บทที่ 5
สรุปและอภิปรายผล

สรุปและอภิปรายผล

1. การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดอย่างหยาบของหญ้าทะเล

1.1 การทดสอบอัตราการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอม

จากการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดอย่างหยาบของ *E. acoroides* และ *Halodule pinifolia* โดยการทดสอบการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมที่ความความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 ppm และนำผลการทดสอบแต่ละความเข้มข้นมาเปรียบเทียบกับ Blank เพื่อต้องการทราบว่าสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล *E. acoroides* และ *Haldule pinifolia* มีผลทำให้ต้นผักกาดหอมมีอัตราการเจริญเติบโตที่แตกต่างไปจากสภาวะปกติหรือไม่โดยวัดอัตราการเจริญเติบโต (วัดความสูงของลำต้น) ของต้นผักกาดหอมแต่ละต้นจากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยการเจริญเติบโตแต่ละความเข้มข้นเทียบกับ Blank ซึ่งพบว่าสารสกัดอย่างหยาบของ *E. acoroides* และ *Halodule pinifolia* ที่ความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลต่ออัตราการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอม โดยอาจมีสารที่ไปยับยั้งการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอม

1.2 การทดสอบความเป็นพิษของอาร์ทีเมีย

การทดสอบความเป็นพิษของอาร์ทีเมีย โดยศึกษากับสารสกัดอย่างหยาบของหญ้าทะเล *E. acoroides* และ *Halodule pinifolia* ที่ความเข้มข้นต่าง ๆ เทียบกับตัวควบคุม โดยนำตัวอ่อนของอาร์ทีเมีย จำนวน 10 ตัวใส่ลงในแต่ละขวด ทำ 5 ซ้ำต่อความเข้มข้น หลังจาก 24 ชั่วโมง นับจำนวนตัวอ่อนของอาร์ทีเมียที่ตายในแต่ละขวด จากนั้นนำมาหาค่าเฉลี่ยแต่ละความเข้มข้น ผลการทดสอบจำนวนอาร์ทีเมียที่ตาย เฉลี่ยต่อความเข้มข้น พบว่าสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล *E. acoroides* ที่ระดับความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 ppm ทำให้อาร์ทีเมียตาย 52, 68 และ 50 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ สารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia* ที่ระดับความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 ppm ทำให้อาร์ทีเมียตาย 34, 38 และ 34 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ ส่วน Blank ที่ใช้เป็นตัวควบคุมทำให้อาร์ทีเมียตายถึง 50 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นหากสรุปตามผลการทดลองจะได้ว่าสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล *E. acoroides* แสดงฤทธิ์ยับยั้งได้ดีกว่าตัวควบคุมเล็กน้อย (ที่ความเข้ม 10, 100 และ 1,000 ppm ดีกว่าตัวควบคุม 1, 9 และ 5 % ตามลำดับ) ส่วนสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia* แสดงฤทธิ์ยับยั้งน้อยกว่าตัวควบคุม (ที่ความเข้ม 10, 100 และ 1,000 ppm น้อยกว่าตัวควบคุม 8, 6 และ 8 % ตามลำดับ) อย่างไรก็ตามหากพิจารณาในแง่ผลการ

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

ทดลองของ Blank ที่มีผลทำให้อาร์ทีเมียตายถึงครึ่งหนึ่ง ทำให้ตระหนักว่าน่าจะมีปัจจัยอื่น ๆ เช่น น้ำทะเลที่ใช้ อุณหภูมิ และความสามารถในการละลายของสาร เป็นต้น ที่ควรพิจารณาศึกษาในรายละเอียดเชิงลึกที่ส่งผลกระทบต่อการตายถึงครึ่งหนึ่งของอาร์ทีเมียใน Blank เพื่อให้ข้อมูลน่าเชื่อถือมากยิ่งขึ้น จากการศึกษาที่ผ่านมามีรายงานพบว่าสารสกัดเมทานอลจากใบหญ้าทะเล *Halodule pinifolia, E. acoroides* ที่ระดับความเข้มข้น 1,000 ppm มีผลทำให้อาร์ทีเมียตาย 50 เปอร์เซ็นต์ (พันธุ์ทิพย์ วิเศษพงษ์พันธุ์ และคณะ, 2544)

2. การศึกษาหาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากหญ้าทะเลและสาหร่ายทะเล

การศึกษาผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากหญ้าทะเล *E. acoroides* และ *Halodule pinifolia* จากอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี และ *Halophila ovalis* จากบ่อเลี้ยง โครงการพระราชดำริอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี และสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Dictyota* sp. จากหาดวอนนภา บางแสน โดยนำมาสกัดสดด้วย Methanol แยกให้บริสุทธิ์ด้วยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี โดยใช้ Flash Column Chromatography และ PTLC และพิสูจน์เอกลักษณ์โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเทคนิค 1D, 2D NMR, GC-MS และ Mass Spectrometer การสรุปและอภิปรายแบ่งเป็น 2 ส่วน คือผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากหญ้าทะเล และผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากสาหร่ายทะเล ดังนี้

2.1 ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากหญ้าทะเล

จากการศึกษาหญ้าทะเล *E. acoroides, Halodule pinifolia* และ *Halophila ovalis* ได้สารบริสุทธิ์ เป็นผลึกกำมะถัน (S_8), Indole-6-Carboxaldehyde, 13^2-Hydroxy Pheophytin a และ 13^2-Hydroxy Pheophytin b รวมทั้งการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากหญ้าทะเลแต่ละชนิดต่อเชื้อวัณโรค ดังต่อไปนี้

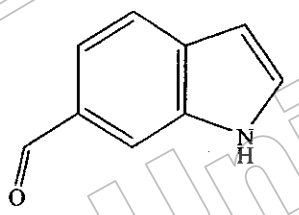
ผลึกกำมะถัน (S_8)

ผลึกกำมะถัน (S_8) แยกให้บริสุทธิ์โดยการตกผลึกด้วย Hexane ลักษณะเป็นผลึกรูปเข็มสีเหลืองอ่อน เป็นสารอนินทรีย์ที่แยกได้จากหญ้าทะเล 2 ชนิด คือ *E. acoroides* และ *Halophila ovalis* พิสูจน์เอกลักษณ์โดยการวิเคราะห์ข้อมูลจากเทคนิค GC-MS จากการวิเคราะห์ให้ m/z เท่ากับ 256 ซึ่งเป็นมวลโมเลกุลของ S_8 จากนั้นเกิดการแตกโมเลกุลเป็นลำดับจนถึง S_2 ข้อมูลที่ได้จึงยืนยันว่าเป็นผลึกกำมะถัน S_8 จากการศึกษาไม่พบผลึกกำมะถันในหญ้าทะเล *Halodule pinifolia* แต่เมื่อพิจารณาแหล่งที่เก็บหญ้าทะเล ผลึกกำมะถันที่พบในหญ้าทะเลแต่ละชนิดไม่น่าจะมีความสัมพันธ์กับแหล่งที่เก็บ เนื่องจากหญ้าทะเลทั้งสองชนิดที่พบผลึกกำมะถัน เก็บสถานที่ต่างกัน คือ หญ้าทะเล *E. acoroides* เก็บในอ่าวคุ้งกระเบน ส่วน *Halophila ovalis* เก็บจากบ่อเลี้ยง โครงการพระราชดำริอ่าวคุ้งกระเบน ขณะที่ *Halodule pinifolia* เก็บบริเวณใกล้เคียงกับ *E. acoroides* แต่ไม่พบผลึกกำมะถัน ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าหญ้าทะเลบางชนิดเท่านั้นที่สามารถสร้างผลึกกำมะถัน S_8 นอกจากนี้

การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่าผลึกกำมะถันที่แยกได้มีฤทธิ์ต้านวัณโรค (Tuberculosis) ที่ MIC 0.78 μg/ mL ซึ่งมีฤทธิ์ยับยั้งได้ดีกว่า Kanamycin (MIC = 2.5 μg/ mL) แต่อ่อนกว่า Rifampicin (0.0047 μg/ mL) และ Isoniazid (MIC = 0.05 μg/ mL) ที่ใช้เป็นตัวควบคุม

Indole-6-Carboxaldehyde

Indole-6-carboxaldehyde มีลักษณะเป็นฟิล์มสีน้ำตาลอ่อน ๆ แยกได้จากหญ้าทะเล *Halodul pinifolia* พิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค 1D, 2D NMR, Mass Spectrometer และเปรียบเทียบค่า Chemical Shift จากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra และกับโครงสร้างที่เคยมีรายงาน (Moyer et al., 1986) นอกจากนี้ Indole-6-Carboxaldehyde ที่แยกได้จากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia* ชนิดนี้มีฤทธิ์ต้านวัณโรคเช่นเดียวกับผลึกกำมะถันแต่มีฤทธิ์ยับยั้งน้อยกว่า ซึ่งสารชนิดนี้แสดงฤทธิ์ยับยั้งน้อยกว่าตัวยาที่ใช้ควบคุม (Kanamycin, Rifampicin และ Isoniazid) โดยแสดงฤทธิ์ที่ MIC 50 μg/ mL



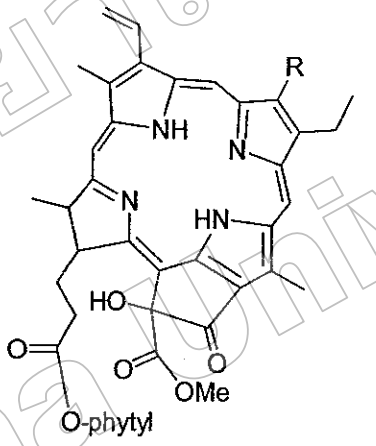
ภาพที่ 5-1 แสดงโครงสร้างของ Indole-6-Carboxaldehyde จากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia*

13^2-Hydroxy Pheophytin a และ 13^2-Hydroxy Pheopytin b

สารประกอบ13^2-Hydroxy Pheophytin a และ 13^2-Hydroxy Pheopytin b มีลักษณะเป็นผงสีเขียวดำ แยกได้จากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia* พิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค 1D, 2D NMR, Mass Spectrometer เปรียบเทียบค่า Chemical Shift จากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra และโครงสร้างใกล้เคียงที่เคยมีรายงานในส่วนของวง Porphyrin เช่น 13-*epi*-Phaeophorbide-a และ 13-*epi*-Phaeophorbide-a Methyl Ester (Duan et al., 2002) ให้ค่า Chemical Shift ใกล้เคียงกัน จากเทคนิคทางสเปกโทรสโกปีและการเปรียบเทียบค่า Chemical Shift จึงสามารถพิสูจน์โครงสร้างได้สำเร็จ ซึ่ง 13^2-Hydroxy Pheophytin a และ 13^2-Hydroxy Pheopytin b เป็นอนุพันธ์ของคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ตามลำดับ ที่เป็นรงควัตถุสีเขียวมีความสำคัญต่อกระบวนการสังเคราะห์แสง สารที่แยกได้แตกต่างจากคลอโรฟิลล์ เอ และคลอโรฟิลล์ บี ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 13^2 คือ โครงสร้างที่วิเคราะห์เป็น sp^3 Quaternary Carbon ที่มีหมู่ Hydroxyl ต่ออยู่ ขณะที่คลอโรฟิลล์ เอ และ คลอโรฟิลล์ บี เป็น sp^3 Methine carbon

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่อเชื้อวัณโรค พบว่า 13^2-Hydroxy Pheophytin a ไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้ง (13^2-Hydroxy Pheopytin b ไม่ได้ทำการทดสอบ) มีรายงานพบสารชนิดนี้ในของเสียที่ตัวไหมขับถ่ายออกมาซึ่งคลอโรฟิลล์ที่ได้แต่ละชนิดเป็นสารผสม เช่น 13^2-Hydroxy (13^2-*R, S*) Pheophytin a และ 13^2-Hydroxy (13^2-*R, S*) Pheophytin b โดยแต่ละชนิดพบในอัตราส่วน 2:1 (*R*:*S*) ตรวจสอบด้วย HPLC สารทั้งสองชนิดนี้ยังแสดงฤทธิ์ยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์เนื้องอกด้วย (Nakatani et al., 1981) นอกจากนี้ยังพบในพืชสมุนไพร *Sausurea medusa* ที่ปลูกในแถบทิเบต ประเทศจีน คือ $13^2\alpha$-Hydroxy Pheophytin a และ $13^2\beta$-Hydroxy Pheophytin a (Duan et al., 2002) และพบในต้น *Zanthoxylum schinifolium* ซึ่งพืชชนิดนี้พบในประเทศเกาหลี, จีน, ญี่ปุ่น และไต้หวัน คือ 13^2-Hydroxy (13^2- *S*) Pheophytin a (Cheng et al., 2002)



13^2-hydroxy Pheophytin a, R = CH_3

13^2-hydroxy Pheophytin b, R = CHO

ภาพที่ 5-2 แสดงโครงสร้างของ 13^2-Hydroxy Pheophytin a และ 13^2-Hydroxy Pheopytin b จากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia*

2.2 ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากสาหร่ายทะเล

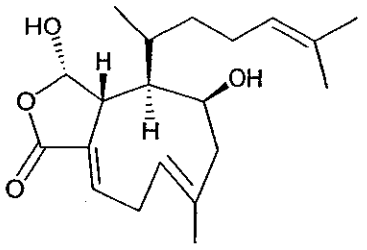
จากการศึกษาสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp. ได้สารบริสุทธิ์ในกลุ่ม Diterpene 3 ชนิด คือ 4,18-Dihydroxydictyolactone, 8α,11-Dihydroxypachydictyol A และ 4α-Hydroxycrenulide และสารในกลุ่ม Carotenoid 1 ชนิด คือ Fucoxanthin รวมทั้งการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารบริสุทธิ์แต่ละชนิดที่แยกได้จากสาหร่ายทะเลต่อเชื้อวัณโรค ดังต่อไปนี้

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

4,18-Dihydroxydictyolactone

จากการศึกษา 4,18-Dihydroxydictyolactone มีลักษณะเป็นน้ำมันสีเหลืองอ่อน เป็นสารในกลุ่ม Diterpene ชนิด Xenicane ที่มีลักษณะเป็นวงเก้าเหลี่ยมของ Carbocyclic แยกได้จากสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp. สารชนิดนี้เป็นสารตัวใหม่ที่ไม่เคยมีรายงานที่ไหนมาก่อน ซึ่งพบที่นี่เป็นครั้งแรก พิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค 1D, 2D NMR, Mass Spectrometer และเปรียบเทียบค่า Chemical Shift กับโครงสร้างใกล้เคียงที่เคยรายงาน เช่น 4-Acetoxydictyolactone (14), 4α-Acetyldictyodial (39) และจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra (ในภาคผนวก ก) ซึ่งค่า Chemical Shift ที่ได้ใกล้เคียงกัน นอกจากนี้โครงสร้างของสารชนิดนี้ยังมี Relative Stereochemistry เป็น (2*R**,3*R**,4*S**,6*E*,9*E*,18*S**)-4,18-Dihydroxydictyolactone ซึ่งได้จากการวิเคราะห์สเปกตรัมจากเทคนิค NOE Difference และ NOESY และเปรียบเทียบ Stereochemistry กับ Dictyolactone (14) จากการทำ Single-Crystal X-Ray Diffraction (Finer et al., 1979) การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่า 4,18-Dihydroxydictyolactone ที่แยกได้พบว่า มีฤทธิ์ต้านวัณโรคได้อย่างอ่อน ที่ MIC 200 µg/ mL

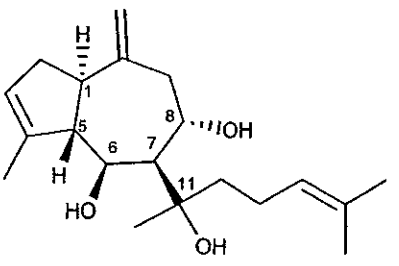
จากการศึกษาส่วนสกัดเมทานอลของ *Dictyota* sp. (48001) ที่เก็บจากหาดวอนนภา เช่นเดียวกับ *Dictyota* sp. (46009) แต่ช่วงเวลาเก็บต่างกัน โดยศึกษาหาสารใหม่ที่แยกได้จาก *Dictyota* sp. (46009) คือ 4,18-Dihydroxydictyolactone การแยกสารให้บริสุทธิ์ใช้ระบบเดียวกับที่พบใน *Dictyota* sp. (46009) และเช็ค ^{1}H-NMR เปรียบเทียบ ซึ่งพบว่าไม่พบใน *Dictyota* sp. (48001) ซึ่งการไม่พบ 4,18-Dihydroxydictyolactone อาจมีผลมาจากช่วงเวลาที่เก็บ หรือสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Dictyota* sp. (48001) และ (46009) ที่เก็บช่วงเวลาต่างกันอาจไม่ใช่ ชนิดเดียวกันก็เป็นได้



ภาพที่ 5-3 แสดงโครงสร้างของ 4,18-Dihydroxydictyolactone จากหญ้าทะเล *Dictyota* sp.

8α,11-Dihydroxypachydictyol A

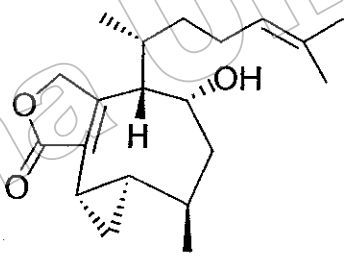
จากการศึกษาสาร 8α,11-Dihydroxypachydictyol A มีลักษณะเป็นน้ำมันสีเหลืองอ่อน เป็นสารในกลุ่ม Diterpene จำพวก Extended Sesquiterpene อีกชนิดหนึ่งที่แยกได้จากสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp. พิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค 1D, 2D NMR, Mass Spectrometer เปรียบเทียบค่า Chemical Shift จากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra และโครงสร้าง 8β,11-Dihydroxypachydictyol A (**14**) (ในภาคผนวก ก ตารางที่ ก.4) จากการเปรียบเทียบให้ค่า Chemical Shift ใกล้เคียงกัน 8β,11-Dihydroxypachydictyol A พบครั้งแรกในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Glossophora kunthii* ที่เก็บจากหมู่เกาะ Mokes ประเทศนิวซีแลนด์ (De Nys et al., 1993) ซึ่งสาหร่าย *G. kunthii* มีความสัมพันธ์อยู่ในวงศ์เดียวกับสาหร่ายที่ทำการวิจัย นอกจากนี้ยังพบว่าในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาลสกุล *Dictyota* ยังไม่เคยมีรายงาน แต่เคยมีรายงานพบสารที่มีโครงสร้างใกล้เคียงกับ 8β,11-Dihydroxypachydictyol A เช่น Acutilol A (**19**) จากสาหร่ายทะเล *D. acutiloba* (Hardt et al., 1996), Isopachydictol A (**27**) และ Dictyotatriol (**28**) จากสาหร่ายทะเล *D. dichotoma* (Duran et al., 1997) นอกจากนี้ผู้วิจัยได้ทำการศึกษา Stereochemistry โดยใช้เทคนิค NOE Difference และ NOESY พบว่าสารที่แยกได้มี Stereochemistry แตกต่างจากโครงสร้าง 8β,11-Dihydroxypachydictyol A ที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 8 จากการวิเคราะห์ทั้งสองเทคนิคให้ข้อมูลสอดคล้องกัน คือ H-8 แสดงความสัมพันธ์กับ H-5 แต่ไม่แสดงกับ H-6, H-7 และ H-1 ซึ่งแตกต่างจากที่เคยมีรายงาน คือ H-8 แสดงความสัมพันธ์กับ H-6, H-7 และ H-1 เมื่อเปรียบเทียบโครงสร้างที่วิเคราะห์กับที่รายงาน สรุปได้ว่าสารที่แยกได้เป็นสารใหม่ซึ่งเป็น Stereo isomer กับสาร (**14**) โดยมี Configuration แตกต่างกันที่คาร์บอนตำแหน่งที่ 8 จึงได้สาร 8α,11 Dihydroxypachydictyol A การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพพบว่ามีฤทธิ์ต้านวัณโรค ได้ดีกว่า 4,18-Dihydroxydictyolactone แต่อ่อนกว่า ผลึกกำมะถัน และ Indole-6-Carboxaldehyde โดยแสดงฤทธิ์ที่ MIC 100 μg/ mL



ภาพที่ 5-4 แสดงโครงสร้างของ 8α,11-Dihydroxypachydictyol Aจากสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp.

4α-Hydroxycrenulide

จากการศึกษา 4α-Hydroxycrenulide มีลักษณะเป็นน้ำมันใส เป็นสารในกลุ่ม Diterpene ชนิด Crenulatane ซึ่งมีลักษณะเป็นวงแปดเหลี่ยมต่อกับวงสามเหลี่ยมที่ C-7 และ C-9 ซึ่งสารในกลุ่มนี้ชีวสังเคราะห์มาจากสารในกลุ่ม Xenicane เช่น 4-Hydroxydictyolactone เมื่อได้รับแสงสว่าง และอยู่ในสภาวะที่เหมาะสม (Guella & Pietra, 1993) โดยพบครั้งแรกในกระเพาะอาหารของกระต่ายทะเล *Aplysia vaccaria* ที่กินสาหร่ายในสกุลนี้เป็นอาหาร (Midland et al., 1983) ผู้วิจัยพิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการวิเคราะห์โดยเทคนิค 1D, 2D NMR และเปรียบเทียบค่า Chemical Shift ของ ^{13}C NMR กับโครงสร้างที่เคยมีรายงาน (Midland et al., 1983) และ ^{1}H NMR กับโครงสร้าง 17-Acetoxy-4α-Hydroxycrenulide (König, Wright, & Sticher, 1991) และจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra (ในภาคผนวกที่ ก-6) ซึ่งมีค่า Chemical Shift ใกล้เคียงกันทุกตำแหน่ง นอกจากนี้ยังศึกษา Stereochemistry โดยเทคนิค NOE Difference ซึ่งมีความสัมพันธ์เหมือนกันทุกจุดที่ตำแหน่ง Chiral Center กับโครงสร้างที่เคยมีรายงาน ดังนั้นจึงสามารถยืนยันได้ว่าเป็นสาร 4α-Hydroxycrenulide



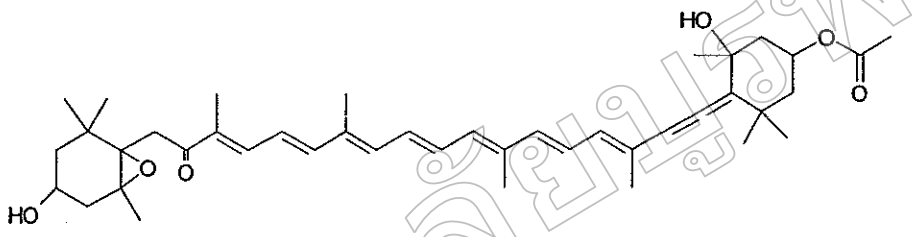
ภาพที่ 5-5 แสดงโครงสร้างของ 4α-Hydroxycrenulide จากสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp.

Fucoxanthin

จากการศึกษาสาร Fucoxanthin มีลักษณะเป็นผงสีแดงส้ม เป็นสารในกลุ่ม Carotenoid ชนิด Oxocarotenoid คือมี Oxygen ตั้งแต่หนึ่งอะตอมขึ้นไปเป็นองค์ประกอบ Fucoxanthin มีลักษณะโครงสร้างเป็น 5, 6-Monoepoxide และมีส่วนที่เป็น Allenic (-C=C=C-) ในการศึกษาครั้งนี้ผู้วิจัยแยกสารชนิดนี้ได้จากสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Dictyota* sp. พิสูจน์เอกลักษณ์โดยการวิเคราะห์สเปกตรัมจากเทคนิค 1D, 2D NMR, HR APCIMS, เปรียบเทียบค่า Chemical Shift จากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra และจากโครงสร้างที่มีรายงานแล้ว (ในภาคผนวก ก-7) จากการเปรียบเทียบพบว่ามีค่า Chemical Shift ใกล้เคียงกันจึงช่วยยืนยันโครงสร้าง

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University

อีกระดับหนึ่ง Fucoxanthin เป็นองค์ประกอบหลักในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล ซึ่งเป็นรงควัตถุที่ทำให้เกิดสีน้ำตาล พบทั่วไปในสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล เช่น *Scytosiphon lomentaria, petalonia bighamiae, Laminaria religios, Undaria pinnatifida* (Mori et al., 2004) และ *Dictyota dicotoma* (Mimuro, Katoh, & Kawai, 1990) การศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพต่อเชื้อวัณโรคพบว่าไม่แสดงฤทธิ์ยับยั้ง



ภาพที่ 5-6 แสดงโครงสร้างของ Fucoxanthin จากสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp.

ข้อเสนอแนะ

1. การแยกสารให้บริสุทธิ์ควรใช้เทคนิค HPLC เนื่องจากมีสารใกล้บริสุทธิ์หลายชนิดที่น่าสนใจ แต่ไม่สามารถแยกได้โดยใช้ PTLC เนื่องจากสารบริสุทธิ์บางชนิดที่แยกมาได้มีปริมาณน้อยมากเพราะต้องผ่านการแยกด้วย PTLC หลาย ๆ ครั้ง จึงเกิดการสูญเสียระหว่างการแยกได้

2. ควรศึกษาหา Absolute Stereochemistry ของสารในกลุ่ม Diterpen โดยใช้วิธีของ Mosher

3. ควรศึกษาหาสารในกลุ่มอื่น ๆ ในสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp. (48001) ด้วยโดยเปรียบเทียบกับ *Dictyota* sp. (46009) เพื่อศึกษาช่วงเวลาที่เก็บว่ามีผลทำให้ได้สารที่ได้แตกต่างกัน

4. จากข้อ 3 ควรทำการศึกษาให้ทราบ Species ที่ชัดเจนของ *Dictyota* sp. (48001) และ (46009) ซึ่งอาจจะเป็นสาหร่าย Species ต่างกันก็เป็นได้

5. การวิจัยครั้งนี้พบสารในกลุ่ม Diterpene ชนิด Xenicane และ Crenulatane ซึ่งเคยมีรายงานพบว่า Crenulatane มีชีวสังเคราะห์มาจาก Xenicane เพื่อศึกษาชีวสังเคราะห์ดังกล่าวควรนำ 4,18-Dihydroxydictyolactone ที่แยกได้มาทำปฏิกิริยา Photochemical Conversion น่าจะได้ผลิตภัณฑ์เป็นสาร 4,18-Dihydroxycremulide

มหาวิทยาลัยบูรพา Burapha University