

การศึกษาสารสกัดเมทานอลของหญ้าทะเล *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia*

และ *Halophila ovalis* และสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp.

เนาวรัตน์ กองคำ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา

กันยายน 2549

ISBN 974-502-897-5

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ เนาวัฒน์ กองคำ จบนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์

จกณณิ จงอร่ามเรือง

ประธาน

(ดร. จกณณิ จงอร่ามเรือง)

ป.ร.ก.พ.พ. 1๓๖/๑๖๓๖

กรรมการ

(ดร. ประภาพรรณ เตชะเสาวภาคย์)

ป.ร.ก.พ.พ. 1๓๖/๑๖๓๖

กรรมการ

(ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

จกณณิ จงอร่ามเรือง

ประธาน

(ดร. จกณณิ จงอร่ามเรือง)

ป.ร.ก.พ.พ. 1๓๖/๑๖๓๖

กรรมการ

(ดร. ประภาพรรณ เตชะเสาวภาคย์)

ป.ร.ก.พ.พ. 1๓๖/๑๖๓๖

กรรมการ

(ดร. เอกรัฐ ศรีสุข)

ป.ร.ก.พ.พ. 1๓๖/๑๖๓๖

กรรมการ

(ดร. จเร จรัสเจริญพงศ์)

ป.ร.ก.พ.พ. 1๓๖/๑๖๓๖

กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พิชายี สว่างวงศ์)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาเคมี ของมหาวิทยาลัยบูรพา

สมณิ

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร. ประทุม ม่วงมี)

วันที่ 18 เดือน กันยายน พ.ศ. 254

การวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ ระดับบัณฑิตศึกษา

จากงบประมาณคณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา

ประจำปีงบประมาณ 2548

ประกาศคุณูปการ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาให้คำปรึกษาและช่วยเหลือแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่งจากจาก ดร.จงกลณี จงอร่ามเรือง ซึ่งเป็นประธานผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์ ดร.ประภาพรพรณ เตชะเสาวภาคย์ และ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข กรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ ซึ่งทำให้ผู้วิจัยได้รับแนวทางในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้และประสบการณ์อย่างกว้างขวางในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ จึงขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิชาญ สว่างวงศ์ และ ดร.จร จรัสชญพงษ์ กรรมการสอบปากเปล่าวิทยานิพนธ์ ที่กรุณาให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไขจนทำให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณ คุณฉัตรรัตน์ น้อยรักษา และคุณสุชา มั่นคงสมบูรณ์ ที่กรุณาช่วยดำเนินการเก็บตัวอย่างหอยทะเล *Enhalus acoroides* และขอขอบคุณ คุณฉัตรรัตน์ น้อยรักษา ที่กรุณาให้ชื่อวิทยาศาสตร์ของพืชทะเลที่ทำการวิจัย

ขอขอบพระคุณ คุณนิติรัตน์ ชิมน้อย จากสถาบันวิจัยจุฬาภรณ์ ที่กรุณาช่วยเหลือในการวิเคราะห์หามวลโมเลกุลโดยเทคนิคแมสสเปกโตรเมตรี

ขอขอบคุณ ดร.คณิต สุวรรณบริรักษ์ หัวหน้าศูนย์เครื่องมือวิจัยทางเภสัชศาสตร์ ภาควิชาเภสัชเวช คณะเภสัชศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่กรุณาให้ความช่วยเหลือด้านเครื่องมือในการวิเคราะห์หาค่าการหมุนระนาบแสงโพลาไรส์

ขอขอบพระคุณ บิดามารดา และญาติพี่น้อง ของผู้วิจัยทุกคนที่ให้การสนับสนุนช่วยเหลือ และคอยเป็นกำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จนสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

เนาวรัตน์ กองคำ

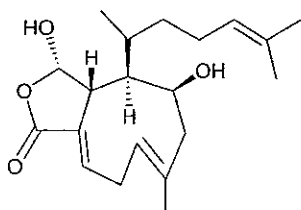
46910447: สาขาวิชา: เคมี; วท.ม. (เคมี)

คำสำคัญ: ผลิตภัณฑ์ธรรมชาติ/ *Dictyota* sp./ *Enhalus acoroides*/ *Halodule pinifolia*/

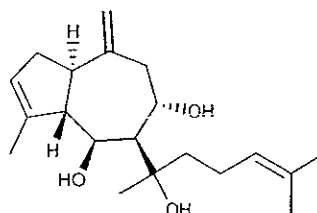
Halophila ovalis

เนาวรัตน์ กองคำ: การศึกษาสารสกัดเมทานอลของหญ้าทะเล *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia* และ *Halophila ovalis* และสาหร่ายทะเล *Dictyota* sp. (STUDIES ON CRUDE METHANOL EXTRACTS FROM SEA GRASSES *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia* AND *Halophila ovalis* AND ALGA *Dictyota* sp.) อาจารย์ผู้ควบคุมวิทยานิพนธ์: จงกลณี จงอร่ามเรือง, Ph.D., ประภาพรรณ เตชะเสาวภาคย์, Ph.D., เอกวิทย์ ศรีสุข, Ph.D. 136 หน้า. ปี พ.ศ. 2549.
ISBN 974-502-897-5

จากการศึกษาสารสกัดเมทานอลของสาหร่ายทะเลสีน้ำตาล *Dictyota* sp. ซึ่งเก็บจากชายฝั่งหาดวอนนภาบางแสน จังหวัดชลบุรี พบสารใหม่ในกลุ่ม Diterpene 2 ชนิด คือ (2*R**,3*R**,4*S**,6*E*,9*E*,18*S**)-4,18-Dihydroxydictyolactone 1 และ 8*α*,11-Dihydroxypachydictyol A 2 รวมทั้ง Fucoxanthin และ 4*α*-Hydroxycrenulide ซึ่งเป็นสารที่เคยมีรายงานแล้ว นอกจากนี้ Indole-6-Carboxaldehyde, 13²-Hydroxy Pheophytin a และ 13²-Hydroxy Pheophytin b แยกได้จากหญ้าทะเล *Halodule pinifolia* และพบผลิตภัณฑ์จากหญ้าทะเล 2 ชนิด คือ *Enhalus acoroides* และ *Halophila ovalis* หญ้าทะเลที่นำมาศึกษาทั้งสามชนิด เก็บมาจากอ่าวคุ้งกระเบน จังหวัดจันทบุรี พิสูจน์เอกลักษณ์โดยใช้ข้อมูลทางสเปกโทรสโกปี สเตอร์ไอเคมีของสารใหม่หาได้โดยใช้เทคนิค NOE difference และ NOESY นอกจากนี้ยังพบว่าสารใหม่ 1 และ 2 แสดงฤทธิ์ยับยั้งเชื้อวัณโรคได้อย่างอ่อนที่ระดับ MIC 200 µg/ mL, 100 µg/ mL ตามลำดับ ส่วนผลิตภัณฑ์และ Indole-6-Carboxaldehyde ยับยั้งเชื้อวัณโรคได้ดีมากที่ระดับ MIC 0.78 µg/ mL และ MIC 50 µg/ mL ตามลำดับ



1



2

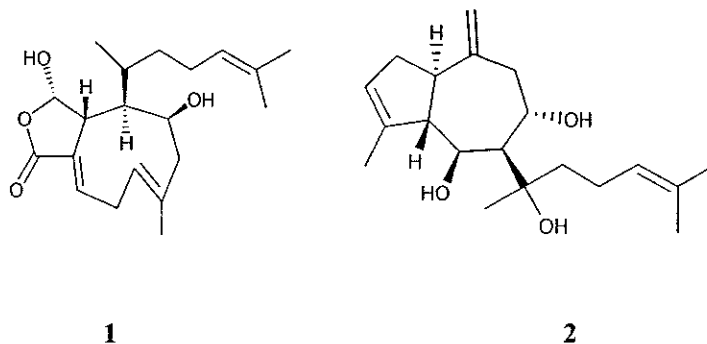
46910447: MAJOR: CHEMISTRY; M.Sc. (CHEMISTRY)

KEYWORDS: NATURAL PRODUCTS/ *Dictyota* sp./ *Enhalus acoroides*/

Halodule pinifolia/ *Halophila ovalis*

NAOWARAT KONGKAM: STUDIES ON CRUDE METHANOL EXTRACTS FROM SEA GRASSES *Enhalus acoroides*, *Halodule pinifolia* AND *Halophila ovalis* AND ALGA *Dictyota* sp. THESIS ADVISORS: JONGKOLNEE JONGARAMRUONG, Ph.D., PRAPAPAN TECHASAUVAPAK, Ph.D., EKARUTH SRISOOK, Ph.D. 136 P. 2006. ISBN 974-502-897-5

Two new diterpenes, (2*R**,3*R**,4*S**,6*E*,9*E*,18*S**)-4,18-dihydroxydictyolactone **1** and 8*α*,11-dihydroxypachydictyol **2** A, together with fucoxanthin and a known diterpene, 4*α*-hydroxycrenulide were isolated from the methanol extract of brown alga *Dictyota* sp., collected from Hard-Wonnapa, Bangsaen, Chon Buri. Moreover, indole-6-carboxaldehyde, 13²-hydroxy pheophytin a and 13²-hydroxy pheophytin b were isolated from sea grass *Halodule pinifolia* and the crystals of S₈ were isolated from sea grasses *Enhalus acoroides* and *Halophila ovalis*. The studied sea grasses were collected from Kung Krabaen Bay, Chantaburi. The structures were elucidated on the basis of spectroscopic techniques, and relative stereochemistry of the new compounds was established by NOE difference and NOESY experiments. The new diterpenes **1** and **2** showed weak activity against tuberculosis at MIC 200 and 100 µg/ mL, respectively. In addition, sulfur and indole-6-carboxaldehyde exhibited strong activity at MIC 0.78 and 50 µg/ mL, respectively.



สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ฌ
สารบัญภาพ.....	ฉ
บทที่	
1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญ.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	2
ความสำคัญของการวิจัย.....	2
ขอบเขตของการวิจัย.....	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	4
ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับหญ้าทะเลและสาหร่ายทะเล.....	4
ลักษณะสำคัญของหญ้าทะเลและสาหร่ายทะเลที่ทำการศึกษา.....	6
การศึกษาคุณสมบัติทางเคมีของหญ้าทะเล และสาหร่ายทะเล.....	7
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	20
อุปกรณ์และสารเคมี.....	20
วิธีดำเนินการวิจัย.....	21
4 ผลการวิจัย.....	26
ผลการทดสอบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารสกัดอย่างหยาบ.....	26
ผลการทดสอบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพในต้นผักกาดหอม.....	26
ผลการทดสอบความเป็นพิษ (Toxicity Test) ต่ออาร์ทีเมีย.....	31
ผลการสกัดและการแยกสารบริสุทธิ์จากหญ้าทะเลและสาหร่ายทะเล.....	32
ผลการสกัดและการแยกสารบริสุทธิ์จากหญ้าทะเล <i>E. acoroides</i> และ	
<i>Halophila ovalis</i>	32
ผลการสกัดและการแยกสารบริสุทธิ์จากหญ้าทะเล <i>Halodule pinifolia</i>	32
ผลการสกัดและการแยกสารบริสุทธิ์จากสาหร่ายทะเล <i>Dictyota</i> sp.....	33

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ค่า R_f ของสารบริสุทธิ์.....	38
ผลการวิเคราะห์โครงสร้างผลิตภัณฑ์ธรรมชาติจากหญ้าทะเลและสาหร่ายทะเล.....	39
โครงสร้างของผลิตภัณฑ์ (S ₈).....	39
โครงสร้างของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	40
โครงสร้างของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin a.....	44
โครงสร้างของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin b.....	51
โครงสร้างของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	56
โครงสร้างของ 8 α ,11-Dihydroxypachydictyol A	74
โครงสร้างของ 4 α -Hydroxycrenulide.....	87
โครงสร้างของ Fucoxanthin.....	94
ผลการศึกษาการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารบริสุทธิ์.....	101
5 อภิปรายและสรุปผล.....	104
อภิปรายและสรุปผล.....	104
ข้อเสนอแนะ.....	111
บรรณานุกรม.....	112
ภาคผนวก.....	116
ภาคผนวก ก ตารางแสดงค่า Chemical Shift จากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra Version 5.0 และกับโครงสร้างที่มีรายงาน.....	117
ภาคผนวก ข ตารางบันทึกการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอม.....	127
ภาคผนวก ค การทดสอบการออกฤทธิ์ต่อเชื้อวัณโรค.....	134
ประวัติย่อของผู้วิจัย.....	136

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
4-1 แสดงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม ที่ความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 ppm ของสารสกัดอย่างหยาบ <i>E. acoroides</i> เทียบกับ Blank.....	27
4-2 แสดงอัตราการเจริญเติบโตเฉลี่ยของต้นผักกาดหอม ที่ความเข้มข้น 10, 100 และ 1,000 ppm ของสารสกัดอย่างหยาบ <i>Halodule pinifolia</i> เทียบกับ Blank.....	29
4-3 จำนวนอาร์ทีเมีย (ตัว) ที่ตายจากการทดสอบความเป็นพิษของสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้ําทะเล <i>E. acoroides</i> และ <i>Halodule pinifolia</i> เทียบกับ Blank ที่เวลา 24 ชั่วโมง.....	31
4-4 แสดงค่า R_f ของสารบริสุทธิ์ที่แยกได้จากหญ้ําทะเลและสาหร่ายทะเล.....	38
4-5 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ^{13}C , ^1H NMR, COSY และ HMBC ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	41
4-6 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ^{13}C , ^1H NMR, COSY และ HMBC ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin a.....	47
4-7 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ^{13}C , ^1H NMR, COSY และ HMBC ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin b ในส่วนของวง Porphyrin	52
4-8 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ^{13}C , ^1H NMR, COSY, HMBC และ NOESY ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	60
4-9 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัมของ ^{13}C , ^1H NMR, COSY, HMBC และ NOESY ของ 8 α ,11-Dihydroxypachydictyol A.....	77
4-10 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัมของ ^{13}C , ^1H NMR, COSY, HMBC ของ 4 α -Hydroxycrenulie	89
4-11 ข้อมูลจากการวิเคราะห์สเปกตรัม ^{13}C , ^1H NMR, COSY และ HMBC ของ Fucoxanthin	97
4-12 แสดงผลการทดสอบการออกฤทธิ์ทางชีวภาพของสารบริสุทธิ์.....	101
ก-1 แสดงค่า Chemical Shift ^1H และ ^{13}C NMR ของ Indol-6-Carboxaldehyde ที่มีรายงานและจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra.....	118
ก-2 แสดงค่า Chemical Shift ^1H และ ^{13}C NMR ของ 13- <i>epi</i> -Phaeophorbide-a และจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra.....	118

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
ก-3 ค่า Chemical Shift จากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra ในส่วนของ Phytyl ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin a.....	120
ก-4 แสดงค่า Chemical Shift ^1H และ ^{13}C NMR ของ 4-Acetoxydictyolactone ที่มีรายงาน และจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	121
ก-5 แสดงค่า Chemical Shift ^1H และ ^{13}C NMR ของ 8β ,Dihydroxypachydictyol A ที่มีรายงานและจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra.....	122
ก-6 แสดงค่า Chemical Shift ^1H และ ^{13}C NMR ของ 4α -Hydroxycrenulide ที่มีรายงาน และจากการคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra.....	123
ก-7 แสดงค่า Chemical Shift ^1H และ ^{13}C NMR ของ Fucoxanthin ที่มีรายงานและจาก การคำนวณโดยโปรแกรม CS ChemDraw Ultra.....	124
ข-1 อัตราการเจริญเติบโต (cm) ของต้นผักกาดหอมในวันที่ 6-7 มกราคม 2548 ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล เทียบกับ Blank.....	128
ข-2 อัตราการเจริญเติบโต (cm) ของต้นผักกาดหอมในวันที่ 8-9 มกราคม 2548 ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล เทียบกับ Blank.....	129
ข-3 อัตราการเจริญเติบโต (cm) ของต้นผักกาดหอมในวันที่ 10-11 มกราคม 2548 ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล เทียบกับ Blank.....	130
ข-4 อัตราการเจริญเติบโต (cm) ของต้นผักกาดหอมในวันที่ 12-13 มกราคม 2548 ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล เทียบกับ Blank.....	131
ข-5 อัตราการเจริญเติบโต (cm) ของต้นผักกาดหอมในวันที่ 14-15 มกราคม 2548 ที่ความ เข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดอย่างหยาบจากหญ้าทะเล เทียบกับ Blank.....	132

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2-1 แสดงโครงสร้างของ <i>p</i> -Hydroxybenzoic Acid 1, Vanillic Acid 2 และ Glucosyl 4-(4-Hydroxybenzoxy)-3-Methoxybenzoate 3.....	8
2-2 แสดงโครงสร้างของ Caffeic Acid 4 และ Chicoric Acid 5	9
2-3 แสดงโครงสร้างของ Quercetin 6 และ Isorhamnetin 7	9
2-4 แสดงโครงสร้างของ <i>p</i> -(Sulphoxy) Cinnamic Acid 8	10
2-5 แสดงโครงสร้างของ Luteolin 7- <i>O</i> - β -D-Glucopyranosyl-2''-Sulfate 9	10
2-6 แสดงโครงสร้างของ Cyclic Pentadepsipeptide Sansavamide 10	11
2-7 กระบวนการชีวสังเคราะห์ของสารในกลุ่ม Diterpene ที่พบในวงศ์ Dictyotaceae.....	12
2-8 แสดงโครงสร้างของ Dictyodial 11, Dictyodiol 12 และ Dictyolactone 13	13
2-9 แสดงโครงสร้างของ 4-Acetoxydictyolactone 14, Dictyotalide A 15, Dictyotalide B 16 และ Nordictyotalide 17	14
2-10 แสดงโครงสร้างของ 8 β -11-Dihydroxypachydictyol A 18	14
2-11 แสดงโครงสร้างของ Acutilol A 19, Acutilol A Acetate 20 และ Acutilol B 21	15
2-12 แสดงโครงสร้างของ 5,6,18-Triacetoxy-10-Hydroxy-2,7-Dolabelladiene 22, 18-Acetoxy-10-Hydroxy-2,7-Dolabelladine 23, 5-Acetoxy-10,18-Dihydroxy-2,7- Dolabelladinene 24, 7,8-Epoxy-3,18-Dolabelladiene 25, 18-Acetoxy-2,7- Dolabelladiene 26, Isopachydictiol A 27 และ Dictyotatriol A 28	16
2-13 แสดงโครงสร้างของ (6 <i>R</i>)-6-Hydroxydichotoma-3,14-Diene-1,17-Dial 29 และ Acetatedichotoma 30	17
2-14 แสดงโครงสร้างของ Isopachydictyolal 31 และ 4 α -Acetyldictyodial 32	17
2-15 แสดงโครงสร้างของ 10,18-Diacetoxy-8-Hydroxy-2,6-Dolabelladine 33, 10-Acetoxy- 8,18-Dihydroxy-2,6-Dolabelladine 34 และ 8,10,18-Trihydroxy-2,6-Dolabelladine 35 ...	18
2-16 แสดงโครงสร้างของ Dictyone Acetate 36, Dictyol F Monoacetate 37, Isodictytriol Monoacetate 38, Cystoseirol Monoacetate 39	19
3-1 แสดงวิธีการสกัดและการแยกสารให้บริสุทธิ์โดยเทคนิคทางโครมาโทกราฟี.....	23
3-2 แสดงการเลือกเทคนิคการเกิด Ionization ในการวิเคราะห์หามวลโมเลกุลของสาร.....	24

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-1 กราฟการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัดอย่าง หยาบ <i>E. acoroides</i> เทียบกับ Blank.....	28
4-2 กราฟการเจริญเติบโตของต้นผักกาดหอมที่ความเข้มข้นต่าง ๆ ของสารสกัด อย่างหยาบ <i>Halodule pinifolia</i> เทียบกับ Blank.....	30
4-3 แผนผังแสดงการแยกสารบริสุทธิ์ Indole-6-Carboxaldehyde, 13 ² -Hydroxy Pheophytin a และ 13 ² -Hydroxy Pheophytin b.....	33
4-4 แสดงผังการแยกสารบริสุทธิ์ 4,18-Dihydroxydictyolactone และ Fucoxanthin จาก <i>Dictyota</i> sp.....	35
4-5 แสดงผังการแยกสารบริสุทธิ์ 4,18-Dihydroxydictyolactone เพิ่มจาก Fraction 3.1 และ 8 α ,11-Dihydroxypachydictyol A.....	36
4-6 แสดงผังการแยกสารบริสุทธิ์ 8 α ,11-Dihydroxypachydictyol A และ 4 α -Hydroxycrenulide จาก <i>Dictyota</i> sp.....	37
4-7 สเปกตรัมที่แสดง m/z ของผลิตภัณฑ์ S ₈ จากเทคนิค GC-MS.....	39
4-8 แสดงความสัมพันธ์โดย ¹ H- ¹ H COSY และ HMBC ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	40
4-9 สเปกตรัม ¹ H-NMR ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	42
4-10 สเปกตรัม ¹³ C-NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	42
4-11 สเปกตรัม HMQC ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	43
4-12 สเปกตรัม HMBC ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	43
4-13 สเปกตรัม COSY ของ Indole-6-Carboxaldehyde.....	44
4-14 แสดงความสัมพันธ์โดย ¹ H- ¹ H COSY และ HMBC ของโครงสร้างย่อย a (Porphyrin).....	45
4-15 แสดงความสัมพันธ์โดย ¹ H- ¹ H COSY และ HMBC ของโครงสร้างย่อย b (Phytol).....	46
4-16 แสดงการเชื่อมต่อของโครงสร้าง a และ b โดยใช้ความสัมพันธ์ HMBC ของสาร 13 ² -Hydroxy Pheophytin a.....	46
4-17 สเปกตรัม ¹ H NMR ของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin a	49
4-18 สเปกตรัม ¹³ C NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin a	49
4-19 สเปกตรัม HMQC ของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin a.....	50
4-20 สเปกตรัม HMBC ของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin a.....	50

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-21 สเปกตรัม COSY ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin a.....	51
4-22 แสดงความสัมพันธ์โดย HMBC ของโครงสร้าง 13^2 -Hydroxy Pheophytin b.....	52
4-23 สเปกตรัม ^1H NMR ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin b.....	54
4-24 สเปกตรัม ^{13}C NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin b.....	54
4-25 สเปกตรัม HMQC ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin b.....	55
4-26 สเปกตรัม HMBC ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin b.....	55
4-27 สเปกตรัม COSY ของ 13^2 -Hydroxy Pheophytin b.....	56
4-28 แสดงความสัมพันธ์ของ ^1H - ^1H COSY ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	57
4-29 แสดงความสัมพันธ์ของ HMBC ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	58
4-30 แสดงความสัมพันธ์ NOE Difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	59
4-31 แสดงโครงสร้างที่มี Relative Stereochemistry ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	59
4-32 สเปกตรัมของ ^1H NMR ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	61
4-33 สเปกตรัม ^{13}C NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	62
4-34 สเปกตรัม HMQC ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	63
4-35 สเปกตรัม HMBC ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	64
4-36 สเปกตรัม ^1H - ^1H COSY ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	65
4-37 สเปกตรัม NOESY ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone.....	66
4-38 สเปกตรัม NOE Difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-2.....	67
4-39 สเปกตรัม NOE difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-3.....	68
4-40 สเปกตรัม NOE difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-4.....	69
4-41 สเปกตรัม NOE difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-18.....	70
4-42 สเปกตรัม NOE difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-17.....	71
4-43 สเปกตรัม NOE difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-20.....	72
4-44 สเปกตรัม NOE difference ของ 4,18-Dihydroxydictyolactone โดย Irradiate ที่ H-9.....	73
4-45 แสดงความสัมพันธ์โดย ^1H - ^1H COSY ของ 8 α ,11-Dihydroxypachydictyol A.....	74
4-46 แสดงความสัมพันธ์โดย HMBC ของ 8 α ,11-Dihydroxypachydictyol A.....	75
4-47 แสดง Stereochemistry โครงสร้างแบบ I และ II ของ 8,11-Dihydroxypachydictyol A.....	76

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-48 แสดง Stereochemistry โครงสร้างแบบ I ($8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A) กับ โครงสร้าง III ($8\beta,11$ -Dihydroxypachydiol A).....	76
4-49 สเปกตรัม ^1H NMR ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A.....	78
4-50 สเปกตรัม ^{13}C NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A...	79
4-51 สเปกตรัม HMQC ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A.....	80
4-52 สเปกตรัม HMBC ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A.....	81
4-53 สเปกตรัม COSY ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A.....	82
4-54 สเปกตรัม NOESY ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A.....	83
4-55 สเปกตรัม NOE Difference ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A โดย Irradiate ที่ H-8.	84
4-56 สเปกตรัม NOE Difference ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A โดย Irradiate ที่ H-7.	85
4-57 สเปกตรัม NOE Difference ของ $8\alpha,11$ -Dihydroxypachydiol A โดย Irradiate ที่ H-19	86
4-58 แสดงความสัมพันธ์โดย ^1H - ^1H COSY ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	87
4-59 แสดงความสัมพันธ์โดย HMBC ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	88
4-60 แสดงโครงสร้างที่มี Stereochemistry ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	88
4-61 สเปกตรัม ^1H NMR ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	90
4-62 สเปกตรัม ^{13}C NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	90
4-63 สเปกตรัม HMQC ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	91
4-64 สเปกตรัม HMBC ของ 4α -hydroxycrenulide.....	91
4-65 สเปกตรัม COSY ของ 4α -Hydroxycrenulide.....	92
4-66 สเปกตรัม NOE Difference ของ 4α -Hydroxycrenulide โดย Irradiate ที่ H-4.....	92
4-67 สเปกตรัม NOE Difference ของ 4α -Hydroxycrenulide โดย Irradiate ที่ 7	93
4-68 สเปกตรัม NOE Difference ของ 4α -Hydroxycrenulide โดย Irradiate ที่ 20.....	93
4-69 แสดงความสัมพันธ์โดย ^1H - ^1H COSY และ HMBC โครงสร้างย่อย c ของ Fucoxanthin ..	95
4-70 แสดงความสัมพันธ์โดย ^1H - ^1H COSY และ HMBC โครงสร้างย่อย d ของ Fucoxanthin ..	96
4-71 แสดงโครงสร้างของ Fucoxanthin	96
4-72 สเปกตรัม ^1H NMR ของ Fucoxanthin.....	99
4-73 สเปกตรัม ^{13}C NMR, DEPT 90 และ DEPT 135 ของ Fucoxanthin.....	99

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
4-74 สเปกตรัม HMQC ของ Fucoxanthin.....	100
4-75 สเปกตรัม HMBC ของ Fucoxanthin.....	100
4-76 สเปกตรัม COSY ของ Fucoxanthin.....	101
5-1 แสดงโครงสร้างของ Indole-6-Carboxaldehyde จากหญ้าทะเล <i>Halodule pinifolia</i>	106
5-2 แสดงโครงสร้างของ 13 ² -Hydroxy Pheophytin a และ 13 ² -Hydroxy Pheopytin b จากหญ้าทะเล <i>Halodule pinifolia</i>	107
5-3 แสดงโครงสร้างของ 4,18-Dihydroxydictyolactone จากสาหร่ายทะเล <i>Dictyota</i> sp.	108
5-4 แสดงโครงสร้างของ 8 α ,11-dihydroxypachydictyol A จากสาหร่ายทะเล <i>Dictyota</i> sp.	109
5-5 แสดงโครงสร้างของ 4 α -Hydroxycrenulide จากสาหร่ายทะเล <i>Dictyota</i> sp.	110
5-6 แสดงโครงสร้างของ Fucoxanthin จากสาหร่ายทะเล <i>Dictyota</i> sp.	111