บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พืชถือเป็นแหล่งที่อยู่อาศัยทางนิเวศวิทยาของจุลชีพที่สำคัญแหล่งหนึ่ง โดยมีความสัมพันธ์กันระหว่างจุลชีพและพืชในลักษณะที่อยู่ร่วมกันและเอื้อประโยชน์ซึ่งกันและกัน ตัวอย่างเช่นรา เส้นใยของรานั้นสามารถผ่านเข้าไปในเนื้อเยื่อพืชได้ดี ทำให้มีความสัมพันธ์ระหว่างรากับพืช รา บางชนิดไม่ก่อให้เกิดโรคกับพืชและยังมีความสัมพันธ์มากมายกับพืช โดยอาจสร้างเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่เป็นพิษต่อสัตว์ จึงช่วยป้องกันอันตรายต่อพืช ราบางชนิดสร้างสารต้านเชื้อราและแบคทีเรียซึ่งมีประโยชน์กับพืช แต่ราบางชนิดก็ก่อให้เกิดผลเสียกับพืช เป็นผลให้เซลล์ตาย เนื่องจากราดูดสารอาหารมาจากเนื้อเยื่อพืช และเอ็นโดไฟต์ก็จัดเป็นราชนิดหนึ่งที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช โดยจะเอื้อประโยชน์ให้กับต้นพืชที่เอนโดไฟต์อาศัยอยู่ เช่น เอ็นโดไฟต์จำพวกราในจีนัส Rhizoctonia ที่อาศัยอยู่ในส่วนรากของกล้วยไม้ชนิดหนึ่ง จะช่วยย่อยสลายเปลือกไม้และสารอื่นๆ ให้เป็นสารอาหารให้กับต้นอ่อนของต้นกล้วยไม้ เป็นต้น ซึ่งเอ็นโดไฟต์นั้นจะสามารถพบได้ทุกหนทุกแห่งอย่างกว้างขวางในพืชเกือบทุกชนิด ทั้งพืชบกและพืชน้ำ [10]

เอ็นโดไฟต์เหล่านี้เป็นที่น่าสนใจของนักนิเวศวิทยาและนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาเอ็นโดไฟต์เป็นอย่างมาก โดยทำการวิจัยเพื่อศึกษาความหลากหลายทางชีวภาพ จุลกายวิภาคศาสตร์และมหกายวิภาคศาสตร์ ชีววิทยาอินทรีย์ และนิเวศวิทยาระหว่างเอ็นโดไฟต์ พืชที่เอ็นโดไฟต์อาศัยอยู่และศัตรูพืช เพื่อนำเอ็นโดไฟต์ไปใช้ประโยชน์ต่างๆ ได้แก่ สารควบคุมทางชีวภาพ แหล่งเมแทบอไลต์ทุติยภูมิใหม่เพื่อใช้ทางการแพทย์ ใช้ป้องกันอันตรายให้กับต้นพืช และนำไปประยุกต์ใช้ในทางอุตสาหกรรมต่อไป [10]

2.1 คำจำกัดความของเอ็นโดไฟต์

Carroll [11] ให้คำจำกัดความของเอ็นโดไฟต์ว่า "เป็นสิ่งมีชีวิตทำให้เกิดการติดเชื้อแบบไม่แสดงอาการ ซึ่งรวมถึงสิ่งมีชีวิตทุกชนิดที่อาศัยและเจริญในเนื้อเยื่อส่วนต่างๆ ของพืชโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อพืช แต่ไม่รวมถึงเชื้อราก่อโรค (pathogenic fungi) และสิ่งมีชีวิตที่อาศัยอยู่ร่วมกับพืชนั้น"

Stone และคณะ [12] ให้ความหมายของราเอ็นโดไฟต์ว่า "เป็นกลุ่มสิ่งมีชีวิตที่ทำให้เกิดการติดเชื้อโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายแก่เนื้อเยื่อพืชที่ราเอ็นโดไฟต์อาศัยและเจริญอยู่"

Wilson [13] ให้คำจำกัดความของราเอ็นโดไฟต์ว่า "เป็นเชื้อราที่ทำให้เกิดการติดเชื้อแบบไม่แสดงอาการในช่วงใดช่วงหนึ่งของวงจรชีวิตของเชื้อนั้นในใบและลำต้นที่สมบูรณ์ของพืช ซึ่งรวมถึงช่วงที่เชื้อไม่ก่อให้เกิดอาการใดหรือช่วงแฝงของราที่ก่อโรค (latency period) ทั้งนี้ไม่รวมถึงราที่อาศัยอยู่ในรากพืช

และเอ็นโดไฟต์ตามความหมายของ Hirsch และ Braun [14] หมายถึง "เชื้อจุลชีพจำพวกราที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชที่มีชีวิตโดยไม่ทำให้เกิดผลที่เป็นอันตรายต่อต้นพืชที่รานั้นอาศัยอยู่" นอกจากนี้ Bills [15] ได้อธิบายคำจำกัดความนี้เพิ่มเติมว่ารวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างราเอ็นโดไฟต์และพืชที่มีความสัมพันธ์ในลักษณะที่เป็น parasitism, commensalisms และ mutualism แต่อย่างไรก็ตามคำจำกัดความนี้ไม่รวมเชื้อจุลชีพอื่นที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อของพืชนอกจากพวกรา เช่น แบคทีเรียและสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน เป็นต้น

ต่อมา Petrini [16] ได้พิจารณาและให้คำจำกัดความของเอ็นโดไฟต์ไว้ว่า "เอ็นโดไฟต์เป็นสิ่งมีชีวิตที่เจริญในเนื้อเยื่อของพืชที่มีชีวิตโดยไม่ทำให้เกิดโรคแก่ต้นพืชที่อาศัยอยู่ แต่เอ็นโดไฟต์อาจเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดโรคแก่ต้นพืชได้ ถ้าเกิดหลังระยะแฝงของโรคก่อนที่อาการของโรคจะปรากฏ ซึ่งคำจำกัดความนี้รวมเชื้อจุลินทรีย์ทุกชนิดที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืช" แต่เอ็นโดไฟต์จำพวกรานั้นมีความสำคัญต่อต้นพืชมากกว่าเอ็นโดไฟต์ชนิดอื่น เนื่องจากราเอ็นโดไฟต์จะสร้างสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีประโยชน์ต่อต้นพืช และมีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจ

ดังนั้น เราจึงได้คำจำกัดความของเอ็นโดไฟต์ที่ว่า เอ็นโดไฟต์นั้นคือแบคทีเรียหรือราที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชที่มีชีวิต อาจจะอาศัยอยู่ในช่วงใดช่วงหนึ่งหรือทั้งหมดของวงชีวิต และเป็นสาเหตุของการติดเชื้อที่ไม่ปรากฏอาการในเนื้อเยื่อพืชแต่ไม่แสดงอาการของโรค ทั้งนี้ไม่รวมราไมคอร์ไรซ่า (Mycorrhizal fungi) แต่รวมราที่อาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชในระยะเวลาที่ยาวนานก่อนที่จะเป็นสาเหตุให้เกิดอาการของโรคในพืชที่มันอาศัยอยู่ ถึงแม้ว่าราเหล่านี้จะถูกจัดให้เป็นราที่ก่อให้เกิดโรคอย่างแน่นอนแต่ก็ยังสามารถดำรงชีวิตแบบเอ็นโดไฟต์ได้ในวงชีวิต และรวมถึงราที่ก่อให้เกิดโรคในพืช แต่ไม่เคยแสดงอาการของโรคหลังจากที่พืชเกิดการติดเชื้อในทางนิเวศวิทยาเอ็นโดไฟต์สามารถใช้ชีวิตร่วมกับพืชโดยมีความสัมพันธ์แบบพึ่งพาอาศัยกัน จึงเป็นไปได้ที่เอ็นโดไฟต์สามารถดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกันหรืออาจก่อให้เกิดโรคได้ในระยะเวลาต่างๆ กัน [17] เช่น *Epichole typhina* ซึ่งเป็นราเอ็นโดไฟต์ของ *Festuca rubra* และ *Atkinsonella hypoxylon* ซึ่งเป็นราเอ็นโดไฟต์ของ *Danthonia spicata* พบว่าราเอ็นโดไฟต์ทั้ง 2 ชนิด ช่วยเพิ่มความสามารถในการป้องกันแมลงศัตรูพืชเมื่อดำรงชีวิตแบบพึ่งพาอาศัยกันและเป็นพวกที่ก่อให้เกิดโรค หรือปรสิตได้ โดยทำให้พืชทั้งสองชนิดข้างต้นเป็นหมันและยังสามารถสร้างสโตรมาอยู่บนเมล็ดพืชได้อีกด้วย

2.2 การจัดกลุ่มเอ็นโดไฟต์ในทางนิเวศวิทยา

เมื่อจัดกลุ่มของเอ็นโดไฟต์ในทางนิเวศวิทยาแบ่งเป็น 2 กลุ่ม [18] ดังนี้

2.2.1 Clavicipitaceous grass endophyte

คือ เอ็นโดไฟต์ในหญ้า ซึ่งเป็นราในตระกูล Clavicipitaceae โดยการค้นพบราเอ็นโดไฟต์ในกลุ่มนี้ในหญ้า เริ่มต้นจากการที่ Vogel [19] พบราเอ็นโดไฟต์ในเมล็ดของหญ้าชนิดหนึ่ง *(Lolium tumulentum L.)* ซึ่งเป็นวัชพืชที่เกิดในแปลงธัญพืชและยังได้มีการศึกษาอีกมากมายที่แสดงให้เห็นว่ารากลุ่มนี้มีแหล่งที่อยู่อาศัยในพืชอีกหลายชนิด ซึ่งส่วนใหญ่จะเป็นหญ้า ได้แก่ หญ้าตระกูล Poaceae หญ้าจำพวกหญ้าแห้วหมู (Sedge) ตระกูล Cyperaceae และหญ้าทรงสูงชนิดหนึ่ง (Rush) ตระกูล Jancaceae [20] มีหญ้ากว่า 80 จีนัส และอีกหลายร้อยสปีชีส์ที่มีราเอ็นโดไฟต์อาศัยอยู่

2.2.2 Non-Clavicipitaceous grass endophyte

คือ เอ็นโดไฟต์ในไม้ยืนต้นหรือไม้พุ่ม แต่รวมราเอ็นโดไฟต์ในหญ้าที่ไม่ใช่ราในตระกูล Clavicipitaceae ราเอ็นโดไฟต์ในกลุ่มนี้ได้แก่ราในไฟลัม Ascomycota, Deuteromycota, Zygomycota และ Basidiomycota ซึ่งราเอ็นโดไฟต์ของพืชชนิดอื่นนั้น นอกจากหญ้าที่รู้จักกันมานานกว่า 70 ปีแล้ว ยังมีการศึกษาราเอ็นโดไฟต์ของไม้ยืนต้นและไม้พุ่มเริ่มเมื่อ 15 ปีที่ผ่านมา โดยเริ่มศึกษาในต้นสนของทางยุโรป หลังจากนั้นมีรายงานมากมายที่รวบรวมรายชื่อของพืชที่มีราเอนโดไฟต์อาศัยอยู่เพื่อสรุปถึงการกระจายของราเอ็นโดไฟต์ในอาณาจักรพืช [18]

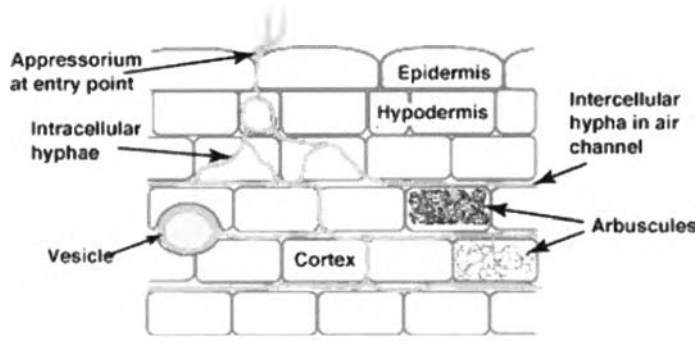
หอสมุดกลาง สำนักงานวิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.3 ความสัมพันธ์ระหว่างราเอ็นโดไฟต์กับพืชในทางนิเวศวิทยา

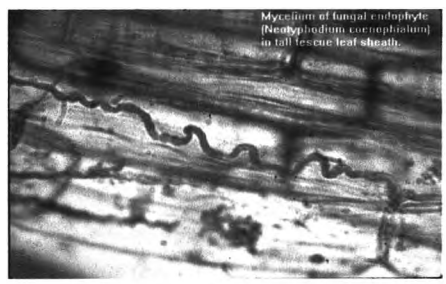
ราเอ็นโดไฟต์เป็นราที่รู้จักกันมานาน [16] อาศัยอยู่ภายในต้นพืช โดยไม่ก่อให้เกิดโรคแก่ต้นไม้ที่รานั้นอาศัยอยู่ [21] โดยอาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular spaces) ของส่วนลำต้น (stem) เปลือกไม้ (bark) ท่อลำเลียงน้ำ (xylem) ใบ (leaves) เส้นใบ (petioles) ราก (root) และเมล็ด (seed) ของพืชชั้นสูง (รูปที่ 2.1) ราเอ็นโดไฟต์จะมีความเกี่ยวข้องกับพืชในลักษณะที่เป็น mutualistic, symbiotic และ commensal จนถึงกระทั่งอาจจะทำให้เกิดพยาธิสภาพให้กับต้นพืชได้ ถ้าต้นพืชมีภาวะอ่อนแอหรือมีความเครียดเกิดขึ้น [21,22] ซึ่งจะพบราเอ็นโดไฟต์ได้ในพืชจำพวกหญ้า ไม้ผลัดใบ ไม้ยืนต้น และไม้พุ่ม เป็นต้น [21,23,24] (รูปที่ 2.2) ราเอ็นโดไฟต์สร้างสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิให้กับพืชที่ราอาศัยอยู่ และอาจมีผลดีที่ก่อให้เกิดประโยชน์ต่อพืชได้ [22] โดยสร้างสารพิษที่ป้องกันอันตรายให้กับต้นพืชจากศัตรูพืช (ศัตรูพืชที่กล่าวถึงคือสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมหรือแมลงที่กินพืชเป็นอาหาร) หรือป้องกันอันตรายจากเชื้อที่ก่อโรคให้กับพืช เช่น *Acremonium* sp. ซึ่งเจริญอยู่ในพืชจำพวกหญ้า จะสร้างสารจำพวก indole alkaloid เพื่อป้องกันต้นหญ้าไม่ให้ได้รับอันตรายจากสัตว์ที่กินรากหรือใบหญ้าเป็นอาหาร *Pestalotiopsis microspora* จากต้น *Florida torreya* ไม่เพียงแต่จะผลิตสารพวก glucoside ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราแล้ว ยังสามารถผลิตสารอื่นอีกหลายชนิดที่เป็น phytotoxic compound ซึ่งช่วยป้องกันอันตรายต่างๆ ที่เกิดขึ้นกับต้นไม้ได้หรือ *Acremonium* sp. ที่อาศัยอยู่ใน *Taxus bacata* ผลิตสาร leucinostatin A ซึ่งมีฤทธิ์ต้านเชื้อราจำพวก Oomycetes (Water molds) ที่เป็นอันตรายต่อต้นพืชได้ เป็นต้น [22]

2.4 ประโยชน์ที่พืชได้รับจากราเอ็นโดไฟต์ [25]

1. สร้างสารที่เป็นพิษในพืชเพื่อป้องกันการเข้าทำลายของแมลง
2. ช่วยให้พืชสังเคราะห์แสงได้มาก โดยหญ้าที่มีราเอ็นโดไฟต์จะยังคงมีการสังเคราะห์แสงได้มากที่อุณหภูมิสูงเมื่อเปรียบเทียบกับหญ้าที่ไม่มีราเอ็นโดไฟต์
3. ป้องกันการก่อโรคในพืช เช่น ราเอ็นโดไฟต์ที่พบในใบยาสูบไม่สามารถทำให้เกิดอาการโรคจุดสีน้ำตาล และยังพบอีกว่าในต้นกล้าของยาสูบที่เพาะในเรือนเพาะชำจะไม่พบราเอ็นโดไฟต์ แต่เมื่อนำไปปลูกในไร่จะพบราเอ็นโดไฟต์ในใบยาสูบ
4. ช่วยยับยั้งการเข้าทำลายของไส้เดือนฝอย และทำให้พืชสามารถเจริญในระยะที่นานกว่าและไม่ต้องใช้ปุ๋ยมาก
5. การสร้างฮอร์โมนเร่งการเจริญเติบโต เช่น เร่งกระบวนการออกดอก เป็นต้น
6. สร้างสารปฏิชีวนะ ซึ่งมีผลต่อต้านแบคทีเรียที่เป็นสาเหตุให้เกิดโรคในคนและพืช



(ก.)



(ข.)

(ค.)

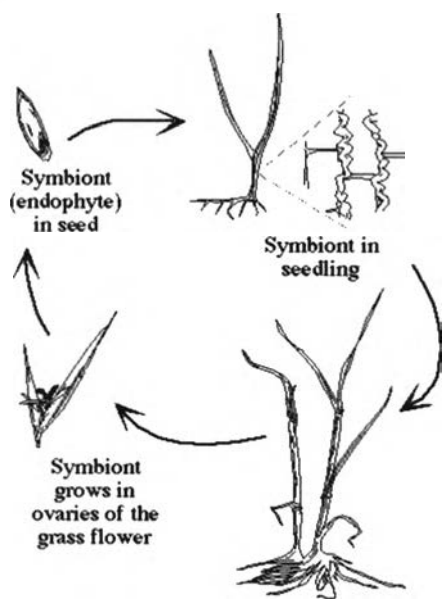
รูปที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างราเอ็นโดไฟต์กับพืช

(ก.) การแทรกตัวของเส้นใยราเอ็นโดไฟต์ในช่องว่างระหว่างเซลล์ (intercellular space)

(ข.) การแทรกตัวของ เส้นใยราเอ็นโดไฟต์ในใบ

(ค.) การแทรกตัวของ เส้นใยราเอ็นโดไฟต์ในเมล็ด

(แหล่งที่มา: http://www.uark.edu/depts/agronomy/west/3113/lec.endophyte.html)



สำนักหอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รูปที่ 2.2 วงจรชีวิตของราเอ็นโดไฟต์ในต้นหญ้า

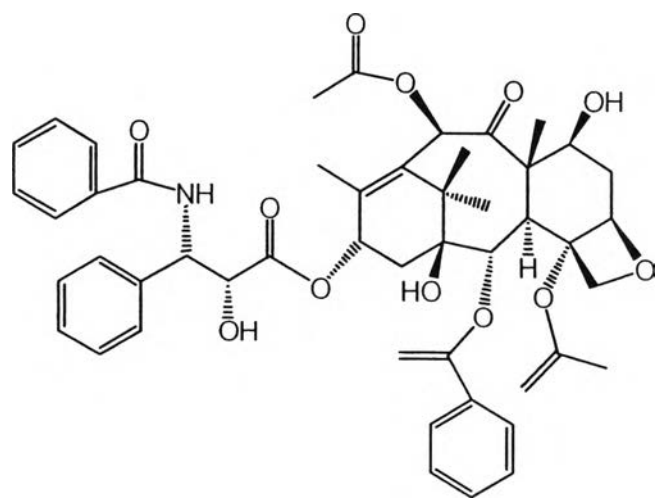
(แหล่งที่มา: http://www.ca.uky.edu/agcollege/plantpathology/schardl/symbiosis.htm)

2.5 การศึกษาเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของราเอ็นโดไฟต์

เนื่องจากปัญหาการดื้อยาของเชื้อจุลชีพที่ยังคงเพิ่มมากขึ้นอยู่ในปัจจุบัน ทำให้ยาต้านที่ใช้ในการรักษาผู้ป่วยติดเชื้อไม่ได้ผลดีนัก ราเอ็นโดไฟต์จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับค้นคว้าวิจัยหาสารต้านจุลชีพชนิดใหม่ที่ดีและมีประสิทธิภาพขึ้นมาทดแทน และจากการศึกษาถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิจากราเอ็นโดไฟต์พบว่า มีสารหลายชนิดที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจและสามารถนำมาศึกษาเพื่อพัฒนาเป็นยาตัวใหม่ๆได้ ซึ่งสารที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพทที่ราเอ็นโดไฟต์สร้างขึ้น แสดงไว้ข้างล่างนี้

2.5.1 สารที่มีฤทธิ์ต้านมะเร็ง (Anticancer Agents)

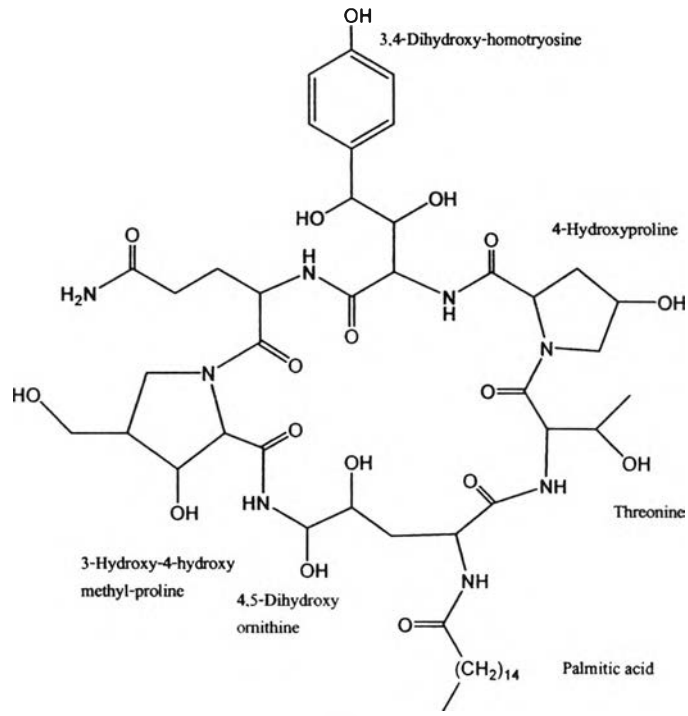
Taxol [4,26] หรือชื่อทางเคมีว่า paclitexel เป็นยาที่มีประสิทธิภาพและอนุญาตให้นำมาใช้ในการรักษาโรคมะเร็ง (รูปที่ 2.3) แยกได้มาจากต้นแปซิฟิก ยิว และจากการศึกษาเมื่อไม่นานมานี้พบว่า Taxol ยังเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่สร้างมาจากรา *Taxomyces andreanae* ที่แยกได้จากต้นแปซิฟิก ยิว *(Taxus brevifolia)* และเมื่อทำการทดสอบพบว่ามีผลยับยั้งการเจริญและเพิ่มจำนวนของ P-388, P-1534 และ L-1210 murine leukemia นอกจากนี้ยังสามารถยับยั้งการเจริญของ Walker 256 carcinosarcoma และ sarcoma 180 ได้อีกด้วย [4] นอกจากนี้แล้วยังมีราเอ็นโดไฟต์ชนิดอื่นๆ เช่น *Pestalotiopsis micospora* ที่แยกได้จากต้นหิมาลายัน ยิว *Taxus wallachiana*) และ *Tubercularia* sp. สายพันธุ์ TF 5 จากต้นไชนีสเซาเทิร์น ยิว (*Taxus mairei*) ก็สามารถสร้างสาร Taxol ได้เช่นเดียวกัน [3]



รูปที่ 2.3 Taxol

2.5.2 สารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพ (Antimicrobial Agents)

สารต้านเชื้อราและแบคทีเรียที่แยกได้จากราเอ็นโดไฟต์ พบว่ามีราเอ็นโดไฟต์หลายชนิดสามารถสร้างสารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อจุลชีพได้ เช่น ราเอ็นโดไฟต์ *Cryptosporiopsis* cf. *quercina* จากต้น *Tripterigeum wilfordii* ซึ่งเป็นพืชสมุนไพรที่มักพบในประเทศแถบทวีปยุโรป และสารสำคัญที่ราเอ็นโดไฟต์ชนิดนี้สร้างขึ้นคือ Cryptocandin [27] (รูปที่ 2.4) ที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อราที่ก่อให้เกิดโรคในพืช เช่น *Sclerotinia sclerotiorum* และ *Botrytis cinerea* ได้ และในปัจจุบันยังได้นำ Cryptocandin มาใช้เป็นส่วนผสมในยารักษาโรคผิวหนังอีกด้วย [27]

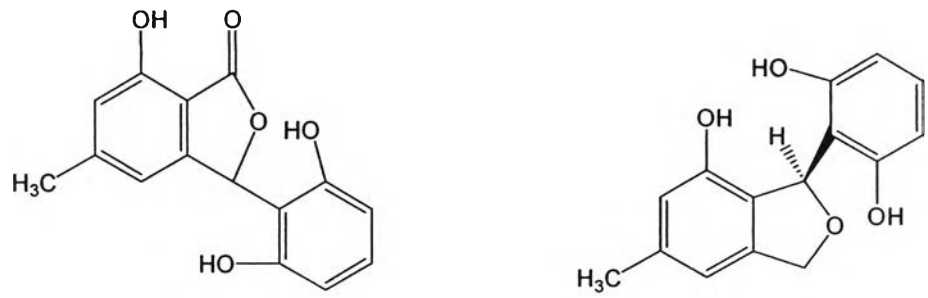


รูปที่ 2.4 Cryptocandin

นอกจากนี้ยังพบว่า ราเอ็นโดไฟต์ในสกุล *Hormonema* จากพืชในแถบประเทศคอสตาริกา สร้างสาร Khamfrefungin มีฤทธิ์ต้าน *Candida albicans*, *Cryptococcus neoformans* และ *Saccharomyces cerevisiae* ได้ [28] และรา *Muscodor albus* จาก *Cinnamomum zeylanicum* ซึ่งเป็นราในตระกูล Xylariaceae ชนิดหนึ่ง สามารถสร้างสารผสมพวก Volatile compounds ที่มีฤทธิ์ฆ่าเชื้อแบคทีเรียและเชื้อราบางชนิดได้อีกด้วย [29,30]

2.5.3 สารแอนติออกซิแดนท์ (Antioxidant Agents)

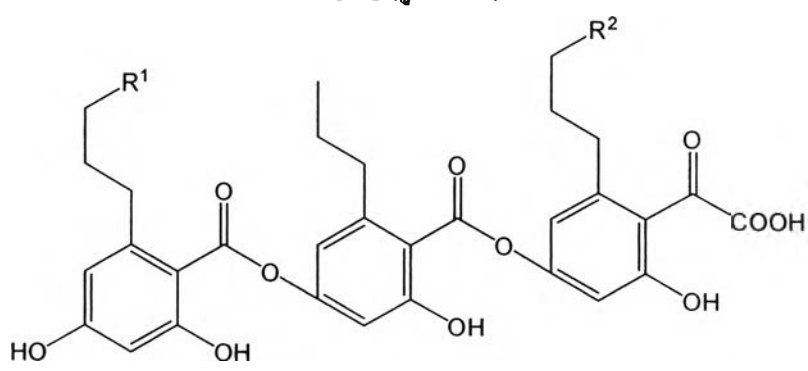
ราเอ็นโดไฟต์ *Pestalotiopsis microspora* ที่แยกได้มาจากต้น *Terminalia morobensis* ซึ่งเป็นพืชในเขตป่าฝนทางตอนเหนือของประเทศปาปัวนิวกินี [31] สามารถสร้างสารที่มีลักษณะโครงสร้างคล้ายกับสารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ คือ Isopestacin [32]และ Pestacin [33] (รูปที่ 2.5) ที่จัดเป็นสารชนิด Isobenzofuranone และ Isobenzofuran ตามลำดับ และสารทั้งสองชนิดนี้นอกจากจะมีฤทธิ์ในการต้านจุลชีพจำพวกราและแบคทีเรียแล้ว ยังพบอีกว่ามีฤทธิ์ต้านการเกิดขบวนการออกซิเดชัน โดยจะไปจับกับอนุมูลอิสระซึ่งเป็นเหตุของการเกิดเซลล์มะเร็งได้อีกด้วย [34]



รูปที่ 2.5 (ก.) Isopestacin และ (ข.) Pestacin

2.5.4 สารที่มีฤทธิ์ต้านเชื้อไวรัส (Antiviral Agents)

สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิอีกชนิดหนึ่งคือ Cytonic acids A และ B ที่เป็นผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่สกัดได้มาจากการหมักแบบ Solid-State ของราเอ็นโดไฟต์ *Cytonaema* sp. เชื้อราที่อาศัยอยู่ในต้น *Quercus* sp. ซึ่งสารที่ได้นี้จะมีฤทธิ์ต้านเชื้อไวรัส human cytomegalovirus (hCMV) ที่เป็นเชื้อไวรัสที่ก่อโรคในคนได้ [35] (รูปที่ 2.6)

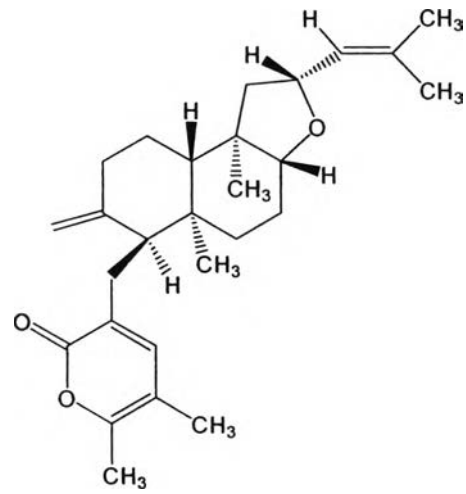


cytonic acid A R^1 = Et, R^2 = H
cytonic acid B R^1 = H, R^2 = Et

รูปที่ 2.6 Cytonic acid A และ B

2.5.5 สารที่มีฤทธิ์กดภูมิคุ้มกัน (Immunosuppressive Agents)

ยาที่ใช้ในปัจจุบันสำหรับให้แก่ผู้ป่วยที่มีการปลูกถ่ายอวัยวะ ผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับข้อต่อ เช่น โรคปวดข้อปวดกล้ามเนื้อ โรคไขข้ออักเสบ หรือผู้ป่วยที่ร่างกายอยู่ในภาวะที่ต้องการอินซูลิน เป็นยาที่มีส่วนประกอบของสาร Subglutinol A และ B (รูปที่ 2.7) เป็นสารที่ถูกสร้างโดยราเอ็นโดไฟต์ *Fusarium subglutinans* จากส่วนเถาไม้ของต้น *T. wilfordii* ซึ่งสารตัวนี้จะมีฤทธิ์ในการทำให้เกิด Immunosuppression หรือการป้องกันหรือลดผลตอบภูมิคุ้มกัน เช่น antimetabolites, antitymphocyteserum และ specific antibody [36] เป็นต้น



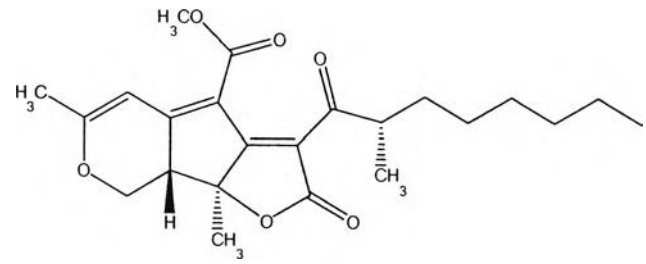
รูปที่ 2.7 Subglutinol A

2.5.6 สารต้านเนื้องอก (Antitumor Agents)

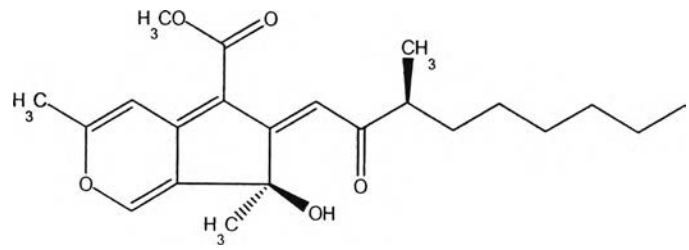
ราเอ็นโดไฟต์ *Aspergillus parasiticus* ที่เจริญอยู่ในพืชจำพวกไม้เนื้อแดง (Redwood) สามารถสร้างสาร Sequoiatones A และ B (รูปที่ 2.8) ที่จัดเป็นเอสเทอร์ชนิดหนึ่ง ซึ่งเมื่อนำมาทดสอบฤทธิ์ทางชีวภาพแล้วพบว่า มีฤทธิ์ในการยับยั้งการเกิดเซลล์เนื้องอกได้ [37]

2.5.7 สารที่มีฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของพืช (Phytotoxicity Agents)

นอกจากฤทธิ์ต้านมะเร็งและต้านเชื้อราแล้ว Leucinostatin A (รูปที่ 2.9) ซึ่งเป็นสารที่สร้างโดยราเอ็นโดไฟต์ *Acremonium* sp. ที่แยกได้จากต้นยูโรเปียน ยิว (*Taxus baccata*) ยังมีฤทธิ์ในการยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นพืชได้อีกด้วย [38]

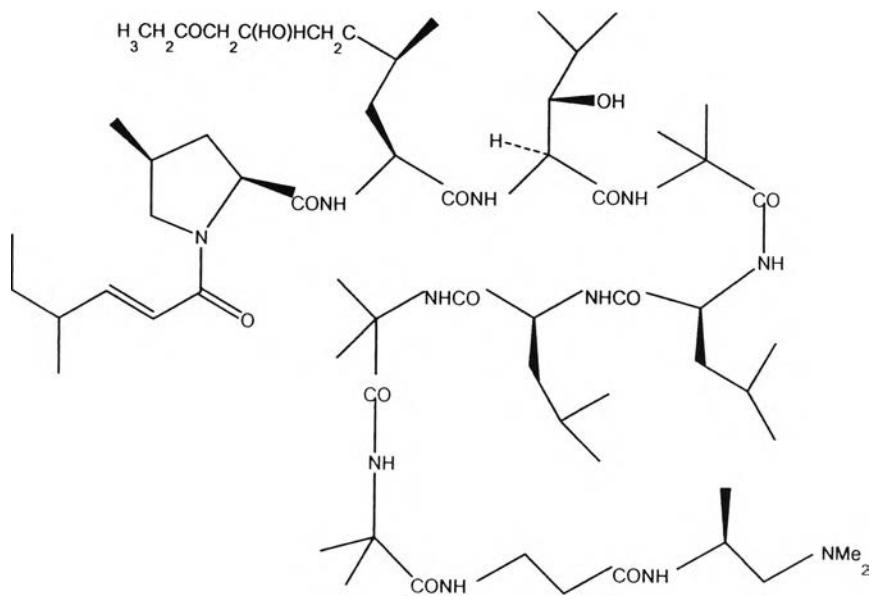


(ก.)



(ข.)

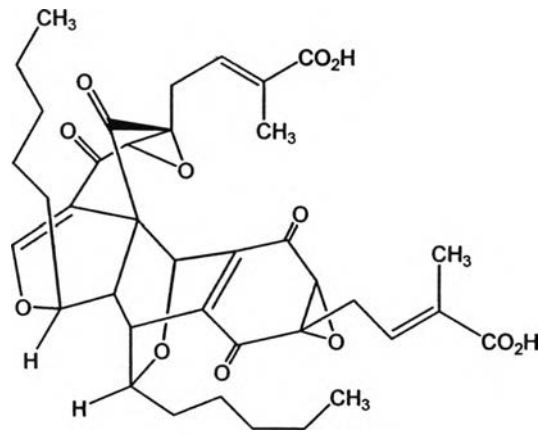
รูปที่ 2.8 (ก.) Sequoiatones A และ (ข.) Sequoiatones B



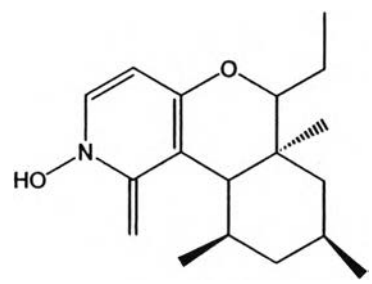
รูปที่ 2.9 Leucinostatin A

2.5.8 สารที่เป็นพิษต่อเซลล์ (Cytotoxicity Agents)

ราเอ็นโดไฟต์ *P. microspore* ที่แยกได้มาจากต้น *Torreya taxifolia* สามารถสร้าง Torreyanic acid (รูปที่ 2.10) ซึ่งเป็นสารชนิด Quinone dimer ที่มีฤทธิ์ทำให้เป็นพิษต่อเซลล์ได้ [39] และยังพบอีกว่าราเอ็นโดไฟต์ *Fusarium* sp. จากต้น *Oxydendron arborcum* สร้างสาร Fusaricide (รูปที่ 2.11) ที่จัดเป็น Pyridine alkaloid ชนิดหนึ่ง ก็ทำให้เซลล์เป็นพิษได้เช่นเดียวกัน [40]



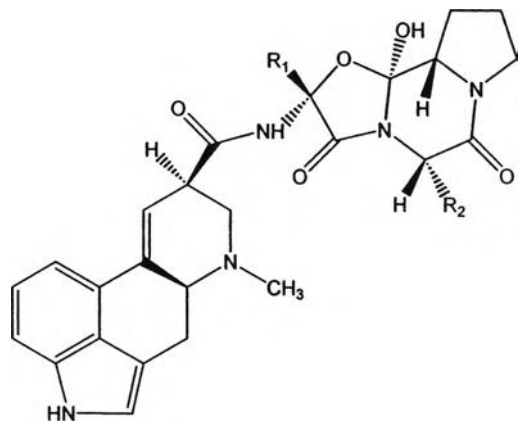
รูปที่ 2.10 Torreyanic acid



รูปที่ 2.11 Fusaricide

2.5.9 สารที่มีฤทธิ์เป็นพิษต่อเซลล์ประสาท (Neurotoxicity Agents)

สารที่มีฤทธิ์เป็นพิษต่อเนื้อเยื่อประสาทที่แยกได้จากราเอ็นโดไฟต์นั้นส่วนใหญ่แล้วจะเป็นสารในกลุ่มของอัลคาลอยด์ เช่น Ergot alkaloid (รูปที่ 2.12) ที่ได้มาจากการสร้างของราเอ็นโดไฟต์ *Neotyphodium coenophialum* และ *Clavicaeps purpurea* ที่เจริญอยู่ในต้น *Festusa arundinacea* และ *Zizinia aquqtica* [41-43] ตามลำดับ



Ergotamine [R_1] = Me, [R_2] = $PhCH_2$

Ergosine [R_1] = Me, [R_2] = i-Bu

β-Ergosine [R_1] = Me, [R_2] = sec-Bu

Ergovaline [R_1] = Me, [R_2] = i-Pr

Ergostine [R_1] = Et, [R_2] = $PhCH_2$

Ergoptine [R_1] = Et, [R_2] = i-Bu

β-Ergoptine [R_1] = Et, [R_2] = sec-Bu

Ergonine [R_1] = Et, [R_2] = i-Pr

Ergocristine [R_1] = i-Pr, [R_2] = $PhCH_2$

α -Ergocryptine [R_1] = i-Pr, [R_2] = i-Bu

β- Ergocryptine [R_1] = i-Pr, [R_2] = sec-Bu

Ergocornine [R_1] =[R_2] = i-P

รูปที่ 2.12 สารในกลุ่มของ Ergot alkaloid

นอกจากฤทธิ์ทางชีวภาพและสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิดังที่ได้กล่าวมาเป็นตัวอย่างแล้วนั้น ยังมีสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจที่ราเอ็นโดไฟต์ชนิดต่างๆ สร้างขึ้นอีกมากมายหลายชนิด ดังแสดงข้อมูลไว้ในตารางที่ 2.1

และจากการศึกษาถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิจากราเอนโดไฟต์จากอดีตจนถึงปัจจุบันดังตารางที่ 2.1 จะเห็นได้ว่าสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่ได้มีอยู่หลายชนิดด้วยกัน และเมื่อแบ่งเป็นกลุ่มตามประเภทของสารที่ได้ทำการศึกษาจะแบ่งได้ดังนี้ [42] คือ

1. สารในกลุ่มอัลคาลอยด์ (Alkaloids)
2. สารในกลุ่มสเตอรอยด์ (Steroids)
3. สารในกลุ่มเทอร์พีนอยด์ (Terpenoids)
4. สารในกลุ่มอนุพันธ์ไอโซคูมาริน (Isocoumarin derivatives)
5. สารในกลุ่มควิโนน (Quinones)
6. สารในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (Flavonoids)
7. สารในกลุ่มฟีนิลโพรพานอยด์(Phynylpropanoids)
8. สารในกลุ่มเปปไทด์ (Peptides)
9. สารในกลุ่มฟีนอลและกรดฟีนอลิก (Phenol and phenolic acid)
10. สารประกอบอลิฟาติก (Aliphatic compounds) และสารประเภทอื่นๆ

ซึ่งสารเหล่านี้จะมีลักษณะของโครงสร้างและมีฤทธิ์ที่แตกต่างกันออก บางชนิดอาจมีฤทธิ์ที่ต่างไปจากพืชที่ราเอ็นโดไฟต์ชนิดนั้นๆ อาศัยอยู่ แต่บางชนิดอาจมีฤทธิ์เหมือนกับพืชที่ราเอ็นโดไฟต์อาศัยอยู่ได้ เช่น Taxol [4,26] ซึ่งเป็นสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่สร้างมาจากรา *Taxomyces andreanae* ที่แยกได้จากต้นแปซิฟิก ยิว *(Taxus brevifolia)* เมื่อมาทำการศึกษาพบว่า ต้นแปซิฟิกยิวก็สามารถสกัดได้สารชนิดเดียวกับที่ราเอ็นโดไฟต์สร้างขึ้น และมีฤทธิ์ต้านมะเร็งได้เช่นเดียวกัน

ดังนั้นหากเราสามารถสกัดสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพเช่นเดียวกับพืชที่ราเอ็นโดไฟต์ชนิดนั้นๆ อาศัยอยู่ได้ โดยเฉพาะพืชสมุนไพรไทย เช่นในเปล้าใหญ่ ที่มีฤทธิ์ทางเภสัชวิทยาที่น่าสนใจอยู่หลายชนิด ก็จะมีประโยชน์อย่างมากต่อด้านการแพทย์และด้านอื่นๆ ที่จะนำสารที่ได้ไปพัฒนาเป็นยาที่ใช้ได้จริงในอนาคต

ตารางที่ 2.1 สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพจากราเอ็นโดไฟต์

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
1.	1,3-*O*-di-*trans*-p-coumaroylglycerol	*Epichole typhina*	*Phleum pratense*	-	[44]
2.	1,2-*O*-di-*trans*-p-coumaroylglycerol			-	
3.	Chokorin			-	
4.	Trans-p-coumaric acid			-	
5.	Cis-p-coumaric acid			Antifungal	
6.	p-hydroxybenzoic acid			Antifungal	
7.	p-hydroxyphenylacetic acid			Antifungal	
8.	tyrosol			Antifungal	
9.	1(10→6)abeo-ergosta-5,7,9,22-tetraen-3α-ol	*Epichloe typhina*	*Phleum pratense*	-	[44]
10.	L-671,329	*Cryptosporiopsis* sp. *and Pezicula* sp.	*Pinus sylvestris and Fagus sylvatica*	Antifungal	[45]
11.	Heptedic acid	*Phyllostica* sp.	*Abies balsamea and Picea rubens*	Toxic to spruce budworm	[46]
12.	Heptedic acid chlorohydrin				
13.	Hydroxyheptedic acid				
14.	Rugulosin	*Hormonema* sp.			

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
15. 16.	3-hydroxy-9-oxo-4-tetradecyl-5-oxa-1-azabicyclo[4.3.0.]nonane-2-methanol 3-hydroxy-9-oxo-4-(4*E*-tetradecenyl)-5-oxa-1-azabicyclo[4.3.0.]nonane-2-methanol	*Epichloe typhina*	*Phleum pratense*	Against *Cladosporium herbarum*	[47]
17.	Taxol	*Taxomyces andreanae* *Pestalotiopsis microspora* *Pestalotiopsis microspora* *Tubercularia* sp. *Aspergillus niger*	*Taxus brevifolia* *Taxodium distichum* *Taxus wallachiana* *Taxus mairei* *Taxus chinensis*	Anticancer and antifungal	[4, 26, 48-53]
18. 19.	Ergobalansine Ergobalansinine	*Balansia obtecta* *Balansia cyperi*	*Cenchrus echinatus*	- -	[54]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
20. 21.	Paspalitrem A Paspalitrem C	*Phomopsis sp.*	*Cavendishia pubescens*	Causative agent	[42]
22. 23. 24. 25.	Lysergic acid amide Ergonovine Isolysergic acid amide Ergonovinine	*Acremonium* sp.	*Achnatherum inebriens*	Drunken horse grass	[55, 56]
26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34.	Lolicine A Lolicine A 11-*O*-propionate Lolicine B Lolicine B 11-*O*-propionate Lolitrem B Lolitrem F lolitrem H 31-*epi*-Lolitrem B 31-*epi*-Lolitrem F	*Acremonium lolii* *Neotyphodium lolii*	*Lolium perenne*	Tremogenic mycotoxin	[57-59]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
35.	Lolitriol	*Acremonium lolii* *Neotyphodium lolii*	*Lolium perenne*	Tremogenic mycotoxin	[57-59]
36.	Lolitriol 10-*O*-propionate				
37.	Lolitrem N				
38.	Lolitrem N 10-*O*-propionate				
39.	31-*epi*-Lolitrem N				
40.	31-*epi*-Lolitrem F 10-O-acetate				
41.	Paspaline B	*Acremonium lolii*	*Lolium perenne*	Tremogenic mycotoxin	[57-59]
42.	Terpendole E				
43.	Terpendole F				
44.	Terpendole G				
45.	Terpendole M				
46.	Terpendole C				
47.	Paspaline				
48.	13-Desoxypaxilline				
49.	Paspalinine				

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
50. 51. 52. 53. 54.	14α-Hydroxypaspalinine lolitrem H Paspalicine Paspalinine α-Paxitriol	*Acremonium lolii*	*Lolium perenne*	Tremogenic mycotoxin	[57-59]
55. 56. 57. 58. 59. 60.	Lolinine Loline *N*-formylloline *N*-methylloline *N*-Acetylnorloline 5,6-dehydro-*N*-acetylloline	*Acremonium* sp. *Neotyphodium* spp. and *Epichloe* spp. *Neotyphodium uncinatum*	*Festuca argentina* *Argyreia mollis* *Festuca pratensis*	Toxic to livestock	[60-62]
61. 62. 63.	Ergine Aci-ergovaline Didehydroergovaline	*Neotyphodium coenophialum*	*Festuca arundinacea*	Drunken horse grass	[41, 42]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
64.	Peramine	*Acremonium lolii*	*Lolium perenne*	Resistant to argentine stem weevil	[43]
65.	Phomodiol	*Phomopsis* spp.	*Salix* spp.	Antifungal	[63]
66.	Altersolanol A 2-hydroxy-6-methylbenzoic acid	*Phoma* sp.	*Taxus wallachiana*	Antibacterial	[22, 64]
67. 68.	α-ergocryptine α-ergocryptinine	*Claviceps zizaniae*	*Zizinia aquqtica* and *Z.palustris*	Drunken horse grass	[43]
69. 70. 71.	Pestalopyrone Hydroxypestalopyrone Pestaloside	*Pestalotiopsis microspora*	*Pestalotiopsis microspora*	Antifungal	[36]

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่
Copyright© by Chiang Mai University
All rights reserved

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
72. 73. 74. 75. 76.	(R)-mellein (—)-mycorrhizin 2-methoxy-4-hydroxy-6-methoxymethyl-benzaldehyde (+)-cryptosporiopsin 4-*epi*-ethisolide	*Pezicula* sp.	*Fagus sylvatica*	Antifungal, algicidal and antibacterial	[21]
77.	Phomopsichalasin	*Phomposis* sp.	*Salix gracilostyla* var. *melanostachys*	Antifungal	[65]
78.	(3*R*,4*S*,4α*R*)-4,8-Dihydroxy-3-methyl-3,4,4α,5-tetrahydro-1H-2-benzopyran-1-one	*Conoplea elegantula*	*Picea mariana*	Toxic to spruce budworm cells	[66]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
79.	(3*R*,4*R*,4α*R*)-4,8-Dihydroxy-3-methyl-3,4,4α,5-tetrahydro-1H-2-benzopyran-1-one				
80.	(3*R*,4α*S*,8*S*,8α*R)*-8-Hydroxy-3-methyl-3,4,4α,5,6,7,8,8α-octahydro-1H-2- benzopyran-1-one				
	(3*R*,4*S*,6*R*)-3,4,4α,5,6,7-Hexahydro-4,8-dihydroxy-3-methyl-1H-2-benzopyran-1-one				
81.	Ramulosin	*Conoplea elegantula*	*Picea mariana*	Toxic to spruce budworm cells	[66]
	(3*R*,6*R*)-3,4,4α,5,6,7-Hexahydroxy-6,8-dihydroxy-3-methyl-1H-2-benzopyran-1-one				
82.					
83.	(3*R*,4*R*, 4α*R*,6R)-4-Dihydroxy-6,7-epoxy-3,4,4α-5,6,7,hexahydro-1H-2-benzopyran-1-one				
84.	(3*R*,4*S*)-3,4-Dihydro-4,8-dihydroxy-3-methyl-1H-2-benzopyran-1-one				
85.					

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
86.	4-Hydroxy-3-methyl-2-oxabicyclo[3.3.1] non-6-one	*Conoplea elegantula*	*Picea mariana*	Toxic to spruce budworm cells	[66]
87. 88.	9α-hydroxy-1,8(14),15-isopimaratrien-3,7,11-trione 9α-hydroxy-1,8(14),15-isopimaratrien-3,11-dione	*Hormononema dermatoides* and *Phyllosticta* sp.	*Abies balsamea*	Toxic to spruce budworm cells and larvae	[67]
89. 90.	Subglutinol A Subglutinol B	*Fusarium subglutinans*	*Tripterygium wilfordii*	Immunosuppressive agents	[36]
91.	Torreyanic acid	*Pestalotiopsis microspora*	*Torreya taxifolia*	Cytotoxic	[36]
92.	L-755,807	*Microsphaeopsis* sp.	*Prosopsis glandulosa*	Bradykitin binding inhibitor	[39]
93.	Oreganic acid	Unidentified endophytic fungus (MF 6046)	*Berberis oregana*	FPTase inhibitor	[68]
94.	2β-Hydroxydimeninol	*Pestalotiopsis* sp.	*Taxus brevifolia*	No data	[69]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
95.	Fusariside	*Fusarium* sp.	*Oxydendron arboreum*	Antiviral Antifungal Antitumor	[40]
96.	Khafrefungin	No data	No data	Antifungal Inhibit the synthesis of sphingolipids	[70]
97. 98.	5-Hydroxy-2-(1'-oxo-5'-methyl-4'-hexenyl)benzofuran 5-Hydroxy-2-(1'-hydroxy-5'-methyl-4'-hexenyl)benzofuran	Endophyte strain #4GP4C2	*Gaultheria procumbens*	Toxicity to spruce budworm	[71]
99. 100. 101. 102.	Pestalotiopsin A Pestalotiopsin B Pestalotiopsin C Humulene derivative	*Pestalotiopsis* spp.	*Taxus brevifolia*	No data	[72]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
103.	Leucinostatin A	*Acremonium* sp.	*Taxus baccata*	Antifungal and anticancer	[38]
104.	Oxysporidinone	*Fusarium oxysporum*	Unidentified	Antifungal	[73]
105. 106. 107. 108.	Tricin Tricin-7-*O*-β-*D*-glucopyranoside Isoorientin Tricin-7-*O*-[α-L-rhamnopyranosyl(1-6)- β-D-glucopyranoside	*Neotyphodium typhnium*	*Poa ampla*	Against mosquito larvae	[74]
109. 110.	Geniculol Cytochalasin F	*Geniculosporium* sp.	*Teucrium scorodonia*	Inhibitor of photosynthesis	[75]
111.	Herbarulide	*Pleospora herbarum*	*Medicago lupulina*	No data	[76]
112.	Cryptocandin	*Cryptosporiopsis* cf. *querina*	*Pezicula cinnamomea*	Antioomycotic	[27]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
113. 114. 115. 116. 117. 118. 119. 120. 121. 122.	Sequoiatone A Sequoiatone B Sequoiatone C Sequoiatone D Sequoiatone E Sequoiatone F Sequoiamonascin A Sequoiamonascin B Sequoiamonascin C Sequoiamonascin D	*Aspergillus parasiticus*	*Sequoia sempervirens*	Antifungal , Antitumor and Cytotoxic to brine shrimp	[37, 77, 78]
123. 124.	Cytoskyrin A Cytoskyrin B	*Cytospora* sp.	*Conocarpus erecta*	No data	[79]
125.	CR377	*Fusarium* sp.	*Selaginella pallescens*	Against Candida albicans	[80]
126.	Cryptocin	*Cryptosporiopsis cf. querina*	*Tripterygium wilfordii*	Antifungal	[81]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
127.	Collectotric acid	*Collectotrichum gloeosporioides*	*Artemisia annua*	Antibacterial	[82]
128. 129. 130. 131. 132.	22-Oxa-[12]-cytochalasin 1 22-Oxa-[12]-cytochalasin 2 22-Oxa-[12]-cytochalasin 3 22-Oxa-[12]-cytochalasin 4 Cytochalasin E	*Rhinocladiella* sp.	*Tripterygium wilfordii*	Cytotoxic	[83]
133. 134.	Cytonic acid A Cytochalasin B	*Cytonaema* sp.	*Quercus* sp.	Inhibitor of hCMV protease	[35]
135. 136. 137. 138. 139. 140.	Indole-3-acetic acid Indole-3-ethanol Methyindole-3-carboxylate Indole-3-carboxaldehyde *N,N'*-diacetamide Cyclonerodiol	*Epichloe festucae and Neotyphodium tembladerae*	*Festuca rubra* *Poa ampla*	Antifungal	[84]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
141.	Ergosterol	*Collectotrichum* sp.	*Artemisia annua*	No data	[5]
142.	3β-5α,6β-trihydroxyergosta-7,22-diene			No data	
	3β-hydroxy-ergosta-5-ene			Antifungal	
143.	3-oxo-ergosta-4,6,8(14),22-tetraene			Antifungal	
144.	3β-hydroxy-5α,8α-epidioxy-ergosta-			No data	
145.	6,22-diene				
	3β-hydroxy-5α,8α-epidioxy-ergosta-			No data	
146.	6,9(11),22-triene				
				No data	
147.	3-oxo-ergosta-4-ene	*Collectotrichum* sp.	*Artemisia annua*	Antifungal	[5]
148.	3β-5β-dihydroxy-6β-acetoxy-ergosta-			Antifungal	
149.	7,22-diene				
150.	3β-5α-dihydroxy-6β-phenylacetyloxy-			Antifungal	
	ergosta-7,22-diene				
151.	6-isoprenylindole-3-carboxylic acid				

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
152.	Guanacasterpene	Unidentified st. CR 115.	*Daphnopsis americana*	Antibacterial	[79]
153. 154. 155. 156. 157. 158.	Preussomarin G Preussomarin H Preussomarin I Preussomarin J Preussomarin K Preussomarin L	Mycelia sterilia	*Atropa belladonma*	Antimicrobial	[85]
159.	Microcarpalide	Endophyte strain 112/13	*Ficus microcarpa*	Antimicrofilament	[86]
160.	Nomofungin	Unidentified	*Ficus microcarpa*	Antimicrofilament	[87]
161. 162.	Phomopxanthone A Phomopxanthone B	Phomopsis sp.	*Tectona grandis*	Vitro antimalarial, and cytotoxicity	[88]
163. 164. 165.	Dicerandrol A Dicerandrol B Dicerandrol C	Phomopsis longicolla	*Dicerandra frutescens*	Antibiotic and cytotoxic	[83]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
166.	Ambuic acid	*Pestalotiopsis* spp. and *Monochaetia* sp.	*Taxus* sp.	Antifungal	[6]
167. 168.	Jesterone Hydroxyjesterone	*Pestalotiopsis jesteri*	*Fragraea bodenii*	Antimycotic	[6]
169. 170.	Meroterpene A Meroterpene B	*Penicillium* sp.	*Melia azedarach*	Antibacterial	[89]
171. 172. 173. 174. 175.	5-(*E*)-but-2-enylidene-3-propyl-5H-furan-2-one 5-(*E*)-but-2-enylidene-3(*E*)-propyl-5H-furan-2-one 5-(*E*)-buta-1,3dienyl-3(*E*)propeyl-5H-furan-2-one 5-(*E*)-but-3-enyl-3(*E*)-propeyldihydrofuran-2-one (–)-Pregaliellalactone	*Galiella rufa* *Sarcosoma latahensis* *Urnula helvelloides* *Sarcosoma coryneoidea*	*Cistus salvifolius*	No data	[90]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
176. 177. 178. 179.	(+)-Deoxygalliellactone (–)-Galliellactone 6-Pentyl-4-methoxy-6-pyran-2-one 6-(1-hydroxypentyl)-4-methoxy-6-pyran-2-one	*Galiella rufa* *Sarcosoma latahensis* *Urnula helvelloides* *Sarcosoma coryneoidea*	*Cistus salvifolius*	No data	[90]
180.	Napthalene	*Muscodor vitigenus*	*Paullinia paulliniodes*	Insect repellent	[91]
181.	Isopestacin	*Pestalotiopsis microspora*	*Terminalia morobensis*	Antimycotic	[31]
182.	Brefeldin A	*Paecilomyces* sp. and *Aspergillus clavatus*	*Taxus mairei* and *Torreya grandis*	Cytitoxicity	[92]
183.	annulene	*Gliocladium* sp.	*Eucryphia cordifolia*	antimycotic	[93]
184.	Lepidimoide	*Collectotrichum* sp.	*Abelmoschus esculentum*	No data	[94]
185.	Pestacin	*Pestalotiopsis microspora*	Rainforest plant	Antifungal and antioxidant	[33]

ตารางที่ 2.1 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	พืชที่ราอาศัยอยู่	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	รายการอ้างอิง
186. 187.	1893A 1893B	Endophytic fungus (No.1893)	*Kandelia candel*	No data	[95]
188. 189. 190.	7-Butyl-6,8-dihydroxy-3(*R*)-pent-11-enyisochroman-1-one 7-But-15-enyl-6,8-dihydroxy-3(*R*)-pent-11-enylisochroman-1-one 7-Butyl-6,8-dihydroxy-3(*R*)-pentylisochroman-1-one	*Geotrichum* sp.	*Crassocephalum crepidioides*	Antimalarial, antituberculous, and antifungal	[96]

สำนักงานวิทยทรัพยากร จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.6 เปล้าใหญ่

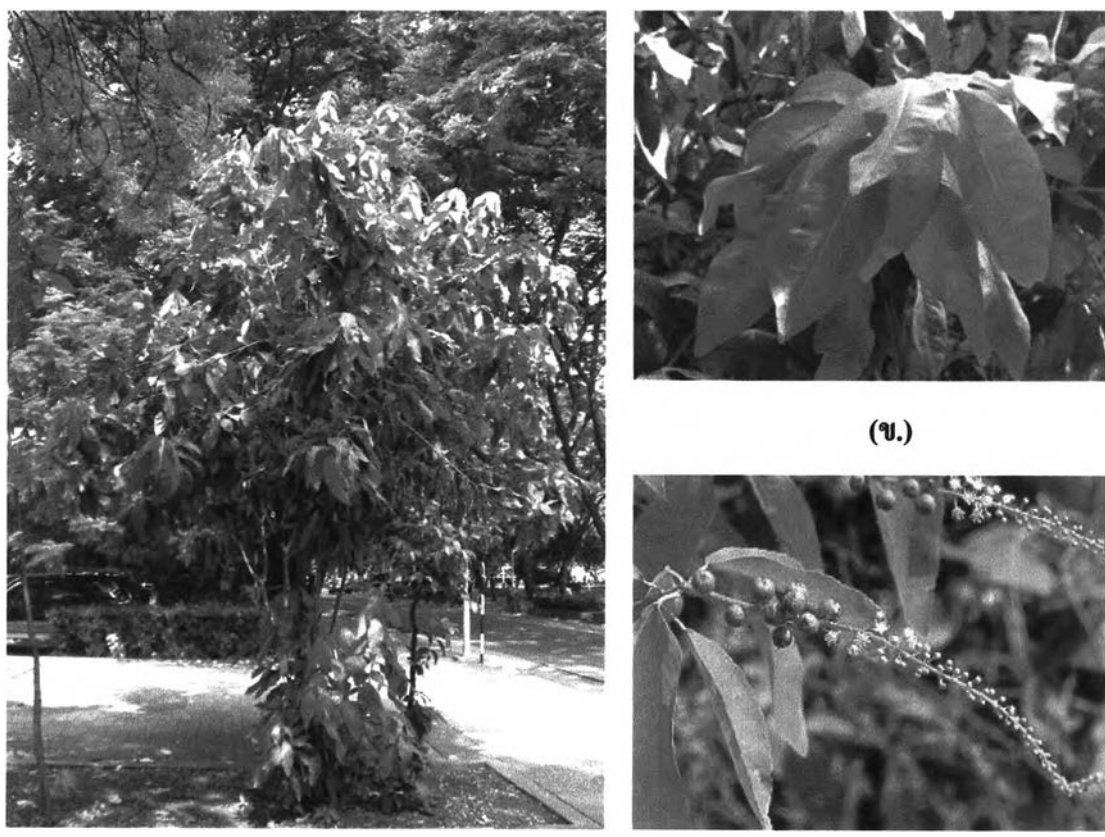
เปล้าใหญ่หรือเปล้าหลวง มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Croton oblongifolius* (รูปที่ 2.13) เป็นพืชในสกุล Croton จัดอยู่ในวงศ์ Euphorbiaceae [97] ซึ่งในประเทศไทยนอกจากเปล้าใหญ่แล้ว ยังมีพืชในกลุ่มเปล้าอีก เช่น เปล้า (*Croton argyratus* Bl. หรือ *Croton dodupensis* Gagnep) เปล้าน้ำเงิน (*Croton cumingii* Arg., *Croton cascarillodes* Raeusch หรือ *Croton joufra* Hoss) เปล้าแพะ (*Croton hutchinsonianus* Hoss) เปล้าคำ (*Croton columnaris* Airy) เปล้าน้อย (*Croton sublyratus* Kurz, *Croton longissimus* Airy หรือ *Croton joufra* Roxb.) และเปล้าเลือด (*Croton robustus* Horz. หรือ *Croton siamensis* Craib) เป็นต้น และในปัจจุบันพบว่า นักวิจัยของไทยได้ทำการศึกษาถึงฤทธิ์ทางชีวภาพของพืชจำพวกเปล้าอย่างกว้างขวาง โดยเฉพาะเปล้าใหญ่ซึ่งจัดเป็นพืชสมุนไพรชนิดหนึ่งที่มีความหลากหลายทางชีวภาพสูงและมีสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจอยู่หลายชนิด

2.7 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของเปล้าใหญ่ [97-99]

เปล้าใหญ่จัดอยู่ในพืชประเภทไม้พุ่มกึ่งไม้ต้นขนาดเล็ก ลักษณะของเปล้าใหญ่เป็นไม้ต้นขนาดเล็ก ผลัดใบ สูง 5-8 เมตร กิ่งก้านค่อนข้างใหญ่ ยอดอ่อน ใบอ่อน และช่อดอกมีเกล็ดสีเทาเป็นแผ่นเล็กๆ ปกคลุมทั่วไป ผิวของลำต้นเป็นสีหม่น ใบเป็นใบเดี่ยวเรียงสลับกัน รูปขอบขนานรี รูปไข่หรือรูปหอก โคนใบและปลายใบแหลมคมหรือมน ขอบใบหยักกว้างประมาณ 5-10 เซนติเมตร ยาวประมาณ 9-30 เซนติเมตร มีแขนงใบ 12-16 คู่ ที่ฐานมีต่อม 20 ต่อม ใบแก่ค่อนข้างเกลี้ยง ก้านใบยาว 1.3-6 เซนติเมตร ดอกเป็นช่อหลายช่อที่ปลายกิ่ง ยาว 12-22 เซนติเมตร ตั้งตรง ดอกทยอยบานจากโคนช่อไปหาปลาย ดอกเพศผู้และดอกเพศเมียอยู่บนต้นเดียวกันหรือต่างต้นกัน ดอกเพศผู้กลีบรองดอกรูปขอบขนานกว้าง กลีบดอกยาวเท่ากับกลีบรองดอกมีขนหนาแน่น ที่ฐานดอกมีต่อกลมๆ 5 ต่อม เกสรตัวผู้มี 12 อัน เกลี้ยง ดอกเพศเมียกลีบรองดอกรูปขอบขนาน กลีบดอกเล็กรูปยาวแคบ ขอบมีขน รังไข่รูปขอบขนาน มีเกล็ด ท่อรังไข่มี 2 แฉก ผลเป็นรูปกลมมี 3 พู เส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 เซนติเมตร ด้านบนแบน มีเกล็ด (รูปที่ 2.13) ซึ่งสามารถพบเปล้าใหญ่ได้ทั่วทุกภาคของประเทศไทย ที่มีชื่อท้องถิ่นที่แตกต่างกันไปในแต่ละจังหวัดหรือภูมิภาค เช่น ควะซู (กระเหรี่ยง-กาญจนบุรี) เปาะ (กำแพงเพชร) เซ่งเค่คัง สะกาวา ส่ากูวะ (กระเหรี่ยง-แม่ฮ่องสอน) เปล้าหลวง (เหนือ) และห้าเขิ่ง (เงี้ยว-แม่ฮ่องสอน) เป็นต้น

2.8 สรรพคุณทางยา [99-100]

ราก แก้น้ำเหลืองเสีย แก้โรคผิวหนัง รักษาคุดทะราด แก้มะเร็ง แก้โรคเรื้อน แก้คัน ขับระดู ขับลม กระจายลม บำรุงกำลัง แก้กระหายน้ำ ขับเสมหะและลม เปลือก ช่วยย่อยอาหาร ทำให้เลือดเย็น (ลดไข้) ขับเสมหะและลม แก้โรคผิวหนัง แก้เลือดร้อน กระพี้ ช่วยย่อยอาหาร ทำให้เลือดเย็น (ลดไข้) ใบแก้ธาตุไม่ปกติ บำรุงธาตุ แก้คันตามตัว ฆ่าพยาธิ รักษามะเร็งเพลิง แก้ลมจุกเสียด บำรุงกำลัง แก้กระหาย ขับเสมหะและลม ดอก แก้พยาธิ ทำลายเชื้อโรค ผลแก้ไข้สตรีในเรือนไฟ ขับระดู และขับหนองให้กระจาย เป็นต้น ฤทธิ์ทางเภสัชวิทยา คือ ต้านการบีบตัวของลำไส้ ลดความดันโลหิต ฤทธิ์เหมือนฮีสตามีน กระตุ้นการบีบตัวของกล้ามเนื้อเรียบ และต้านแบคทีเรีย เป็นต้น



(ก.) (ข.) (ค.)

รูปที่ 2.13 ลักษณะของเปล้าใหญ่ *Croton oblongifolius* (ก.) ต้นเปล้าใหญ่ (ข.) ใบเปล้าใหญ่ และ (ค.) ดอกและผลเปล้าใหญ่

I 38177412

2.9 การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปล้าใหญ่

การศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปล้าใหญ่มีทั้งในประเทศไทยและต่างประเทศ โดยองค์ประกอบทางเคมีของเปล้าใหญ่ที่แยกได้จะมีความหลากหลาย และจะขึ้นอยู่กับสถานที่ที่เก็บตัวอย่างมาวิเคราะห์ด้วย เช่น คณะผู้วิจัยจากกลุ่ม ศาสตราจารย์ ดร.โสภณ เริงสำราญ ที่ได้ทำการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปล้าใหญ่จากแหล่งต่างๆ ในประเทศไทย พบว่า เปล้าใหญ่จากอำเภอวิเชียรบุรี จังหวัดเพชรบูรณ์ พบสารประกอบของเซมบรานอยด์ใหม่ 2 ชนิด คือ crotocembraneic acid และ neocrotocembraneic acid [101] เปล้าใหญ่จากอำเภอปราณบุรี จังหวัดประจวบคีรีขันธ์ พบสารประกอบแลบเดนชนิดใหม่ คือ labda-7,12(*E*),14-triene-17-al, labda-7,12(*E*),14-triene-17-ol และ labda-7,12(*E*),14-triene-17-oic acid [102] เปล้าใหญ่จากอำเภอเมือง จังหวัดอุดรธานี พบสารประกอบแลบเดนใหม่ 2 ชนิด คือ labda-7,13(*Z*)-diene-17,12-olide และ labda-7,13(*Z*)-diene-17,12-olide-5-ol และพบสารประกอบคลีโรเดน 2 ชนิด คือ (−)-20-benzyloxyhardwickiic acid และ hardwickiic acid [103] เปล้าใหญ่จากอำเภอเมือง จังหวัดอุดรดิตถ์ พบสารประกอบ 4 ชนิด คือ (−)-pimara-9(11),15-diene-19-oic acid, (−)-pimara-9(11),15-diene-19-ol(2*E*,7*E*,11*E*)-1-isopropyl-1,4-dihydroxy-4,8-dimethylcyclotetradeca-2,7,11-triene-12-carboxylic acid และ methyl-15,16-epoxy-12-oxo-3,13(16),14-clerodatriene-20,19-olide-17-oate [104] เปล้าใหญ่จากอำเภอวังสะพุง จังหวัดเลย พบสารประกอบแลบเดนอีก 3 ชนิด คือ 3-acetoxy-labda-8(17),12(*E*)-triene-2-ol, 2-acetoxy-labda-8(17),12(*E*)-triene-3-ol และ labda-8(17),12(*E*)-triene-2,3-diol [105]

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นได้ว่าเปล้าใหญ่ที่มาจากแหล่งที่ต่างกัน ก็จะให้สารประกอบทางเคมีที่ต่างกันออกไปด้วย และจากการศึกษาองค์ประกอบทางเคมีของเปล้าใหญ่ที่ผ่านมาจะพบว่าสารประกอบที่เป็นองค์ประกอบหลักในเปล้าใหญ่นั้น จะเป็นสารประกอบไดเทอร์พีนอยด์ ซึ่งสารประกอบไดเทอร์พีนอยด์ที่พบสามารถแบ่งออกได้เป็น 9 กลุ่ม คือ Cembrane diterpenoids, Cleistanthane diterpenoids, Clerodane diterpenoids, Halimane diterpenoids, Pimarane diterpenoids, Labdane diterpenoids, Kaurane diterpenoids, Trachylobane diterpenoids และ Abeitane diterpenoids นอกจากนั้นจะเป็นสารประกอบประเภท Triterpenoid, Steroids, Steroid glucosides, Coumarins และ Miscellaneous เป็นต้น ซึ่งองค์ประกอบทางเคมีที่พบในเปล้าใหญ่เหล่านี้ได้แสดงรายละเอียดไว้ในตารางที่ 2.2 และโครงสร้างขององค์ประกอบทางเคมีแสดงไว้ในรูปที่ 2.15

ตารางที่ 2.2 องค์ประกอบทางเคมีของเปล้าใหญ่ *Croton oblongofolius*

ลำดับ	สารประกอบ	ส่วนประกอบของพืช	รายการอ้างอิง
Diterpenoids			
1. Labdane Diterpenoids			
1.	labda-7,12(*E*),14-triene	เปลือกลำต้น	[106]
2.	labda-7,12(*E*),14-triene-17-al		
3.	labda-7,12(*E*),14-triene-17-ol		
4.	labda-7,12(*E*),14-triene-17-oic acid		
5.	*ent*-8(17),12(*E*),14-labdatriene-18-oic acid	เปลือกลำต้น	[107]
6.	12,15-epoxy-8(17),12,14-labdatriene	เปลือกลำต้น	[107]
7.	labda-7,13(*Z*)-diene,12-olide	เปลือกลำต้น	[103]
8.	labda-7,13(*Z*)-diene,12-olide-16-ol		
9.	2-acetoxy-labda-8(17),12(*E*),14-triene-3-ol	เปลือกลำต้น	[108]
10.	3-acetoxy-labda-8(17),12(*E*),14-triene-2-ol		
11.	labda-8(17),12(*E*),14-triene-2,3-diol		
12.	12(*E*),14-labdadiene-7,8-diol	เปลือกลำต้น	[109]
13.	6-acetoxy-12(*E*),14-labdadiene-7,8-diol		
14.	12(*E*),14-labdadiene-6,7,8-triol		

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ส่วนประกอบของพืช	รายการอ้างอิง
15.	nidorellol	เปลือกลำต้น	[109]
16.	(5*S*,8*S*,9*S*,10*R*,13*S*)-8,13-epoxylabda-1,14-diene-3-one	เปลือกลำต้น	[110]
17.	(5*S*,8*S*,9*S*,10*R*,12*S*,13*S*)-8,13-epoxy-12-hydroxy-labda-1,14-diene-3-one		
2. Clerodane Diterpenoids			
18.	(−)-hardwickiic acid	เปลือกราก, เนื้อไม้	[111]
		เปลือกลำต้น	[103, 112-114]
19.	11-dehydro(−)-hardwickiic	เปลือกลำต้น	[111]
		เปลือกราก, เนื้อไม้	[112]
20.	(−)-20-benxyloxyhardwickiic acid	เปลือกลำต้น	[103]
21.	methyl-15,16-epoxy-12-oxo3,13(16),14-clerodatetraen-20,19-olide-17-oate	เปลือกลำต้น	[104]
22.	crovatin	เปลือกลำต้น	[115]
23.	croblongifolin	เปลือกลำต้น	[108]
3. Pimarane Diterpenoids			
24.	oblongifoliol	เปลือกลำต้น	[116]
		เปลือกราก, เนื้อไม้	[112]

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

ลำดับ	สารประกอบ	ส่วนประกอบของพืช	รายการอ้างอิง
25.	19-deoxyoblongifoliol	เปลือกลำต้น	[112, 116]
26.	3-deoxyoblongifoliol	เปลือกลำต้น	[117]
		เปลือกราก, เนื้อไม้	[112]
27.	oblongifolic acid	เปลือกลำต้น	[118]
		เปลือกราก, เนื้อไม้	[112]
28.	*ent*-isopimara-7,15-dien	เปลือกลำต้น	[119]
		เปลือกราก, เนื้อไม้	[106]
29.	*ent*-isopimara-7,15-dien-19-aldehyde	เปลือกลำต้น	[112]
		เปลือกราก, เนื้อไม้	[112]
30.	19-hydroxy-ent-isopimara-7,15-dien	เปลือกลำต้น	[119]
31.	(–)-pimara-9(11),15-dien-19-oic acid	เปลือกลำต้น	[104]
32.	(–)-pimara-9(11),15-dien-19-ol		
4. Kaurane Diterpenoids			
33.	*ent*-kaur-16-en-19-oic acid	เปลือกลำต้น	[107]
5. Cembrane Diterpenoids			
34.	crotocembraneic acid	เปลือกลำต้น	[113, 120]

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

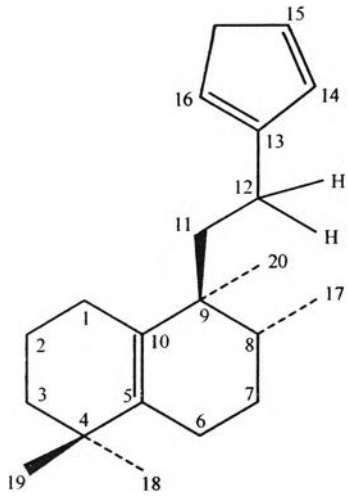
ลำดับ	สารประกอบ	ส่วนประกอบของพืช	รายการอ้างอิง
35.	neocrotocembraneic acid	ใบ	[120]
		เปลือกลำต้น	[120]
36.	neocrotocembranal	เปลือกลำต้น	[121]
37.	poilaneic acid	เปลือกลำต้น	[109]
38.	(2*E*,7*E*,11*E*)1-isopropyl-1,4-dihydroxy-4,8-dimetylcyclotetradeca-7,7,11-triene-12-carboxylic acid	เปลือกลำต้น	[104]
6. Cleistanthane Diterpenoids			
39.	3,4-seco-cleistantha-4(18),13(17),15-triene-3-oic acid	เปลือกลำต้น	[114, 115]
7. Trachylobane Diterpenoids			
40.	trachyloban-19-oic-acid	เปลือกลำต้น	[103]
8. Abeitane Diterpenoids			
41.	abeita-7,13-diene-3-one	เปลือกลำต้น	[114]
9. Halimane Diterpenoid			
42.	crotohalimaneic acid	เปลือกลำต้น	[122]
43.	12-benzoyloxycrotohalimaneic acid		
44.	crotohalimoneic acid		

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

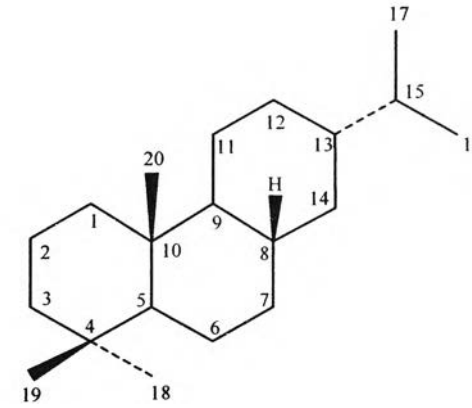
ลำดับ	สารประกอบ	ส่วนประกอบของพืช	รายการอ้างอิง
Triterpenoids			
45.	acetyl aleuritolic acid	เปลือกลำต้น	[123]
Steroids			
46.	β-sitosterol	เปลือกลำต้น	[116]
		เนื้อไม้	[124]
		ใบ	[120]
47.	campesterol	เนื้อไม้	[124]
		เปลือกลำต้น	[107]
48.	stigmasterol	เนื้อไม้	[124]
		ใบ	[120]
		เปลือกลำต้น	[107]
Steroid Glycosides			
49.	β-sitosteryl-3-O- β-D-glucopyranoside	เนื้อไม้	[124]
		เปลือกลำต้น	[113]
50.	campesteryl-3-O- β-D-glucopyranoside	เนื้อไม้	[124]
		เปลือกลำต้น	[113]

ตารางที่ 2.2 (ต่อ)

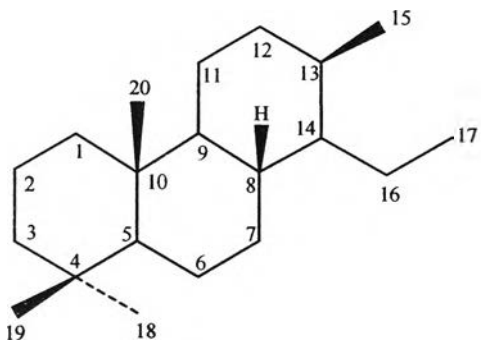
ลำดับ	สารประกอบ	ส่วนประกอบของพืช	รายการอ้างอิง
51.	stigmasteryl-3-O- β-D-glucopyranoside	เนื้อไม้	[124]
		เปลือกลำต้น	[113]
Coumarin			
52.	7-hydroxy-6-methoxycoumarin (Scopoletin)	เนื้อไม้	[124]
Miscellaneous			
53.	mixture of long chain aliphatic hydrocarbon (C_{27}-C_{33})	เนื้อไม้	[124]
		ใบ	[120]
54.	mixture of long chain aliphatic carboxylic acid (C_{18}, C_{22}-C_{34})	เนื้อไม้	[124]
55.	mixture of long chain alcohol (C_{28}-C_{29} , C_{31}-C_{32} , C_{34})	ใบ	[120]
56.	6,10,14-trimethyl-2-pentadecanone		
57.	potassium chloride		



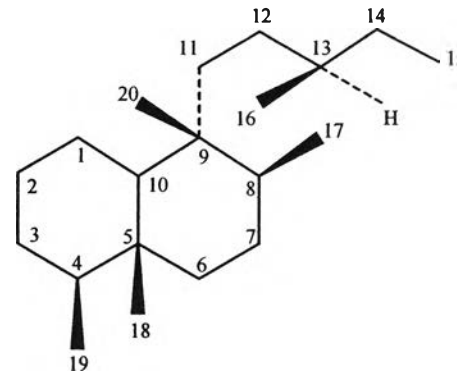
Halimane



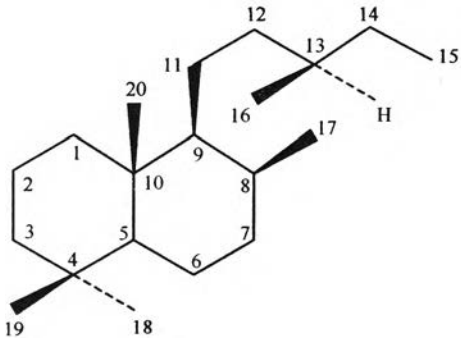
Abietane



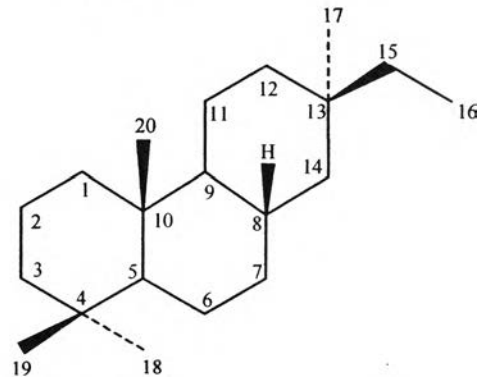
Cleistanthane



Clerodane

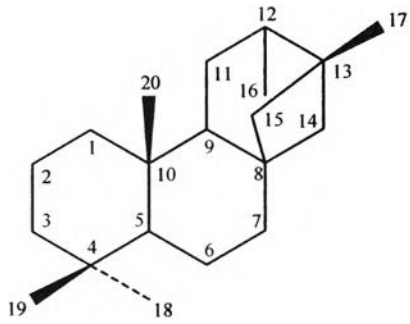


Labdane

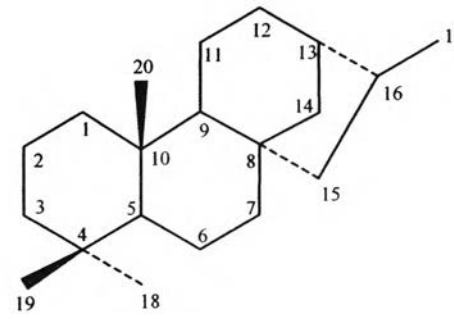


Pimarane

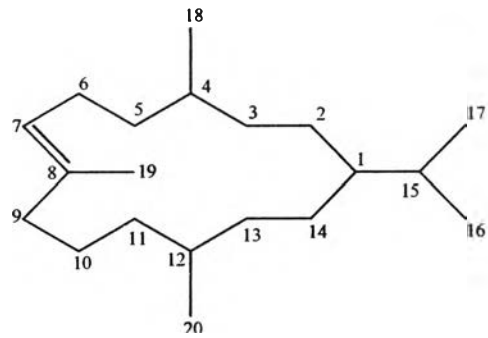
รูปที่ 2.14 โครงสร้างพื้นฐานขององค์ประกอบทางเคมีของสารประกอบไดเทอร์พีนอยด์ในเปล้าใหญ่ *Croton oblongifolius*



Trachylobane



Kaurane



Cembrane

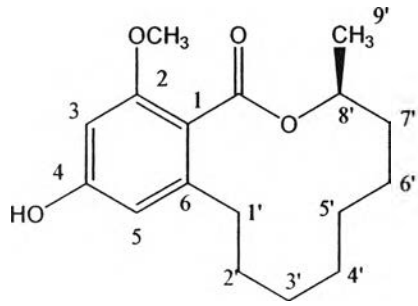
รูปที่ 2.14 (ต่อ)

2.10 การศึกษาเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของราเอ็นโดไฟต์ที่แยกมาจากเปล้าใหญ่ในประเทศไทย

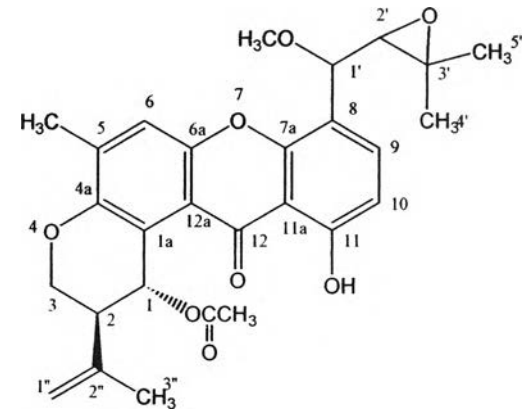
จากการศึกษาสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของราเอ็นโดไฟต์ที่แยกจากเปล้าใหญ่ในประเทศไทย พบว่าราเอ็นโดไฟต์ที่ถูกตรวจพบจะมีความหลากหลายแตกต่างกันออกไป ได้แก่ *Penicillium* sp., *Phomopsis* sp., *Curvularia* sp., *Trichoderma* sp., *Bipolaris* sp., *Cladosporium* sp., *Colletotrichum* sp., *Emericella* sp., *Fusarium* sp., *Lasiodiplodia* sp., *Pestalotia* sp และ *Tetraploa* sp. นอกจากนี้ยังพบราเอนโดไฟต์ในกลุ่มของ Xylariaceae, Coenomycetes, Hyphomycetes และ Mycelia sterilia อีกด้วย และเมื่อได้ทำการศึกษาต่อยังพบอีกว่าราเอ็นโดไฟต์บางชนิดสามารถสร้างสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพที่น่าสนใจหลายชนิดด้วยกัน [8, 125-126] ดังแสดงไว้ในตารางที่ 2.3 และรูปที่ 2.15

ตารางที่ 2.3 สารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของราเอ็นโดไฟต์ที่แยกจากเปล้าใหญ่ในประเทศไทย

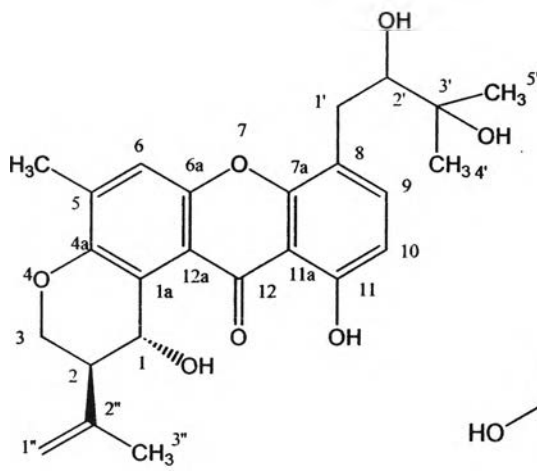
ลำดับ	สารประกอบ	ราเอ็นโดไฟต์	ฤทธิ์ทางชีวภาพ	แหล่งที่มา	รายการอ้างอิง
1.	lasiodiplodin	*Lasiodiplodia theobromae*	ยับยั้งเซลล์มะเร็ง	ฉะเชิงเทรา	[125]
2.	14-methoxy-tajixanthone-25-acetate	*Emericella variecolor*	ยับยั้งเซลล์มะเร็ง	ฉะเชิงเทรา	
3.	tajixanthone hydrate	*Emericella variecolor*	ยับยั้งเซลล์มะเร็ง	ฉะเชิงเทรา	
4.	4α,5-epoxy-7,22(*E*)-ergostadien-3β-ol	*Gibberella moniliformis*	ยับยั้งจุลินทรีย์	กาญจนบุรี	[8]
5.	bikaverin	*Gibberella moniliformis*	ยับยั้งจุลินทรีย์	กาญจนบุรี	
6.	fusaric acid	*Gibberella moniliformis*	ยับยั้งจุลินทรีย์	กาญจนบุรี	
7.	dehydrofusaric acid	*Gibberella moniliformis*	ยับยั้งจุลินทรีย์	กาญจนบุรี	
8.	8-*O*-methylbostrycoidin	*Gibberella moniliformis*	ยับยั้งจุลินทรีย์และเซลล์มะเร็ง	กาญจนบุรี	
9.	folipastatin	*Penicillium* sp.	ยับยั้งจุลินทรีย์และเซลล์มะเร็ง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	[126]
10.	unguinol	*Penicillium* sp.	ยับยั้งจุลินทรีย์และเซลล์มะเร็ง	จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย	



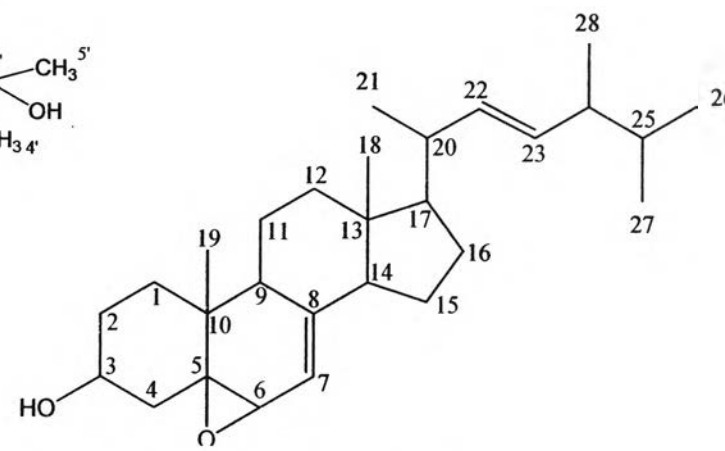
lasiodiplodin



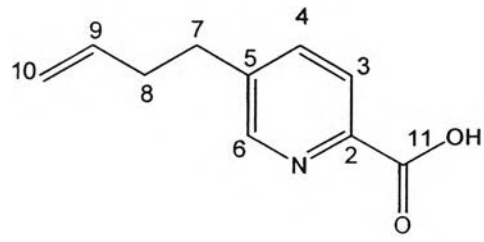
14-methoxy-tajixanthone-25-acetate



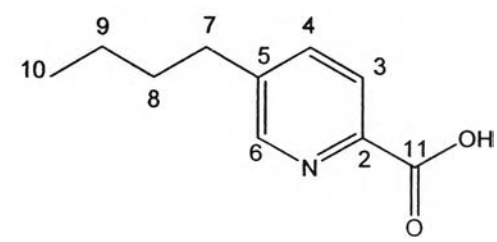
tajixanthone hydrate



4α,5-epoxy-7,22(*E*)-ergostadien-3β-ol

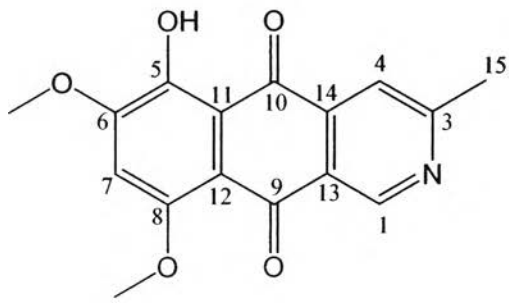


dehydrofusaric acid

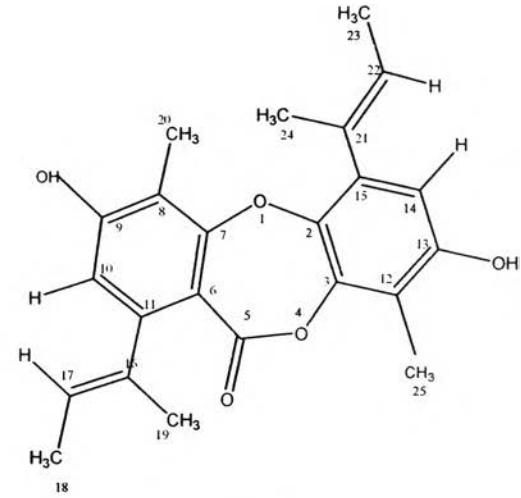


fusaric acid

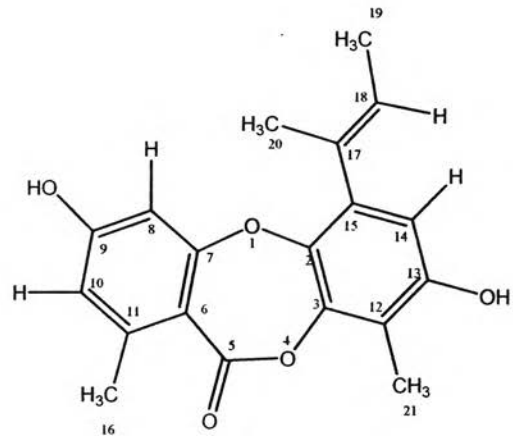
รูปที่ 2.15 โครงสร้างทางเคมีสารเมแทบอไลต์ทุติยภูมิที่มีฤทธิ์ทางชีวภาพของราเอ็นโดไฟต์ที่แยกจากเปล้าใหญ่ในประเทศไทย



8-*O*-methylbostrycoidin



folipastatin



unguinol

รูปที่ 2.15 (ต่อ)