ที่ตัดโค่นลงใหม่ ๆ จะมีปริมาณความชื้นสูงเรียกว่าอยู่ในสภาวะสด ไม้แปรรูปใหม่ ๆ ในโรงเลื่อยมีความชื้นสูงเช่นกัน ในสภาวะเช่นนี้จะมีน้ำในผนังเซลล์อย่างอิ่มตัวและมีน้ำอยู่ในช่องเซลล์ เมื่อน้ำในช่องเซลล์ระเหยออกหมดเหลือแต่น้ำในผนังเซลล์อย่างอิ่มตัว ปริมาณความชื้นในสภาวะนี้เรียกว่าปริมาณความชื้นที่จุดหมาด เมื่อไม้แห้งจนถึงจุดสมดุลกับอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศที่ระดับหนึ่งระดับใด ปริมาณความชื้นที่จุดนี้เรียกว่า ปริมาณความชื้นสมดุล ปริมาณความชื้นของไม้ขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อมที่ไม้นั้นอยู่ และถือเอาปริมาณความชื้นสมดุลเฉลี่ยทั้งปีเป็นเกณฑ์พิจารณา เช่นในกรุงเทพ ๆ ปริมาณความชื้นสมดุลเฉลี่ย 15% โดยคิดจากอุณหภูมิและความชื้นสัมพัทธ์เฉลี่ยตลอดทั้งปีของกรุงเทพ ๆ คือ 28.25°c และ 77.65 % ตามลำดับ

2.6.3 การหดตัวและการบวมของไม้ การหดตัวของไม้เกิดขึ้นเมื่อไม้สูญเสียน้ำในผนังเซลล์ และในทางตรงกันข้ามเมื่อไม้ดูดความชื้นเข้าไปในช่วงที่มีปริมาณความชื้น

ต่ำกว่าจุดหมาดจะทำให้ไม้พองตัวขึ้น การบวมตัวของไม้อาจเกิดขึ้นในกรณีอัดน้ำยาที่ทำให้ผนังเซลล์พองตัวเข้าไปในเนื้อไม้

การเปลี่ยนแปลงขนาดของไม้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาณความชื้นหรือผลเนื่องจากอัดน้ำยาเข้าในเนื้อไม้มีมากกว่าการเปลี่ยนขนาดเนื่องมาจากการเปลี่ยนอุณหภูมิ การหดตัวและการบวมตัวของไม้ยังขึ้นกับลักษณะโครงสร้างของไม้ (แนวรัศมี แนวสัมผัส และแนวตามเสี้ยนหรือตามยาว) ความถ่วงจำเพาะ อุณหภูมิและระดับความเค้นที่เกิดจากความแห้ง การหดตัวและบวมตัวของไม้มักจะคำนวณเป็นร้อยละของขนาดหรือปริมาตรที่ไม้นั้นเปลี่ยนแปลงไปดังนี้

$$\text{การหดตัว (\%)} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงจากขนาดที่พองตัว}}{\text{ขนาดที่หดตัว}} \times 100 \qquad (2.3)$$

$$\text{การบวมตัว (\%)} = \frac{\text{การเปลี่ยนแปลงจากขนาดที่หดตัว}}{\text{ขนาดที่หดตัว}} \times 100 \qquad (2.4)$$

การหดตัวและการบวมตัวของไม้ในแต่ละแนวไม่เท่ากัน โดยปกติการหดตัวหรือบวมตัวในแนวสัมผัสจะมากกว่าในแนวด้านรัศมี ส่วนในแนวตามยาวจะหดตัวหรือบวมตัวน้อยที่สุด

2.7 ความสัมพันธ์ของโครงสร้างไม้กับสภาพการยอมให้ของเหลวซึมเข้าสู่เนื้อไม้

2.7.1 การไหลของของเหลวผ่านเซลล์ไม้ : ไม้แห้งเป็นวัสดุพรุนประมาณ 70% ของปริมาตรเป็นช่องเซลล์ที่มีอากาศแทรกเต็มอยู่ส่วนที่เหลืออีก 30% เป็นเนื้อไม้หรือผนังเซลล์ แต่เนื่องจากไม้มีสภาพการยอมให้ของเหลวซึมผ่านได้ค่อนข้างต่ำ จึงเป็นปัญหาสำคัญในการอัดโมโนเมอร์เข้าสู่เนื้อไม้ ของเหลวที่ซึมแทรกเข้าสู่เนื้อไม้จะไหลผ่านไปตามท่อลำเลียงแล้วส่งผ่านตามหลุมที่ผนังเซลล์จากไฟเบอร์หนึ่งสู่อีกไฟเบอร์หนึ่ง ถ้าหากท่อลำเลียงนี้อุดตันด้วยไทโลส (Tylose) หรือยางไม้ จะยิ่งทำให้สภาพการซึมผ่านได้ของไม้ลดต่ำอีกเป็นอย่างมาก [2,10] ด้วยเหตุนี้จึงทำให้ไม้แต่ละตระกูลอัดน้ำยาได้ยากหรือง่ายแตกต่างกันไป กองวิจัยผลิตผลป่าไม้ กรมป่าไม้ ได้ศึกษาการอัดน้ำยาเข้าสู่เนื้อไม้หลาย ๆ ชนิด [11] แล้วจัดอันดับความยากง่ายที่น้ำยาซึมแทรกเข้าเนื้อไม้ของไม้แต่ละชนิดเหล่านั้นไว้ รายงานดังกล่าวอาจใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการพิจารณาเลือกไม้มาทำเป็นไม้อัดพลาสติก นอกจากโครงสร้างตามธรรมชาติของไม้แล้ว ความยากง่ายในการอัดน้ำยายังขึ้นกับความมีขี้วหรือไม่มีขี้วของโมเลกุล ขนาดของโมเลกุลและความหนืดของสารที่จะใช้อัดนั้นด้วย โดยปกติการซึมผ่านของของเหลวตามแนวยาวของไม้จะสูงกว่าการไหลตามขวางตั้งแต่หนึ่งพันถึงหนึ่งแสนเท่า ส่วนการไหลทางด้านรัศมีจะมากกว่าด้านสัมผัสเพียงเล็กน้อย

2.7.2 การอัดโมโนเมอร์เข้าสู่เนื้อไม้ : ปัจจุบันการอัดโมโนเมอร์เข้าสู่เนื้อไม้ใช้วิธีการเดียวกันกับการอัดน้ำยาไม้ในอุตสาหกรรมไม้แปรรูป คืออาศัยความดัน

(Pressure Process) ชาวอังกฤษเป็นผู้คิดและใช้อัดน้ำยาครั้งแรก เมื่อปี พ.ศ.2381 [12] วิธีการดังกล่าวจะบรรจุไม้เข้าในถังอัด (impregnation chamber) แล้วทำสูญญากาศให้ความดันภายในลดต่ำ ซึ่งจะทำให้ก๊าซ ไอน้ำและออกซิเจนในช่องเซลล์ถูกดูดออกจนเหลือน้อยที่สุด แล้วจึงปล่อยน้ำยาลงท่วมไม้และแช่ไว้ด้วยกำลังอัด การทำสูญญากาศนอกจากจะช่วยให้การซึมแทรกของของเหลวเข้าสู่เซลล์ไม้ได้สะดวกขึ้นแล้วยังเป็นการช่วยลดออกซิเจนในรูพรุนของเซลล์ไม้อีกทางหนึ่ง เพราะการใช้รังสีแกมมากระตุ้นให้เกิดปฏิกิริยาโพลีเมอร์ไรเซชันจะประสบผลดีเมื่ออยู่ภายใต้สภาพแวดล้อมที่ปราศจากออกซิเจนดังจะได้กล่าวถึงรายละเอียดในบทต่อไป ในงานวิจัย การลดออกซิเจนโดยวิธีใช้เครื่องสูบสูญญากาศสูบก๊าซออกนี้ อาจใช้ก๊าซเฉื่อยเช่น ไนโตรเจน ผ่านเข้าสู่ถังอัดแล้วทำสูญญากาศซ้ำอีก หรือใช้วิธีทำให้ความดันในถังอัดต่ำ ๆ แล้วจึงผ่านไนโตรเจนเข้าไปเพื่อปรับความดันให้ถึงระดับที่ต้องการ

ปริมาณความสูงสุดของโมโนเมอร์ที่ถูกไม้ดูดซับไว้ในทางทฤษฎี พิจารณาได้จากปริมาตรรวมของรูพรุนในไม้ Kent และ Kinell [1,2] สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของปริมาตรรูพรุน V_f ปริมาตรไม้ V และความหนาแน่นของไม้ d ดังนี้

$$V_f = V\left[1 - \frac{d}{d_w}\right] \qquad (2.5)$$

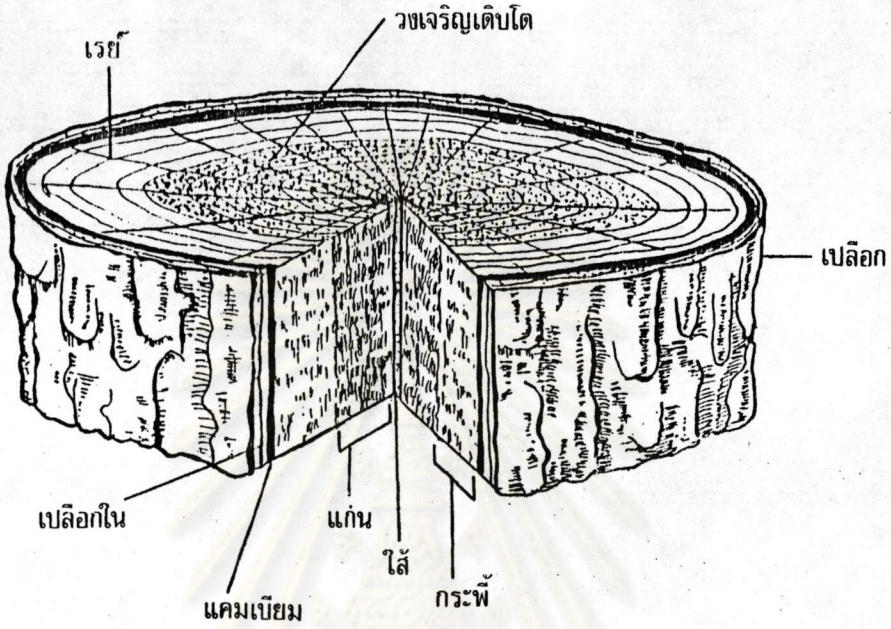
เมื่อ d_w เป็นความหนาแน่นมาตรฐาน ($1.54\ g/cm^3$)

จากสมการ (2.5) ถ้าทราบความหนาแน่นของโมโนเมอร์ ก็จะสามารถคำนวณหามวลสูงสุดของโมโนเมอร์ที่จะเข้าอยู่เต็มรูพรุนของเซลล์ไม้ตัวอย่างได้ ทั้งนี้โมโนเมอร์นั้นต้องไม่ทำให้ไม้บวมตัว) อีกวิธีหนึ่งสามารถบอกประสิทธิภาพของการอัด (impregnation efficiency) หรือการใช้ปริมาตรรูพรุนของเซลล์ไม้ออกมาเป็นเปอร์เซนต์ได้ดังนี้

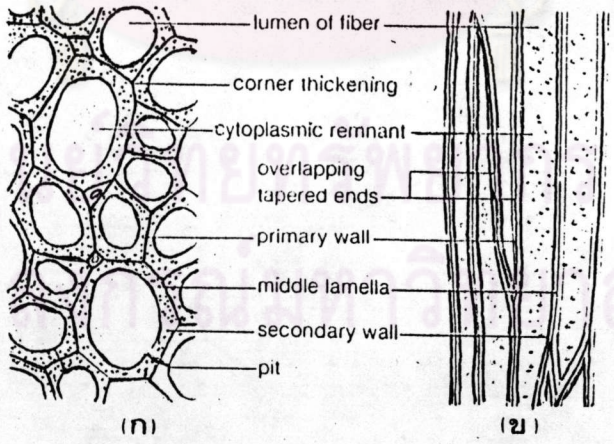
$$\text{ประสิทธิภาพการอัด (\%)} = \frac{M}{d_m V_f} \times 100 \qquad (2.6)$$

เมื่อ M และ d_m เป็นมวลและความหนาแน่นของโมโนเมอร์ตามลำดับ [1]

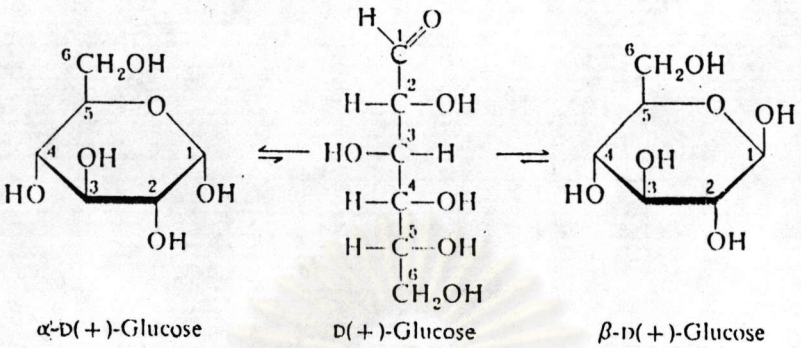
อย่างไรก็ตามการที่โมโนเมอร์จะซึมเข้าสู่เนื้อไม้ได้มากหรือน้อย ยังขึ้นอยู่กับปัจจัยอื่น ๆ อีกหลายประการ เช่น ความชื้นของไม้ ความดันสูญญากาศในถังอัดขณะปล่อยโมโนเมอร์เข้าท่วมไม้ ชนิดของไม้และเวลาที่แช่ไม้ ในทางปฏิบัติมักไม่คำนึงถึงกรณีอัดโมโนเมอร์เข้าสู่ไม้จนเต็มช่องพรุนของเซลล์ทั้งหมด แต่จะมุ่งพิจารณาปริมาณโมโนเมอร์ที่ลดต่ำลงมาถึงระดับที่สามารถเพิ่มคุณสมบัติของไม้ให้ได้ตามความประสงค์



รูป 2.1 หน้าตัดขวางของต้นไม้

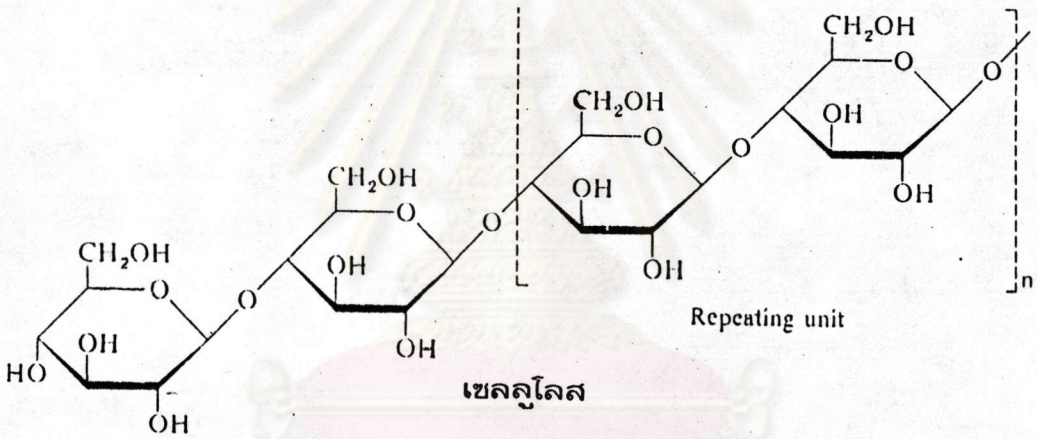


รูป 2.2 ลักษณะของเซลล์ไม้ (ก) หน้าตัด (ข) แนวยาว



กลูโคส

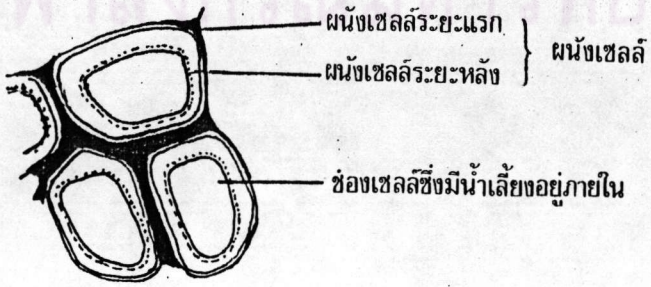
(ก)



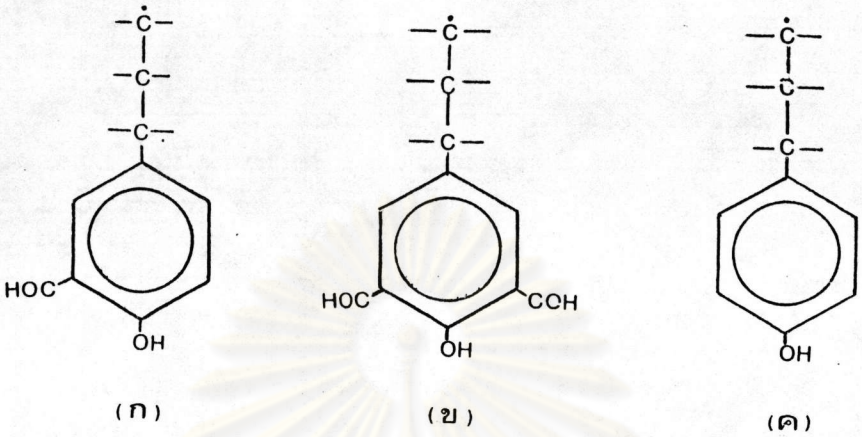
เซลลูโลส

(ข)

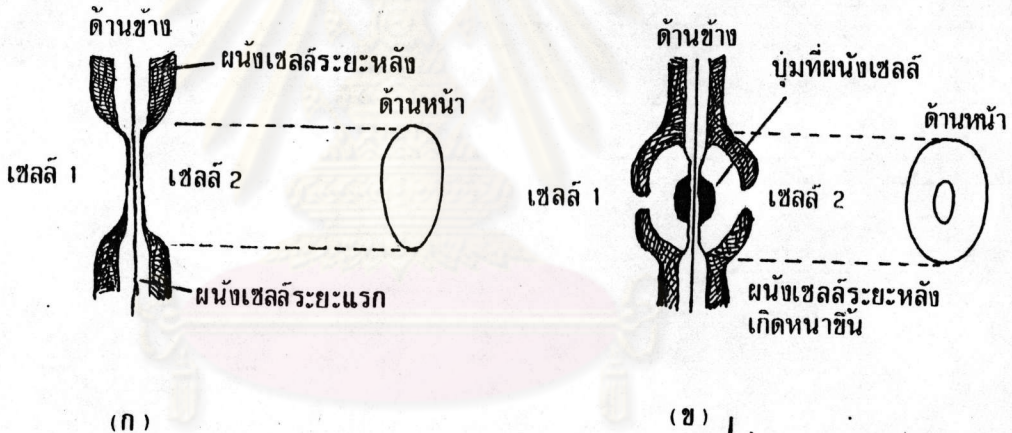
รูป 2.3 โครงสร้างโมเลกุลของกลูโคสและเซลลูโลส

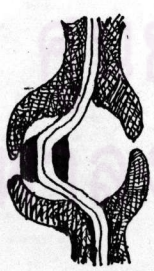


รูป 2.4 ผนังเซลล์ระยะแรกและระยะหลัง



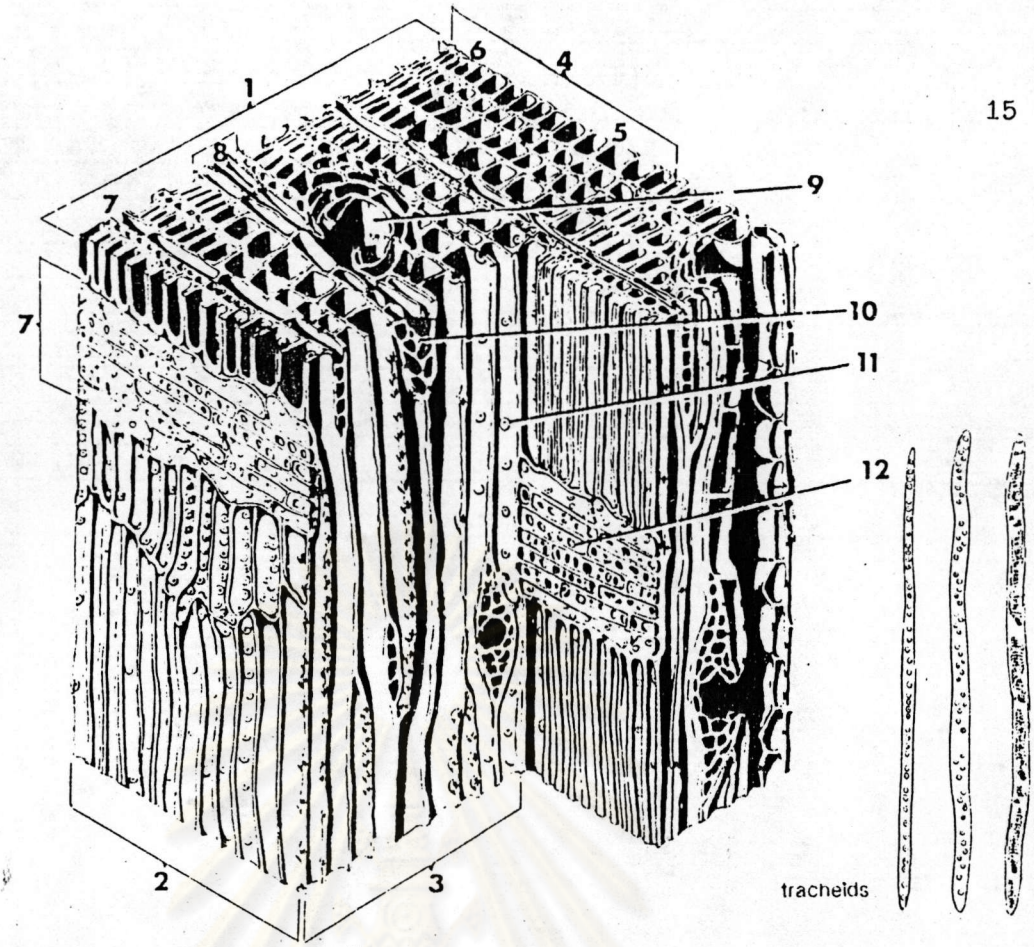
รูป 2.5 ระบบวงแหวนในโมเลกุลของลิกนินในสภาพที่เป็นแรดิคัล



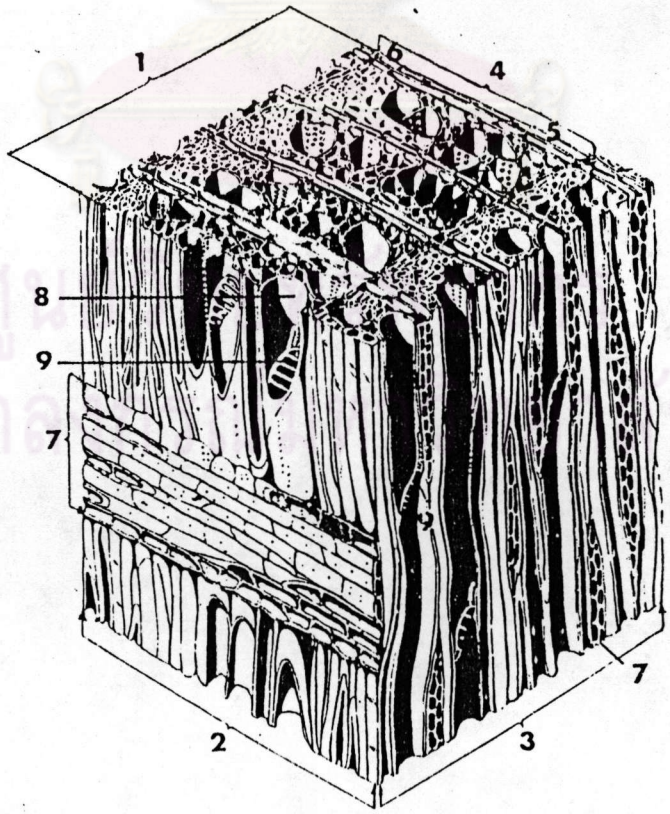


รูป 2.6 หลุมที่ผนังเซลล์

รูป 2.7 มัดท่อเซลล์เสี้ยนไม้



รูป 2.8 . โครงสร้างของเซลล์ไม้เนื้ออ่อน : (1) cross section, (2) radial section, (3) tangential section, (4) growth ring, (5) earlywood, (6) latewood, (7) wood ray, (8) fusiform ray, (9) vertical resin duct, (10) horizontal resin duct, (11) bordered pit, (12) simple pit.



รูป 2.9 โครงสร้างของเซลล์ไม้เนื้อแข็ง : (1) cross section, (2) radial section, (3) tangential section, (4) growth ring, (5) earlywood, (6) latewood, (7) wood ray, (8) vessel, (9) perforation.

016190