บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. พืชป่าชายเลน

ป่าชายเลน (mangrove forest หรือ intertidal forest) เป็นกลุ่มของพืชที่ขึ้นอยู่บริเวณชายฝั่งทะเล ปากแม่น้ำ ปากอ่าว ทะเลสาบ บึงน้ำเค็ม หรือเกาะซึ่งมีน้ำทะเลท่วมถึง พบป่าชายเลนทั่วไปในเขตร้อน (tropical) และเขตกึ่งร้อน (subtropical) (Gilbert, Mejía-Chang, & Rojas, 2002; Sridhar, 2004) ป่าชายเลนของประเทศไทยพบขึ้นกระจายทั่วในบริเวณชายฝั่งทะเลภาคตะวันออก ภาคกลางและภาคใต้ ป่าชายเลนที่สภาพสมบูรณ์ส่วนใหญ่พบได้ในภาคใต้ของชายฝั่งทะเลอันดามัน ในประเทศไทยพบพันธุ์ไม้ป่าชายเลนทั้งหมด 78 ชนิด ซึ่งเป็นพันธุ์ไม้ป่าชายเลนแท้จริง (true mangroves) จำนวน 33 ชนิด เช่น พันธุ์ไม้ในวงศ์แสม (Aviceniaceae) โกงกาง (Rhizophoraceae) ลำพู (Sonneratiaceae) และเหงือกปลาหมอ (Acanthaceae) ขึ้นเฉพาะบริเวณที่เป็นน้ำเค็มหรือน้ำกร่อย และอีก 45 ชนิดเป็นพันธุ์ไม้ที่ปรับตัวเข้ากับสภาพความเค็ม (mangrove associated species) เพื่อให้ขึ้นอยู่ได้ในพื้นที่น้ำทะเลท่วมถึง พันธุ์ไม้เด่นและเป็นชนิดที่สำคัญในป่าชายเลนประเทศไทย ส่วนใหญ่อยู่ในวงศ์ Rhizophoraceae โดยเฉพาะในสกุลไม้โกงกาง ไม้โปรง และไม้ถั่ว วงศ์ Sonneratiaceae ได้แก่ ไม้ในสกุลลำพูน ลำแพน วงศ์ Aviceniaceae ได้แก่ ไม้ในสกุลแสม และวงศ์ Maliaceae ได้แก่ พันธุ์ไม้ในสกุลไม้ตะบูน ตะบัน (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน กรมทรัพยากรทางทะเลและชายฝั่ง กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม, 2552)

1.1 โกงกางใบเล็ก (*Rhizophora apiculata* Bl.)

เป็นพืชในวงศ์ Rhizophoraceae เป็นไม้ผลัดใบขนาดกลางถึงใหญ่ สูง 20-40 เมตร เปลือกสีเทาดำ ผิวเปลือกเรียบ แตกเป็นร่องเล็กตามยาวของลำต้นเด่นชัดกว่าร่องตามขวาง รอบ ๆ บริเวณโคนต้นมีรากค้ำจุน ทำหน้าที่พยุงลำต้น และมีรากอากาศเกิดจากกิ่งตอนบน ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว รูปรี ช่อดอกเกิดที่ง่ามใบ ออกดอกในช่วงเดือนกันยายนถึงมกราคม ผลมีลักษณะเป็นรูปผลแพร์กลับ สีเขียว เมื่อแก่จะมีสีน้ำตาลแดง โกงกางใบเล็กมักขึ้นได้ดีบริเวณที่เป็นดินเลนอ่อนไม่ลึกมากนัก มีน้ำท่วมถึงสม่ำเสมอ โดยเฉพาะพื้นที่ติดทะเล และปากแม่น้ำ (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.2 โกงกางใบใหญ่ (*Rhizophora mucronata* Poir.)

เป็นพืชในวงศ์ Rhizophoraceae เป็นไม้ไม่ผลัดใบ มีขนาดใหญ่ เปลือกหยาบสีเทาถึงดำ แตกเป็นร่องทั้งตามยาวและตามขวาง โคนต้นมีรากค้ำจุน บางครั้งพบรากอากาศที่งอกจากกิ่งอยู่บ้าง แต่พบไม่มากนัก ใบมีลักษณะเป็นใบเดี่ยว เรียงตรงข้ามสลับทิศทางกัน รูปรี ดอกออกเป็นช่อที่ง่ามดอก มักออกดอกในช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม ผลมีลักษณะเป็นรูปไข่ ยาว แคบลง ส่วนปลายสีเขียว โกงกางใบใหญ่ขึ้นได้ดีบริเวณที่เป็นดินเลนอ่อนและลึก ริมชายฝั่งทะเล ที่มีน้ำทะเลท่วมถึงสม่ำเสมอเป็นเวลานาน (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.3 ตะบัน (*Xylocarpus rumphii* (Kostel.) Mobberley)

เป็นพืชในวงศ์ Meliaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงกลาง ไม่ผลัดใบเปลือกสีเทาอมน้ำตาล แตกเป็นร่อง ไม่มีรากหายใจ ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกปลายคู่ ชั้นเดียว ลักษณะคล้ายรูปไข่กว้าง สีเขียว ออกดอกเป็นช่อ สีขาวครีม มีผลกลม สีเขียวหรือเขียวอมเหลือง ตะบันเป็นพันธุ์ไม้ขึ้นตามชายหาด หรือตามแนวโขดหิน หรือระหว่างแนวเขตหลังสุดของป่าชายเลนที่ติดต่อกับหาดทราย (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.4 ตะบูนขาว (*Xylocarpus granatum* Koen.)

ตะบูนขาวเป็นพืชในวงศ์ Meliaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงกลาง ไม่ผลัดใบ ลำต้นสั้น เปลือกเรียบบาง สีเหลืองแต้มเขียวอ่อน หรือสีน้ำตาลอ่อน ถึงน้ำตาลแกมชมพู ลักษณะคล้ายเปลือกต้นฝรั่งหรือตะแบก เปลือกหลุดเป็นแผ่นรูปทรงไม่แน่นอน ใบเป็นใบประกอบแบบขนนกชั้นเดียว ดอกออกเป็นที่ง่ามใบ ช่อดอกแบบช่อแยกแขนง ดอกสีขาวครีม มีกลิ่นหอม ผลลักษณะกลม ออกดอกและผลตลอดปี ตะบูนขาวมักขึ้นปะปนกับพันธุ์ไม้ป่าชายเลนหลายชนิด ขึ้นได้ดีในน้ำกร่อย พบบ้างเล็กน้อยในบริเวณน้ำจืด (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.5 ตาตุ่มทะเล (*Excoecaria agallocha* L.)

เป็นพืชวงศ์ Euphorbiaceae เป็นไม้ยืนต้นผลัดใบ ขนาดเล็กถึงปานกลาง ใบเป็นใบเดี่ยว รูปรี ดอกออกเป็นช่อ ดอกขนาดเล็ก ผลมีลักษณะแห้งแตก มี 3 พูรูปเกือบกลม ผิวเกลี้ยง สีเขียวถึงน้ำตาลเข้ม ออกดอกและผลในช่วงเดือนพฤษภาคมถึงพฤศจิกายน พบทั่วไปในป่าชายเลนตามริมแม่น้ำที่เป็นที่สูง ดินเหนียวปนทรายค่อนข้างแข็ง และน้ำท่วมถึงเมื่อน้ำขึ้นสูง (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.6 ปรงทะเล (*Acrostichum aureum* L.)

เป็นพืชในวงศ์ Pteridaccae เป็นพืชพวกเฟิร์น มีลำต้นเป็นเหง้าอยู่ใต้ดิน ชูส่วนใบขึ้นมาเป็นกอ ที่เหง้ามีเกล็ดใหญ่สีดำคล้ำ โคนต้นมีรากค้ำยัน ใบเป็นแบบใบประกอบแบบขนนกก้านใบมีหนามแข็งสั้น ๆ ใบย่อยสร้างสปอร์อยู่ปลายกิ่ง กลุ่มของอับสปอร์เรียงตัวชิดกันเต็มพื้นที่ด้านล่างของแผ่นใบย่อย มีขนปกคลุมเล็กน้อย ขยายพันธุ์โดยใช้สปอร์และลำต้น ปรงทะเลมักขึ้นเป็นกลุ่มตามที่ลุ่มชื้นแฉะด้านหลังป่าชายเลน และป่าน้ำกร่อย แต่บางครั้งพบตามที่โล่งในป่าพรุ (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.7 โปรงแดง (*Ceriops tagal* (Perr.) C. B. Rob.)

เป็นพืชในวงศ์ Rhizophoraceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงกลาง มีรากค้ำจุนขนาดเล็กรากหายใจรูปคล้ายเข่า สีน้ำตาลอมชมพู เปลือกสีชมพูเรื่อ ๆ หรือสีน้ำตาลอ่อน เรียบ ช่องอากาศชัดเจนสีน้ำตาลอ่อน ใบเป็นใบเดี่ยว รูปไข่ ปลายใบป้านมน ผิวใบด้านบนสีเขียวเข้ม ท้องใบสีซีด ดอกออกเป็นช่อตามง่ามใบ แต่ละช่อมี 4 ถึง 8 ดอก ผลมีลักษณะเป็นรูปผลแพร์กลับ สีเขียวแกมถึงน้ำตาลแกมเขียว ออกดอกและผลเกือบตลอดปี โปรงแดงจะขึ้นอยู่ด้านในป่าชายเลนตามริมฝั่งแม่น้ำที่น้ำท่วมถึงตลอดและดินมีการระบายน้ำดี (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.8 พังกาหัวสุมดอกขาว (*Bruguiera sexangula* Poir.)

เป็นพืชในวงศ์ Rhizophoraceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ รากหายใจรูปคล้ายเข่า มีรากค้ำจุนเล็ก ๆ กิ่งอ่อนสีเขียว เปลือกสีเทาเข้มถึงสีน้ำตาลอมเทา ใบเป็นใบเดี่ยว รูปรี สีเหลืองอ่อนหรือเขียว ดอกออกเดี่ยว ๆ ตามง่ามใบ ผลมีรูปคล้ายลูกข่าง ผิวเรียบ เป็นผลแบบงอกตั้งแต่อยู่บนต้นเรียก ฝักรูปซิการ์ ออกดอกและผลเกือบตลอดปี พังกาหัวสุมดอกขาวจะขึ้นกระจายถัดเข้าไปจากแนวโกงกางใบเล็ก บนพื้นที่ดินค่อนข้างแข็ง เหนียว และน้ำท่วมถึงอย่างสม่ำเสมอ (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.9 พังกาหัวสุมดอกแดง (*Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Savigny)

เป็นพืชในวงศ์ Rhizophoraceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดใหญ่ โคนต้นมีพูพอนสูงและมีช่องอากาศขนาดใหญ่อยู่ทั่วไป มีรากหายใจคล้ายหัวเข่า เปลือกหยาบสีน้ำตาลดำถึงดำ แตกเป็นร่องตามยาวไม่เป็นระเบียบ ใบเป็นใบเดี่ยว รูปรี ด้านบนสีเขียว ท้องใบสีแดงเรื่อ ๆ ดอกออกเดี่ยว ๆ ตามง่ามใบ ดอกตูมรูปกระสวย กลีบเลี้ยงสีแดงปนเขียว เมื่อดอกบานจะมีลักษณะคล้ายสุ่ม ผลเป็นรูปลูกข่าง ผิวเรียบ เมื่องอกตั้งแต่ผลติดอยู่บนต้นเรียกฝัก สีเขียวแกมม่วง เมื่อแก่จัดมีสีม่วงดำ พังกาหัวสุมดอกแดงพบได้ทั่วไปในป่าชายเลนของประเทศไทย ในบริเวณน้ำท่วงถึงอย่างสม่ำเสมอและดินค่อนข้างแข็งและเหนียว (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.10 โพทะเล (*Thespesia populnea* (L.) Soland. ex. Correa)

เป็นพืชในวงศ์ Malvaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็ก เปลือกเรียบ สีเทาอ่อน ใบเป็นใบเดี่ยว คล้ายรูปหัวใจ ดอกออกตามง่ามใบ เป็นดอกเดี่ยวหรือคู่ ออกดอกประมาณช่วงเดือนกันยายนถึงตุลาคม ผลเป็นผลแห้งแตกไม่มีทิศทาง ค่อนข้างกลม เปลือกแข็ง พบโพทะเลมากในที่ดอนหรือชายฝั่งทะเล และริมแม่น้ำที่ดินเป็นดินร่วนปนทราย (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.11 ลำพูทะเล (*Sonneratia alba* J. Smith)

เป็นพืชในวงศ์ Sonneratiaceae เป็นพืชไม้ยืนต้นขนาดกลาง ไม่ผลัดใบ เปลือกมีสีน้ำตาลอมชมพูหรือเทา แตกเป็นสะเก็ดเล็กน้อย รากหายใจตั้งตรง ใบเป็นใบเดี่ยว รูปไข่ถึงรูปรีสีเขียวนวล ออกดอกแบบเดี่ยว หรือเป็นช่ออยู่ที่ส่วนปลายกิ่ง ออกดอกในช่วงเดือนมิถุนายนถึงเดือนธันวาคม ผลเป็นผลมีเนื้อภายในมีเมล็ดฝังอยู่ ผลแข็งรูปกลม สีเขียว ออกผลในเช่วงเดือนมกราคม ถึงเดือนกรกฎาคม ลำพูทะเลเป็นพันธุ์ไม้ที่ขึ้นได้ดีที่ชายฝั่งทะเลที่น้ำท่วมถึงเสมอ น้ำค่อนข้างเค็ม และดินเป็นดินปนทราย ค่อนข้างลึก (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.12 ลำแพน (*Sonneratia ovata* Back)

เป็นพืชในวงศ์ Sonneratiaceae เป็นไม้ยืนต้นขนาดเล็กถึงกลาง กิ่งเป็นรูปสี่เหลี่ยม รากหายใจคล้ายหมุดเหนือผิวดิน ใบเป็นใบเดี่ยวรูปไข่กว้างถึงเกือบกลม สีเขียวเข้ม ก้านใบยาว ต้นที่มีอายุมากใบมักจะบิดเบี้ยวไม่สมมาตร ดอกออกแบบเดี่ยว หรือช่อ ช่อละ 3 ดอก ผลเป็นผลมีเนื้อและมีเมล็ดหลายเมล็ดภายใน ผลกลม มีรสออกเปรี้ยว รับประทานได้ ออกดอกและผลตลอดปี ลำแพนขึ้นในพื้นที่มีความเค็มไม่มากนัก และดินค่อนข้างเหนียว น้ำท่วมถึงเป็นครั้งคราว (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

1.13 แสมทะเล (*Avicennia marina* (Forsk.) Vierh.)

เป็นพืชในวงศ์ Avicenniaceae เป็นไม้ขนาดเล็ก มีลักษณะเป็นพุ่ม ส่วนใหญ่มีสองลำต้นหรือมากกว่า มีรากหายใจรูปคล้ายดินสอเหนือผิวดิน เปลือกเรียบเป็นมัน สีขาวอมเทา หรือขาวอมชมพู ต้นที่มีอายุมากเปลือกจะหลุดออกเป็นเกล็ดบาง ๆ คล้ายแผ่น ใบเป็นใบเดี่ยว รูปรีปลายใบมน ขอบใบม้วนเข้าหากันทางด้านท้องใบ ใบด้านบนสีเขียวเข้มเป็นมัน ท้องใบสีขาวอมเทา ดอกออกเป็นช่อที่ปลายกิ่ง หรือง่ามใบใกล้ปลายกิ่ง ดอกขนาดเล็ก สีส้มอมเหลือง ออกดอกในช่วงเดือนกุมภาพันธ์ถึงเดือนมิถุนายน ผลรูปไข่กว้าง สีเขียวอมเหลือง แสมทะเลเป็นไม้เบิกนำที่ขึ้นได้ดีในที่โล่งติดชายฝั่งทะเล หรือพื้นที่ดินเลนงอกใหม่ที่ดินค่อนข้างเป็นทราย (สำนักอนุรักษ์ทรัพยากรป่าชายเลน, 2552)

2. ความสำคัญของเอนโดไฟท์

2.1 เอนโดไฟท์

เอนโดไฟท์ (Endophyte) เป็นจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในพืชสุขภาพดีจะอาศัยอยู่ตลอดหรือช่วงหนึ่งของวงชีพ เอนโดไฟท์จะอาศัยอยู่ในเนื้อเยื่อพืชภายใต้ชั้นเซลล์ผิวชั้นนอกโดยไม่ก่อให้เกิดอันตรายใด ๆ หรือเกิดอาการของโรคที่มองเห็นได้ในพืชให้อาศัย เอนโดไฟท์จะอาศัยอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ของเนื้อเยื่อพืชให้อาศัยโดยอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพาอาศัย (Symbiosis) และจะเกิดภาวะปรสิต (Parasitism) ก็ต่อเมื่อพืชให้อาศัยเกิดความเครียด เอนโดไฟท์ประกอบด้วยกลุ่มของแบคทีเรีย รา แอคติโนมัยซิส และปรสิต (Strobel. 2003; Guo et al., 2008) เอนโดไฟท์จะได้สารอาหารจากพืช และพืชก็จะได้รับการปกป้องจากเอนโดไฟท์ โดยการสร้างสารต้านจุลินทรีย์ ไวรัส และแมลงที่เป็นศัตรูพืช อีกทั้งยังส่งเสริมการเจริญของพืชและการแข่งขันของพืชภายในธรรมชาติ (Park et al., 2003)

พืชประมาณเกือบสามแสนสายพันธุ์บนโลกเป็นพืชให้อาศัยของเอนโดไฟท์ โดยพืชแต่ละชนิดจะมีเอนโดไฟท์ตั้งแต่หนึ่งถึงมากกว่าหนึ่งชนิด มีการประมาณการว่าจะพบเอนโดไฟท์หนึ่งล้านสายพันธุ์ที่แตกต่างกัน ความสัมพันธ์ระหว่างจุลินทรีย์เอนโดไฟท์และพืชชั้นสูงปรากฏขึ้นเมื่อหลายร้อยล้านปีที่ผ่านมา (Strobel & Daisy. 2003; Huang, Wang, Li, Zheng, & Su, 2001) หลักฐานของพืชที่เกี่ยวข้องกับจุลินทรีย์ที่ค้นพบคือฟอสซิลเนื้อเยื่อของลำต้นและใบพืช จากความสัมพันธ์ระยะยาวสามารถคิดได้ว่าจุลินทรีย์เอนโดไฟท์อาจมีผลต่อระบบทางพันธุกรรมสำหรับการถ่ายโอนข้อมูลของจุลินทรีย์เอนโดไฟท์และพืชชั้นสูง และอาจบอกได้ว่าจุลินทรีย์เอนโดไฟท์และพืชชั้นสูงมีการทำงานร่วมกัน จุลินทรีย์เอนโดไฟท์มีความเกี่ยวข้องกับพืชในด้านวิถีทางชีวเคมี (Biochemical pathways) คือการผลิตฮอร์โมนการเจริญเติบโตของพืช ซึ่งแบ่งได้ 5 กลุ่ม ดังนี้ auxins, abscisins, ethylene, gibberellins และ kinetins นอกจากนี้จุลินทรีย์เอนโดไฟท์จะมีการปกป้องพืชจากศัตรูพืชต่าง ๆ โดยการสร้างสารก่อฤทธิ์ชีวภาพออกมายับยั้งเชื้อก่อโรคพืช แมลงและสัตว์ต่าง ๆ ซึ่งความสัมพันธ์ดังกล่าวก็จะนำไปสู่การอยู่ร่วมกันแบบภาวะพึ่งพากัน และการเป็นพืชเฉพาะสำหรับจุลินทรีย์เอนโดไฟท์ (Strobel, 2003)

รา เอนโดไฟท์ (Endophytic fungi) เป็นราที่อาศัยอยู่ในในช่องว่างระหว่างเซลล์ของส่วนต่าง ๆ ของพืชที่มีสุขภาพดีสมบูรณ์ ราเอนโดไฟท์จะไม่รบกวนการทำงานของเนื้อเยื่อพืช ราเอนโดไฟท์เป็นระบบนิเวศกลุ่มหนึ่งซึ่งมีความหลากหลายสูงในกลุ่ม polyphyletic ของรา ราส่วนใหญ่เป็นรากลุ่ม ascomycetes และกลุ่ม mitosporic fungi (Huang et al, 2001: Arnold, 2007) ราเอนโดไฟท์มีความสามารถในการผลิตสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ ซึ่งการผลิตสารนั้นอาจเกี่ยวข้อง

กับความสัมพันธ์กับพืชให้อาศัย และอาจเป็นแหล่งของสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติชนิดใหม่สำหรับนำมาใช้ให้เกิดประโยชน์ในด้านเภสัชกรรม เกษตรกรรม และอุตสาหกรรม (Bacon & White, 2000; Strobel & Daisy, 2003)

2.2 ความสำคัญของราเอนโดไฟท์

ราเอนโดไฟท์เป็นแหล่งสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติที่ดีในด้านเภสัชกรรมเป็นเวลานาน ซึ่งมีการรายงานไว้ว่าราเอนโดไฟท์จำนวนมากสามารถสร้างสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดใหม่ซึ่งมีประโยชน์ในการเป็นสารต้านจุลชีพ สารต้านมะเร็ง และสารต้านไวรัส การค้นพบราที่สามารถผลิตสาร Taxol ช่วยเพิ่มความสำคัญของราเอนโดไฟท์และนำไปสู่การวิจัยราเอนโดไฟท์ (Selim, El-Beih, Abdel-Rahman, & El-Diwani, 2012) สาร Taxol เป็นสารผลิตภัณฑ์ธรรมชาติประเภท Diterpenoid เริ่มแรกคัดแยกได้จากต้น *Taxus brevifolia* สารนี้นำมาใช้ครั้งแรกในโลกเป็นยาต้านมะเร็ง เพื่อใช้รักษามะเร็งรังไข่และมะเร็งทรวงอก ปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการรักษา Tissue-proliferating diseases ด้วยเช่นกัน (Nicolaou et al., 1994) ในช่วงต้นปี 1990 ได้มีการค้นพบราเอนโดไฟท์ *Taxomyces andreanae* แยกได้จากต้น *Taxus brevifolia* (Strobel, Stierle, Stierle, & Hess, 1993) สามารถผลิตสาร Taxol ได้ ต่อมาสามารถแยกราเอนโดไฟท์ *Pestalotiopsis microspora* จากต้น *Taxus wallichiana* (Strobel et al., 1996) เมื่อตรวจสอบพบว่าราเอนโดไฟท์สามารถสร้างสาร Taxol ภายหลัง *P. microspora* จำนวนมากสามารถสร้างสาร Taxol ได้ ซึ่งแยกได้จากต้นบัลด์ไซปรัส (bald cypress) จากรัฐเซาท์แคโรไลนา (South Carolina) (Li, Strobel, Sidhu, Hess, & Ford, 1996) มีรายงานจำนวนมากรายงานว่าราเอนโดไฟท์หลายสายพันธุ์สร้างสาร Taxol ได้ เช่น *Pestalotiopsis guepini*, *Periconia* sp., *Fusarium solani* แยกจากต้น *Taxus chinensis* *Alternaria* แยกจากต้น *Ginkgo biboba* และ *Aspergillus* แยกจากต้น *Podocarpus* sp. (Sun, Ran, & Wang, 2008; Liu et al., 2009)

จากตัวอย่างการแยกสารออกฤทธิ์ชีวภาพ Taxol จากราเอนโดไฟท์เป็นเพียงตัวอย่างหนึ่งเท่านั้นที่แสดงให้เห็นความสำคัญของราเอนโดไฟท์ ในปัจจุบันมีการศึกษามากมายเกี่ยวกับการค้นหาราเอนโดไฟท์ชนิดใหม่ในพืชต่าง ๆ เช่น ราเอนโดไฟท์ *Verticillium* sp. แยกได้จากต้น *Rehmannia glutinosa* สามารถยับยั้งการเจริญของรา *Pyricularia oryzae* P-2b ได้ดี เมื่อนำมาวิเคราะห์ทางเคมีแยกสารประกอบได้ 3 สาร ดังนี้ 2, 6-dihydroxy-2-methyl-7-(prop-1E-enyl)-1-benzofuran-3 (2H)-one, massariphenone และ ergosterol peroxide (You, Han, Wu, Huang, & Qin, 2009) ราเอนโดไฟท์ *Penicillium citrinum* และ *Neoscytalidium dimidiatum* จากต้น *Hyoscyamus muticus* มีความสามารถเป็นราปฏิปักษ์ที่ดี สามารถยับยั้งการเจริญราสาเหตุโรคพืช *Gibberella zeae* และ *Thanatephorus cucumeris* และราที่ไม่เป็นสาเหตุโรคพืช 6 สายพันธุ์ ได้แก่ *Alternaria*

alternata, *Cladosporium cladosporioides*, *Cladorrhinum foecundissimum*, *Curvularia clavata*, *Penicillium janthinellum* และ *Ulocladium chartarum* (Abdel-Motaal, Nassar, El-Zayat, El-Sayed, & Ito, 2010) ราเอนโดไฟท์ *F. solani* ที่แยกได้จากต้น *Taxus baccata* สามารถยับยั้งการเจริญ *Staphylococcus aureus*, *S. epidermidis*, *Bacillus subtilis*, *Klebsiella pneumoniae*, *Escherichia coli*, *Shigella flexneri*, *Candida albicans* และ *C. tropicalis* ได้ดี (Tayung, Barik, Jha, & Deka, 2011) ราเอนโดไฟท์ชนิดใหม่ *Monodictys castaneae* SVJM139 สามารถยับยั้งแบคทีเรียก่อโรคในคน ได้แก่ *S. aureus*, *K. pneumoniae*, *Salmonella typhi* และ *Vibrio cholerae* (Visalakchi & Muthumary, 2010)

2.3 เอนโดไฟท์จากพืชชายเลน

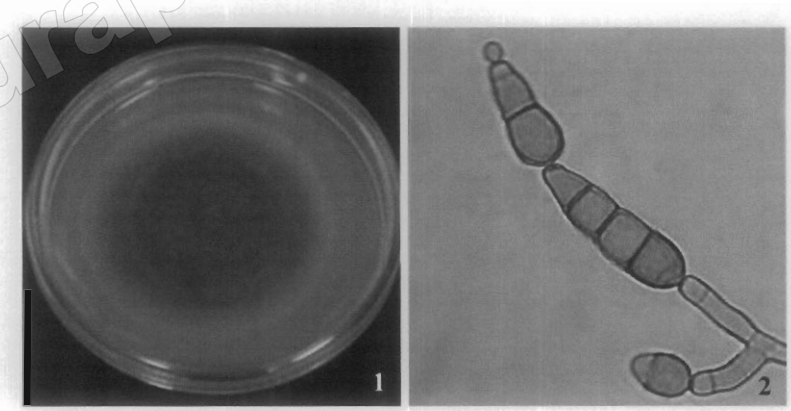
ป่าชายเลนเป็นแหล่งรวมความหลากหลายของราทะเล ราพืชในป่าชายเลนเป็นกลุ่มจุลินทรีย์ที่พบมากเป็นอันดับสองของราทะเล ราเอนโดไฟท์จากพืชชายเลนจำนวนมากเป็นราชนิดใหม่และอาจมีการสร้างสารเคมีที่มีหน้าที่และโครงสร้างใหม่ ๆ (Huang et al., 2011) ที่เป็นเช่นนี้เนื่องจากพืชชายเลนมีการปรับตัวเพื่อให้สามารถอาศัยอยู่ในโคลนน้ำเค็ม ดินในสภาวะไม่มีอากาศ ทนต่อน้ำขึ้นน้ำลง ทำให้จุลินทรีย์ชนิดต่าง ๆ รวมทั้งราเอนโดไฟท์ที่อาศัยร่วมกับพืชชายเลนได้รับการปกป้องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่พึงประสงค์ และช่วยให้สามารถแข่งขันกับ saprobic fungi ได้สำเร็จ (Maria et al., 2005) กลไกที่ใช้ส่วนใหญ่เป็น antibiosis หรือการสร้างสารออกมายับยั้งจุลินทรีย์อื่น ๆ ซึ่งเป็นกลไกโดยตรงของราเอนโดไฟท์ (Gao et al., 2010) ตัวอย่างราเอนโดไฟท์ที่มีการสร้างสารก่อฤทธิ์ชีวภาพ ได้แก่ ราเอนโดไฟท์ 14 ไอโซเลทจากต้นเหงือกปลาหมอ (*Acanthus ilicifolius*) และต้นปรงทอง (*Acrostichum aureum*) โดยพบว่า *Aspergillus* sp. 3 และ *Pestalotiopsis* มีฤทธิ์ในการยับยั้ง *B. subtilis*, *S. aureus* และ *C. albicans* และเมื่อนำมาแยกสารด้วยวิธี TLC พบว่า *Aspergillus* sp. 3 แยกสารได้ 2 fraction และ *Pestalotiopsis* แยกสารได้ 1 fraction (Maria et al., 2005) ราเอนโดไฟท์พืชชายเลน Zh6-B1 สามารถแยกสารได้ 2 สารคือ 3R,5R-Sonnerlactone และ 3R,5S-Sonnerlactone (Li et al., 2010) ราเอนโดไฟท์จากพืชชายเลน *Halorosellinia* sp. (No. 1403) และ *Guignardia* sp. (No. 4382) สามารถแยกสารทุติยภูมิanthracenedione 6 ได้ (Zhang et al., 2010) เป็นต้น

3. ราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญ

ราสาเหตุโรคพืชที่สำคัญที่เป็นสาเหตุให้เกิดความเสียหายกับพืชเศรษฐกิจทั่วโลกมีหลายชนิดได้แก่ *Fusarium oxysporum, Pestalotiopsis* sp., *Verticillium dahliae, Phytophthora infestans, Alternaria brassicicola*, *Colletotrichum gloeosporioides, Fusarium solani, Botrytis cinerea* และ *C. capsici* เป็นต้น ซึ่งราสาเหตุโรคพืชดังกล่าวสามารถแพร่กระจายได้เร็วในสภาวะที่เหมาะสม อีกทั้งสามารถสร้างความเสียหายกับพืชได้ทั้งช่วงเพาะปลูกและการเก็บรักษา ราสาเหตุโรคพืชจึงเป็นปัญหาที่สำคัญต่อพืชเศรษฐกิจ (Kavanagh, 2005) ราสาเหตุโรคพืชที่นำมาใช้ในการศึกษาได้แก่ *A. brassicicola*, *C. capsici*, *C. gloeosporioides*, *F. oxysporum* และ *Pestalotiopsis* sp.

3.1 *Alternaria brassicicola*

โคโลนีสีดำมีลักษณะเป็นเขม่าดำ เจริญรวดเร็ว และสร้างสปอร์จำนวนมาก เส้นใยมีผนังกั้น สีเขียวเข้มปนเหลืองอมเทาไปจนถึงสีเทาอมดำ ก้านชูโคนิเดีย (conidiophore) มีการแตกกิ่ง มีสีเขียวเข้มปนเหลือง มีผนังกั้น มีขนาด 35-45×5-8 ไมโครเมตร โคนิเดีย (conidia) มีรูปร่างทรงกระบองสีเข้มมีลายขนาด 45-55×11-16 ไมโครเมตร มีผนังกั้นตามขวางและตามยาว มีผนังกั้นตามขวาง 5-8 ผนังกั้น และมีผนังกั้นตามยาว 0-4 ผนังกั้น ไม่มีก้านตรงปลายโคนิเดียและสร้างต่อกันเป็นสายโซ่ 8-10 โคนิเดีย ดังภาพที่ 2-1 *A. brassicicola* เป็นราสาเหตุโรคพืชตระกูลกะหล่ำก่อให้เกิดโรคจุดดำ เชื้อจะเจริญภายในเมล็ดและเข้าสู่ใบพืชโดยตรงหรือเข้าทางปากใบของพืช (Meena et al., 2010)

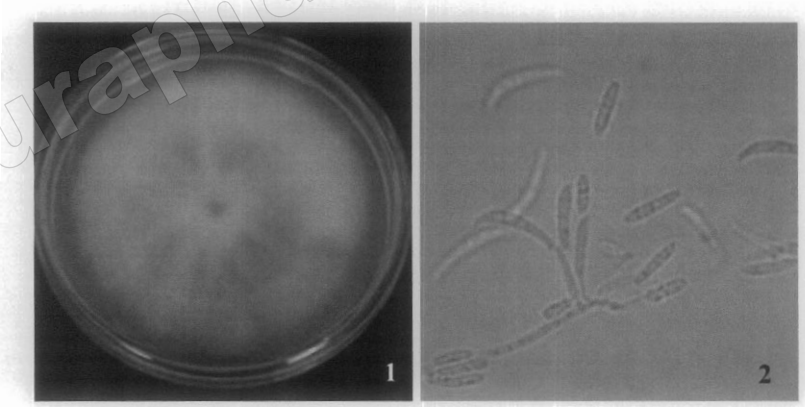


ภาพที่ 2-1 ลักษณะของ *A. brassicicola* DOAC 0436 ราสาเหตุโรคจุดดำบนพืชตระกูลกะหล่ำบนอาหาร PDA เวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส 1) ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2) ลักษณะของโคนิเดียบนก้านชูสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.2 *Fusarium oxysporum*

โคโลนีบนอาหาร Potato dextrose agar (PDA) บ่มที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 4 วัน มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 3-5.5 เซนติเมตร เส้นใยมีลักษณะฟู คล้ายขนสัตว์ มีสีค่อนข้างขาว หรือสีเหลืองอมชมพู และมีสีม่วงจาง ๆ บางสายพันธุ์อาจเกิด sporodochia สีส้ม ด้านหลังโคโลนีมีสีค่อนข้างเหลืองหรือมีแถบสีม่วง ก้านชูโคนิเดียพบการแตกกิ่งหรืออาจไม่พบการแตกกิ่ง มี phialide แบบเดี่ยวบนก้านชู พบการสร้างโคนิเดีย 2 แบบคือ โคนิเดียขนาดเล็ก (microconidia) และโคนิเดียขนาดใหญ่ (macroconidia) โดยโคนิเดียขนาดเล็กมี 0-2 ผนังกั้น เกิดบน phialide อย่างหนาแน่นมีลักษณะเป็น false heads รูปร่างและขนาดไม่แน่นอน รูปร่างรูปทรงไข่ ทรงรีถึงทรงกระบอง ผิวเรียบหรือโค้งเล็กน้อย มีขนาด 5-12×2.2-3.5 ไมโครเมตร โคนิเดียขนาดใหญ่พบได้น้อยในบางสายพันธุ์ เกิดบน phialide บนก้านชูที่แตกกิ่งหรือใน sporodochia มี 3-5 ผนังกั้น มีรูปร่างคล้ายรูปกระสวย มีขนาด 20-60×3-5 ไมโครเมตร ดังภาพที่ 2-2 พบ chlamydospores ในเส้นใยหรือในโคนิเดีย ไม่มีสี ผิวเรียบหรือผิวขรุขระ ทรงกลม มีขนาด 5-15 ไมโครเมตร อยู่แบบเดี่ยว ๆ เป็นคู่ หรือต่อเป็นสายโซ่ พบว่าเป็น saprophyte ในดินและสามารถเป็นจุลินทรีย์สาเหตุโรคพืชในพืชหลายชนิด เช่น ป่าน ถั่วลิสง ถั่วเหลือง ฝ้าย กล้วย หัวหอมใหญ่ มันฝรั่ง ส้ม แอปเปิ้ล และบีท เป็นต้น เป็นสาเหตุโรคเน่าในพืชระยะการเก็บรักษา (Samson, Hoekstra, & Frisvad, 2004)

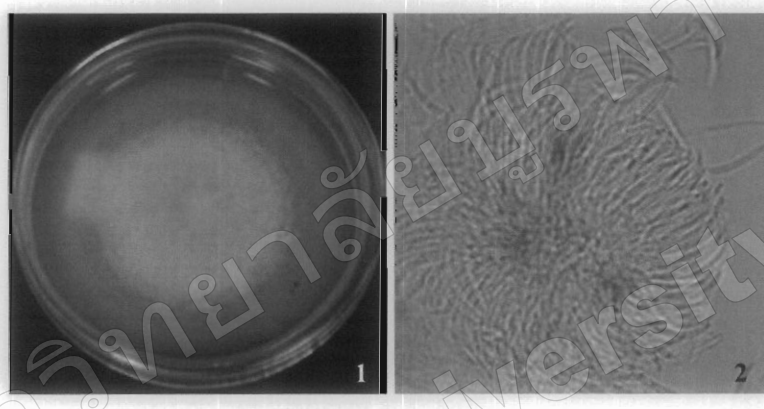


ภาพที่ 2-2 ลักษณะของ *F. oxysporum* DOAC 1808 ราสาเหตุโรคเน่าในกล้วย บนอาหาร PDA เวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส 1) ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2) ลักษณะของโคนิเดียบนก้านชูสปอร์ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

3.3 *Colletotrichum capsici*

C. capsici มีการสร้าง acervuli รูปทรงไข่และทรงกลมขนาดประมาณ 85-245 ไมโครเมตร พบ setae และสปอร์สีเทาจำนวนมาก setae มีขนาดประมาณ 70-135×5 ไมโครเมตร สีน้ำตาลเข้ม ผิวเรียบ มี 1-5 ผนังกั้น มีลักษณะปลายเรียว โคนิเดียมีขนาด 17-26×3.75 ไมโครเมตร เป็นเซลล์เดี่ยว ผิวเรียบ ไม่มีสี ลักษณะโค้งหรือรูปกระสวย ปลายเรียวทั้งสองข้าง ดังภาพที่ 2-3 *C. capsici* เป็นราสาเหตุโรคพืชทั่วโลก เช่น โรคแอนแทรคโนสในพริก (Shenoy et al., 2007)

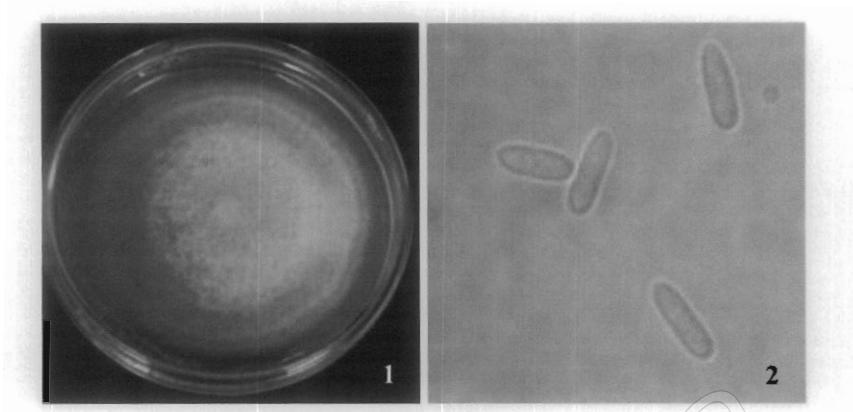


ภาพที่ 2-3 ลักษณะของ *C. capsici* DOAC 1511 ราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในพริก บนอาหาร PDA เวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส 1) ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2) ลักษณะของโคนิเดียบน conidiogenous cell ภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)

3.4 *Colletotrichum gloeosporioides*

Colletotrichum มีการสร้าง acervuli รูปร่างคล้ายจานหรือเบาะ มีลักษณะคล้ายขี้ผึ้ง สีเข้ม มีการสร้างหนามหรือ setae บริเวณกลุ่มของโคนิเดีย ซึ่งโคนิเดียเป็นรูปไข่ ไม่มีสี มี 1 เซลล์ สร้างอยู่บนก้านชูโคนิเดีย ดังภาพที่ 2-4 (Barnett & Hunter, 2006) *C. gloeosporioides* เป็นราที่พบได้ทั่วโลกและเป็นราสาเหตุโรคแอนแทรคโนส (anthracnose) ในผลไม้เขตร้อนและกึ่งเขตร้อนหลายชนิด (Freeman, Katan, & Shabi, 1996)

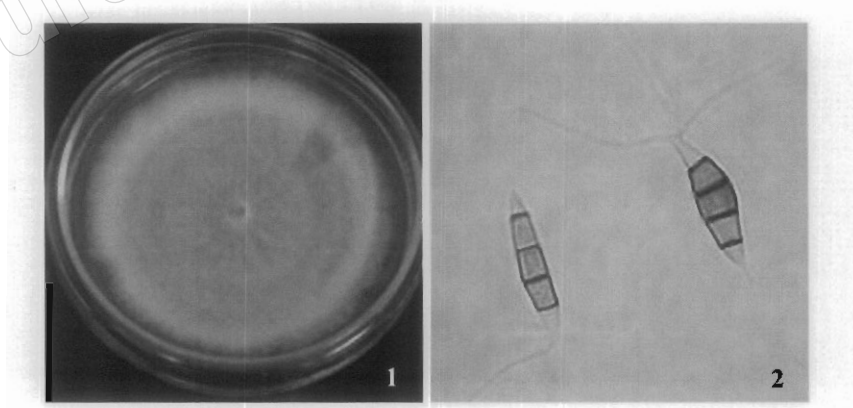
มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University



ภาพที่ 2-4 ลักษณะของ *C. gloeosporioides* DOAC 0782 ราสาเหตุโรคแอนแทรคโนสในถั่วเหลือง บนอาหาร PDA เวลา 7 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส 1) ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2) ลักษณะของโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)

3.5 *Pestalotiopsis* sp.

โคนิเดียมีรูปร่างคล้ายกระสวยแบ่งออกเป็น 5 เซลล์ กลางโคนิเดียมี 3 เซลล์ มีสีน้ำตาล เซลล์บริเวณปลายโคนิเดียไม่มีสี และบริเวณปลายโคโลนีมีรยางค์ (appendages) 2 เส้นหรือมากกว่านั้น ดังภาพที่ 2-5 (Liu, Xu, & Gua, 2007) *Pestalotiopsis* sp. พบว่าเป็น saprophyte ในดินและพืช รวมทั้งเป็นราสาเหตุโรคใบไหม้ในพืชเศรษฐกิจหลายชนิด เช่น มะม่วง มะพร้าว ข้าว และชา เป็นต้น (Joshi et al., 2009)



ภาพที่ 2-5 ลักษณะของ *Pestalotiopsis* sp. DOAC 1098 ราสาเหตุโรคใบไม้ของมังคุดบนอาหาร PDA เวลา 10 วัน ที่อุณหภูมิ 28 องศาเซลเซียส 1) ลักษณะด้านหน้าโคโลนีบนอาหาร PDA, 2) ลักษณะของโคนิเดียภายใต้กล้องจุลทรรศน์ (40X)

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4. จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุข

จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุขนั้นเป็นจุลินทรีย์ที่ก่อให้เกิดโรคกับคน หรือทำให้อาหารเสีย จุลินทรีย์ดังกล่าวจะเข้าสู่ร่างกายโดยการสัมผัส การรับประทานร่วมกับอาหาร เข้าทางบาดแผล และระบบทางเดินหายใจ จุลินทรีย์ที่มีความสำคัญทางการแพทย์และสาธารณสุข ได้แก่ *Corynebacterium diphtheriae, Vibrio cholerae, Clostridium perfringens, Bacillus, Listeria monocytogenes, Yersinia, Bordetella, E. coli, Salmonella, Shigella* และ *S. aureus* เป็นต้น (Kayser, Bienz, Eckert, & Zinkernagel 2005) จุลินทรีย์ที่นำมาใช้ในการศึกษาได้แก่ *B. cereus, E. coli, Pseudomonas aeruginosa, Salmonella* และ *S. aureus*

4.1 *Bacillus cereus*

B. cereus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปท่อน เซลล์ขนาดใหญ่มากกว่า 1 ไมโครเมตร เคลื่อนที่ เจริญได้ใน 7% โซเดียมคลอไรด์ (NaCl) ใช้ซิเตรท (citrate) และย่อย tyrosine ได้ เจริญบนอาหาร blood agar โคโลนีมีขนาดใหญ่ แบน มีการย่อยสลายเม็ดเลือดแดงแบบ β-hemolysis และสามารถสร้างสารพิษได้หลายชนิด (Drobniewski, 1993) *B. cereus* เป็นกลุ่ม endospore-forming เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคในคน สามารถติดเชื้อในระบบต่าง ๆได้ ซึ่งเป็นพิษร้ายแรงในโรคระบาดสัตว์ และสร้างความเสียหายในอาหาร (Didelot et al., 2009)

4.2 *Escherichia coli*

E. coli เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน มีขนาดประมาณ 1-3 ไมโครเมตร ไม่สร้างสปอร์ สามารถเคลื่อนที่ได้เพราะมีแฟลกเจลลา เจริญในสภาวะแบบ facultative anaerobe สามารถลดไนเตรทให้เป็นไนไตรท์ได้ หมักน้ำตาลกลูโคสได้กรดและแก๊ส (H_2 และ CO_2) เมื่อทดสอบทางชีวเคมี ให้ผลบวกสำหรับการสร้าง indole และmethyl red ให้ผลลบสำหรับ oxidase, citrate, urease และไม่สร้างแก๊สไฮโดรเจนซัลไฟด์ (Murray, Rosenthal, & Pfaller, 2009) เป็นแบคทีเรียที่ก่อให้เกิดโรคได้หลากหลายในคน เช่น ระบบทางเดินอาหาร, การติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ โรคเยื่อหุ้มสมองในเด็กแรกเกิดและโลหิตเป็นพิษ เป็นต้น อีกทั้งยังก่อให้เกิดโรคในสัตว์ได้ (Moriel et al., 2010)

4.3 *Salmonella*

Salmonella เป็นแบคทีเรียแกรมลบ รูปท่อน สามารถเคลื่อนที่ได้ด้วยแฟลกเจลลาที่อยู่รอบตัว สามารถเจริญได้ดีในสภาวะแบบ facultative anacrobe เมื่อทดสอบทางชีวเคมีสามารถหมักน้ำตาลแมนนิทอล (mannitol) และซอร์บิทอล (sorbitol) ได้ แต่ให้ผลลบกับปฏิกิริยา DNase, indole, urease และ Voges-Proskauer เชื้อที่แยกได้จากคนไข้ส่วนใหญ่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ แต่ผลนี้เปลี่ยนแปลงได้เพราะมีเพียง 50% ของเชื้อ *S.* Choleraesuis และ 10% ของเชื้อ *S.* Paratyphi A

เท่านั้นที่สร้างก๊าซไฮโดรเจนซัลไฟด์ *Salmonella* แบ่งออกเป็นกลุ่มย่อยได้เป็น 6 สปีชีส์ย่อย (subspecies) แต่เฉพาะเชื้อใน subspecies I เท่านั้นที่ก่อโรคในคนและแยกได้จากสัตว์เลือดอุ่น (Murray et al., 2009)

4.4 *Staphylococcus aureus*

S. aureus เป็นแบคทีเรียแกรมบวก รูปกลม ไม่เคลื่อนที่ ไม่สร้างสปอร์ และส่วนใหญ่ไม่สร้างแคปซูล เซลล์มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1 ไมโครเมตร เมื่อแบ่งเซลล์จะติดกันเป็นกลุ่มคล้ายพวงองุ่น เมื่อเลี้ยงบนอาหารแข็งแล้วบ่มที่อุณหภูมิ 37 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 24 ชั่วโมง โคโลนีมีลักษณะกลม มีเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 2-3 มิลลิเมตร โคโลนีเรียบ มันวาว ผิวโคโลนีขุ่น และมีโคโลนีมีสีเหลืองทอง (golden-yellow) เนื่องจากมีการสร้างรงควัตถุ สามารถสร้างเอนไซม์ coagulase ได้ (Greenwood et al., 2007) *S. aureus* มีการพัฒนาต่อการดื้อต่อยาอย่างรวดเร็ว เนื่องจากเชื้อสามารถสร้างเอนไซม์ penicillinase หรือเอนไซม์ β-lactamase ได้ จึงทำให้ *S. aureus* ดื้อต่อยากลุ่มเพนิซิลิน เช่น methicillin, nafcillin, oxacillin และ dicloxacillin เป็นต้น ยาปฏิชีวนะที่ใช้เป็นตัวเลือกในการรักษาโรคที่ติดเชื้อ *S. aureus* ได้แก่ oxacillin (สำหรับกลุ่มที่สร้างเอนไซม์ penicillinase ทำให้ดื้อต่อยาเพนิซิลิน) และ vancomycin (สำหรับสายพันธุ์ที่ดื้อต่อยา oxacillin) (Murray, Rosenthal, & Pfaller, 2005)

4.5 *Candida albicans*

C. albicans เป็นยีสต์ รูปทรงไข่ ขนาดประมาณ 3-5 ไมโครเมตร สร้าง germ tube, blastoconidia, chlamydospores, true hyphae และ pseudohyphae โคโลนีสีครีม ผิวเรียบ ผนังเซลล์ประกอบด้วย แมนแนน, กลูแคน (1, 3-β-glucans) และไคติน *C. albicans* มีความสามารถในการเจริญแบบภาวะสองรูป (domorphism) คือสามารถเจริญอยู่ในรูปแบบของยีสต์และรา (Murray et al., 2009) *C. albicans* เป็นจุลินทรีย์ประจำถิ่นในช่องปาก ระบบทางเดินอาหาร ระบบทางเดินปัสสาวะ และช่องคลอด แต่พบว่าเป็นเชื้อฉวยโอกาสที่เป็นสาเหตุโรคราแคนดิดา (candidiasis) ในคน โดยเฉพาะกับคนที่มีระบบภูมิคุ้มกันต่ำ เช่น ผู้ป่วยโรคเอดส์ เป็นต้น ดื้อต่อยาต้านราหลายชนิด เช่น fluconazole, ketoconazole, และ clotrimazole (Ferreira et al., 2010) สามารถติดเชื้อได้ทางอวัยวะสืบพันธุ์ ผิวหนังและบริเวณช่องปาก ซึ่งการติดเชื้อบริเวณช่องปากพบได้มากในกลุ่มผู้ป่วยโรคเอดส์ ยาปฏิชีวนะที่ใช้ในการรักษาโรคราแคนดิดาจาก *C. albicans* โดยตรง ได้แก่ fluconazole, echinocin, voriconazole และ lipid amphotericin-B (Anaissie, McGinnis, & Pfaller, 2009)