การสกัดสารเรืองแสงจากเกล็ดปลากระพงขาว *Lates calcarifer* Bloch, 1790

นาย ประดิษฐ์ ปราโมทย์ธนา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาเคมีเทคนิค ภาควิชาเคมีเทคนิค
คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2545

ISBN 974-17-1255-3

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

PHOTOLUMINESCENCE EXTRACTION FROM SCALES OF SEABASS *Lates calcarifer* Bloch, 1790

Mr. Pradit Pramotethana

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Master of Science in Chemical Technology

Department of Chemical Technology

Faculty of Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2002

ISBN 974-17-1255-3

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วข้อวิทยานิพนธ์	การสกัดสารเรืองแสงจากเกล็ดปลากระพงขาว *Lates calcarifer* Bloch, 1790
โดย	นาย ประดิษฐ์ ปราโมทย์ธนา
สาขาวิชา	เคมีเทคนิค
อาจารย์ที่ปรึกษา	รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม	ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ

คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร. วันชัย โพธิ์พิจิตร)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ศาสตราจารย์ ดร.ภัทรพรรณ ประศาสน์สารกิจ)

..... อาจารย์ที่ปรึกษา
(รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ศาสตราจารย์ ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ งามประเสริฐสิทธิ์)

..... กรรมการ
(รองศาสตราจารย์ เสาวรจน์ ช่วยจุลจิตร์)

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประดิษฐ์ ปราโมทย์ธนา : การสกัดสารเรืองจากเกล็ดปลากระพงขาว *Lates calcarifer* Bloch, 1790 (PHOTOLUMINESCENCE EXTRACTION FROM SCALES OF SEABASS *Lates calcarifer* Bloch, 1790) อ. ที่ปรึกษา : รศ.ดร. ธราพงษ์ วิทิตศานต์ , อ. ที่ปรึกษาร่วม : ศ.ดร. สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ, จำนวนหน้า 80 หน้า. ISBN 974-17-1255-3

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาตัวแปรต่างๆที่ใช้ในการสกัดสารเรืองแสงจากเกล็ดปลากระพงขาว คือ เวลาที่ใช้ในการสกัด อุณหภูมิ ชนิดของตัวทำละลาย และอัตราส่วนเกล็ดปลาต่อปริมาณตัวทำละลาย เพื่อให้ผลของการสกัดสารเรืองแสงให้ได้ปริมาณมาก และ ยังคงคุณภาพการเรืองแสงที่ดี โดยใช้ค่าความเรืองแสงของสารเรืองแสงที่สกัดได้เป็นตัวกำหนดคุณภาพ เพื่อที่จะขยายผลต่อไปในการผลิตระดับอุตสาหกรรม ดำเนินการศึกษาทดลองหาภาวะที่เหมาะสมในการสกัดสารเรืองแสงจากเกล็ดปลากระพง โดยใช้ตัวทำละลาย 4 ชนิด คือ เมทานอล คลอโรฟอร์ม เตตระไฮโดรฟูแรน และ ไดเมทิลฟอร์มาไมด์ เปรียบเทียบปริมาณสารที่สกัดได้เมื่อระยะเวลาที่ใช้ในการสกัด 1 วัน 1.5 วัน 2 วัน และ 7 วัน และเปรียบเทียบปริมาณสารที่สกัดได้ที่อุณหภูมิห้องกับที่อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส เปรียบเทียบปริมาณสารที่สกัดได้โดยใช้อัตราส่วนของเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1:5 1:10 1:20 และ 1:30 ซึ่งจากผลการทดลองสามารถที่สรุปได้ว่าตัวแปรทั้ง 4 ที่ทำการศึกษานั้นมีผลต่อปริมาณสารที่สกัดได้

จากการเปรียบเทียบปริมาณสารที่สกัดได้ที่ภาวะต่างๆ พบว่า เวลา 1.5 วัน อัตราส่วนของเกล็ดปลาต่อปริมาณตัวทำละลายที่ 1: 20 อุณหภูมิที่จุดเดือดของตัวทำละลาย ให้ประสิทธิภาพที่ดีสุดในการสกัด

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา.....เคมีเทคนิค..... ลายมือชื่อนิสิต.....

สาขาวิชา.....เคมีเทคนิค.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....

ปีการศึกษา.....2545.....ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

4372323023 : MAJOR CHEMICAL TECHNOLOGY

KEY WORD: ORAGANIC LIGHT-EMITTING DEVICES / DYE-DOPED / LUMINESCENT MATERIALS

PRADIT PRAMOTETHANA : (PHOTOLUMINESCENCE EXTRACTION FROM SCALES OF SEA BASS *Lates calcarifer* Bloch, 1790). THESIS ADVISOR : ASSOC. PROF. THARAPONG VITIDSANT, Ph.D, THESIS COADVISOR : PROF.SOMSAK DAMRONGLERD , Ph.D,80 pp. ISBN 974-17-1255-3

This research is to study several variables on the photoluminescence extraction from scales of sea bass such as time, temperature, type of solvents, and ratio between the amount of solvent and the scales. The objective is to obtain the large amount and the best quality of photoluminescence from extraction . This research uses the value of photoluminescence as the indicator to determine its quality for the objective of production in the industrial level. Regarding to the solvent , this research focuses on 4 types of solvent which are Methanol, Chloroform, THF, and DMF. The amount of photoluminescence extract will be compared by using the variable of time for extraction 1 day, 1.5 days, 2 days, and 7 days. Moreover, it will also be compared by using the variable of the temperature between the room temperature and the temperatures of 60 – 70°C Additionally, the amount of photoluminescence from extraction will be compared in term of variable of ratio between the amount of dissolution and the scales – 1:5, 1:10, 1:20, 1:30. From the experiment, it is found that 4 variables have an impact on the amount of photoluminescence extraction.

From comparison, it is discovered that time (1.5 days), ratio between the amount of solvent and the scales (1:20), and temperature (the boiling point of solvent) is the best condition for extraction.

Department.....Chemical Technology.....Student's signature.....

Field of study.....Faculty of Science.....Advisor's signature.....

Academic year .....2002.....Co-advisor's signature.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยความช่วยเหลืออย่างดียิ่งของ รองศาสตราจารย์ ดร.ธราพงษ์ วิทิตศานต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และศาสตราจารย์ดร.สมศักดิ์ ดำรงค์เลิศ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ให้คำปรึกษา แนะนำและช่วยเหลือในการทำการวิจัยในครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

ขอขอบคุณ นางสาวสุกมล หิญชีระนันทน์ นางสาวสิริพร โรจนขจร และ นางสาวดวงพร สาระมาศ ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำการวิจัย จนสามารถดำเนินการวิจัยได้ด้วยดีมาตลอด และขอขอบคุณ เจ้าหน้าที่ทุกท่านในภาควิชาเคมีเทคนิค ร่วมทั้งเพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ในภาควิชาเคมีเทคนิค ที่ได้เป็นกำลังใจในการสนับสนุนช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์มาโดยตลอด

สุดท้ายนี้ขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และ พี่น้อง ที่เป็นกำลังใจในการช่วยเหลือและสนับสนุนทุกอย่างเสมอมาจนสำเร็จการศึกษา

ประดิษฐ์ ปราโมทย์ธนา

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....จ
กิตติกรรมประกาศ.....ฉ
สารบัญ.....ช
สารบัญตาราง.....ญ
สารบัญภาพ.....ฏ
บทที่
1. บทนำ.....1
1.1 ความสำคัญและที่มาของโครงการ.....1
1.2 วัตถุประสงค์.....2
1.3 ขอบเขตการวิจัย.....2
1.4 ขั้นตอนการดำเนินงานวิจัย.....2
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....3
2. วารสารปริทัศน์.....4
2.1 ชนิดของการเปล่งแสง.....4
2.1.1 Photoluminescence.....4
2.1.2 Chemical luminescence.....4
2.1.3 Radioluminescence.....4
2.2 หลักการของโฟโตลูมิเนสเซนซ์.....4
2.2.1 กระบวนการกระตุ้น.....4
2.2.2 กระบวนการลดระดับพลังงาน.....7
2.3 แฟกเตอร์ต่างๆที่มีผลต่อฟลูออเรสเซนซ์และฟอสฟอเรสเซนซ์.....8
2.3.1 ผลจากโครงสร้างของโมเลกุล.....8
2.3.2 ผลของโครงสร้างที่ยึดกันแน่น.....11
2.3.3 ผลของ Quantum yield หรือ Quantum efficiency.....11
2.3.4 ผลจากสภาพแวดล้อม.....14
2.3.4.1 ผลของตัวทำละลายต่อการเกิดฟลูออเรสเซนซ์.....14
2.3.4.2 ผลกระทบของอุณหภูมิต่อการเกิดฟลูออเรสเซนซ์.....16
2.3.4.3 ผลของการเปลี่ยนแปลง pH ต่อการเกิดฟลูออเรสเซนซ์.....16

หน้า

2.3.4.4 ผลของการเกิดพันธะไฮโดรเจน.....17
2.3.4.5 ผลจากอ๊อกซิเจนที่ละลายอยู่.....17
2.3.4.6 ผลจากสารเคมีอื่นๆที่เป็นสารเจือปน.....17
2.3.4.7 ผลของความเข้มข้นที่มีต่อความเข้มของฟลูออเรสเซนซ์.....17
2.4 ข้อจำกัดของเทคนิคฟลูออเรสเซนซ์ และ ฟอสฟอเรสเซนซ์สเปกโทรสโกปี.....19
2.5 ส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฟลูออเรสเซนซ์ และ ฟอสฟอเรสเซนซ์ สเปกโทรโฟโตมิเตอร์.....22
2.5.1 แหล่งกำเนิดแสง.....24
2.5.2 เซลล์ที่ใส่สารตัวอย่าง.....26
2.5.3 เครื่องวัดฟลูออเรสเซนซ์.....27
2.5.4 เครื่องบันทึกสัญญาณและเครื่องประมวล.....28
2.6 ทฤษฎีการสกัด.....31
2.6.1 การสกัดสารออกจากของเหลวด้วยของเหลว.....31
2.6.2 การแยกสกัดสารออกจากของแข็งด้วยของเหลว.....31
2.6.2.1 ขั้นตอนต่างๆของขบวนการสกัด.....31
2.6.2.2 กลไกของการสกัด..... 32
2.7 ปลากระพงขาว.....32
2.7.1 ลักษณะโดยทั่วๆไป.....32
2.7.2 การแพร่กระจาย.....33
2.7.3 การแยกเพศ.....34
2.7.4 การจัดลำดับทางอนุกรมวิธาน.....35
2.7.5 ชื่อปลากระพงขาว.....35
2.8 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....36
3 การดำเนินงานทดลอง.....37
3.1 รูปแบบการศึกษา.....37
3.2 เครื่องมือและอุปกรณ์ที่ใช้ในงานวิจัย.....37
3.3 วัสดุและสารเคมี.....37
3.4 วิธีการทดลอง.....38

หน้า

4 ผลและอภิปรายผลการวิจัย.....42
4.1 สมบัติของวัตถุดิบ.....41
4.2 ผลของอุณหภูมิต่อปริมาณการสกัด.....43
4.3 ผลของเวลาที่ใช้ในการสกัด.....45
4.4 ผลของอัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย.....48
4.5 การศึกษาการเลือกวิธีการสกัด.....51
4.6 ผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrofluorometer R-520.....52
4.7 การเปรียบเทียบผลการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง Spectrofluorometer ในงานวิจัยของ Prof. Miyata และงานวิจัยนี้.....55
5 สรุปผลงานวิจัยและข้อเสนอแนะ.....58
5.1 สรุปผลงานวิจัย.....58
5.2 ข้อเสนอแนะ.....59
รายการอ้างอิง.....60
ภาคผนวก.....62
ภาคผนวก ก.....63
ภาคผนวก ข.....68
ภาคผนวก ค.....69
ภาคผนวก ง.....73
ภาคผนวก จ.....74
ภาคผนวก ฉ.....78
ภาคผนวก ช.....79
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....80

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

ตาราง หน้า

2.1 พลังงานและความยาวคลื่นโดยประมาณของการเกิดแทรนซิชันต่างๆ.....6

2.2 ฟลูออเรสเซนซ์ และ quantum efficiency ของ linear aromatics.....9

2.3 ผลของการแทนที่ต่อการเกิดฟลูออเรสเซนซ์ของเบนซีนในสารละลายเอทานอล 10

2.4 สรุปกระบวนการ excitation และ deexcitation.....12

2.5 ผลของแสงยูวีที่มีต่อการสลายตัวของ 0.01 μg/ml สารละลายควินิน.....22

2.6 Relative intensities ของ Spectral Lines ของ Mercury-arc lamp.....26

4.1 ผลการสกัดสารที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1:5 โดยปริมาตร (เกล็ดปลา 50 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 250 มิลลิลิตร) ณ อุณหภูมิจุดเดือดตัวทำละลาย และ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน.....43

4.2 สารที่สกัดได้และปริมาณโปรตีนจากการสกัดเกล็ดปลา ต่อตัวทำละลาย 1: 5 โดยปริมาตร โดยสกัดที่จุดเดือดของตัวทำละลายแต่ละชนิด ณ เวลา 1 , 1.5 , 2 และ 7 วัน.....45

4.3 ดำเนินการสกัดที่จุดเดือดของตัวทำละลายที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลายคือ 1:5 , 1:10 , 1:20 และ 1: 30 โดยปริมาตร ตามลำดับ ที่ระยะเวลา 1.5 วัน (ยกเว้นตัวทำละลาย DMF ใช้อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส).....48

4.4 ดำเนินการสกัดด้วย Soxhlet ที่จุดเดือดของตัวทำละลายที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลายคือ 1:20 โดยปริมาตรตามลำดับ ที่ระยะเวลา 1.5 วัน (ยกเว้นตัวทำละลาย DMF ใช้อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส).....51

4.5 การเปรียบเทียบงานวิจัยของ Prof.Miyata และ งานวิจัยนี้.....57

ก.1 ปริมาณตัวอย่างและการเตรียมตัวอย่าง.....66

ก.2 แฟกเตอร์ที่ใช้คำนวณโปรตีน (F).....67

ง.1 ผลทดสอบการวัดด้วยเครื่อง uv-spectrometer.....73

ง.2 ผลทดสอบการวัดด้วยเครื่อง uv-spectrometer ที่อัตราส่วนต่างๆ.....73

จ.1 ผลการสกัดสารที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1:5 โดยปริมาตร (เกล็ดปลา 50 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 250 มิลลิลิตร) ณ อุณหภูมิจุดเดือดตัวทำละลาย และ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน.....74

จ.2 ความสัมพันธ์ผลของร้อยละผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการสกัดเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 5 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดของตัวทำละลายแต่ละชนิด ที่เวลา 1 และ 7 วัน.....75

ตาราง หน้า

จ.3 ดำเนินการสกัดที่จุดเดือดของตัวทำละลายที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลายคือ 1:5 , 1:10 , 1:20 และ 1: 30 โดยปริมาตร ตามลำดับที่ระยะเวลา 1.5 วัน (ยกเว้นตัวทำละลาย DMF ใช้อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส).....76

ฉ.1 ร้อยละปริมาณโปรตีนที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้อัตราส่วน เกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 5 โดยปริมาตร ที่เวลา 1 , 1.5 , 2 และ 7 วัน โดยวิธีการทดสอบแบบ The Kjeldahl Method.....78

ฉ.2 ร้อยละปริมาณโปรตีนที่อยู่ในผลิตภัณฑ์ที่สกัดได้ที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 5 ,1:10 ,1:20 ,1:30 โดยปริมาตร ตามลำดับโดยวิธีการทดสอบแบบ The Kjeldahl Method.....78

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

ภาพประกอบ หน้า

2.1 ระดับพลังงาน Jablonski เกี่ยวกับการดูดกลืนและการแผ่รังสี.....6

2.2 สเปกตรัมของการดูดกลืนแสงและฟลูออเรสเซนซ์ของแอนทราซิน (ในเอทานอล) และควินิน (ใน 0.05 M H_2SO_4).....8

2.3 แผนภูมิการเกิดผลกระทบของตัวทำละลายต่อการเกิดฟลูออเรสเซนซ์.....15

2.4 กระบวนการเกิด inner-filter และ quenching ฟลูออเรสเซนซ์.....20

2.5 แผนภาพองค์ประกอบของเครื่องฟลูออเรสเซนซ์ สเปกโตรโฟโตมิเตอร์.....23

2.6 แผนภาพขององค์ประกอบของเครื่อง Double Beam Spectrofluorometer.....24

2.7 สเปกตรัมของ Xenon และ Mercury lamps.....25

2.8 ลักษณะการออกแบบของเครื่อง Double – Beam Spectro-Fluorometer.....27

2.9 ลักษณะการออกแบบของเครื่อง Double – Beam Spectro-Fluorometer.....28

2.10 ลักษณะของอุปกรณ์ในการวัดฟอสฟอเรสเซนซ์.....29

2.11 เครื่อง Scanning Spectrometer model LS-5 B ซึ่งสามารถใช้วัดได้ทั้งฟลูออเรสเซนซ์และฟอสฟอเรสเซนซ์ โดยใช้ stroboscopic xenon source ที่ให้ความเข้มของแสงสูง มี software ที่สามารถทำ prescan, wavelngth programming 6 g substraction, corrected emission และ recorder formatting.....30

2.12 เครื่อง Fluorescence Spectrophotometer model MPF-66 เป็นเครื่องมือวิจัยชนิดเยี่ยม ซึ่งให้ sensitivity และ resolution ที่ดีมาก ควบคุมและประมวลผลด้วยเครื่องคอมพิวเตอร์ Perkin-Elmer Series 7000 Professional Computer.....30

2.13 รูปปลากระพงขาว.....33

2.14 วงจรชีวิตของปลากระพงขาว.....34

3.1 เกล็ดปลากระพงขาวก่อนบด..... 38

3.2 เกล็ดปลากระพงขาวหลังบดครั้งที่ 2.....38

3.3 มอเตอร์สำหรับกวนและขวดก้นกลมขณะสกัดสาร.....39

3.4 การกรองเอาสารที่สกัดได้ออกจากตัวทำละลาย.....39

3.5 เครื่องระเหยแบบหมุนในระบบสุญญากาศ.....39

3.6 การสกัดสารด้วยวิธี ซ็อกเล็ต (Soxhlet).....40

3.7 มอเตอร์สำหรับกวนและขวดก้นกลมสกัดสารเรืองแสง.....48

3.8 การสกัดสารเรืองแสงด้วยวิธี ซ็อกเล็ต (Soxhlet).....49

ภาพประกอบ หน้า

4.1 ลักษณะของเกล็ดปลากระพงขาวก่อนการบดตัด (A)
ลักษณะของเกล็ดปลากระพงขาวหลังการบดตัด (B) 43

4.2 ผลการสกัดสารที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1:5 โดยปริมาตร(เกล็ดปลา 50 กรัม ต่อตัวทำละลาย 250 มิลลิลิตร) ณ อุณหภูมิจุดเดือดตัวทำละลาย และ อุณหภูมิห้อง เป็นเวลา 7 วัน.....44

4.3 ผลของปริมาณสารที่สกัดได้จากการสกัดเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 5 โดยปริมาตร โดยสกัดที่จุดเดือดของตัวทำละลายแต่ละชนิด ณ เวล 1, 1.5 , 2 และ 7 วัน.....46

4.4 ปริมาณโปรตีนที่อัตราส่วน 1:5 โดยปริมาตร เกล็ดปลา 50 กรัม ต่อ ตัวทำละลาย 250 มิลลิลิตร ที่เวลาต่างๆ โดยสกัดที่จุดเดือดของตัวทำละลายแต่ละชนิด ณ เวลา 1, 1.5 , 2 และ 7 วัน.....47

4.5 ปริมาณโปรตีนกับอัตราส่วนของเกล็ดปลาต่อตัวทำละลายที่อัตราส่วนต่างๆ โดยปริมาตร ที่เวลา 1.5 วัน ณ จุดเดือดของตัวทำละลาย (ยกเว้นตัวทำละลาย DMF ใช้อุณหภูมิประมาณ 60-70 องศาเซลเซียส).....50

4.6 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง กับช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการกระตุ้น และที่ปล่อยออกมาของสารเรืองแสงที่สกัดด้วยตัวทำละลายเมทานอล ที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดของตัวทำละลาย ที่เวลา1 5วัน....52

4.7 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง กับช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการกระตุ้น และที่ปล่อยออกมาของสารเรืองแสงที่สกัดด้วยตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม ที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1:20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดของตัวทำละลาย ที่เวลา 1.5 วัน.....53

4.8 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง กับช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการกระตุ้น และที่ปล่อยออกมาของสารเรืองแสงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย THF ที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดของตัวทำละลาย ที่เวลา 1.5 วัน.....53

4.9 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง กับช่วงความยาวคลื่นแสงที่ใช้ในการกระตุ้น และที่ปล่อยออกมาของสารเรืองแสงที่สกัดด้วยตัวทำละลาย DMF ที่อัตราส่วนเกล็ดปลาต่อตัวทำละลาย 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดของตัวทำละลาย ที่เวลา 1.5 วัน.....54

4.10 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลายเมทานอล (งานวิจัยนี้) ที่ภาวะ 1.5 วัน ที่อัตราส่วน 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....55

ภาพประกอบ หน้า

4.11 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลายเมทานอล (Prof.Miyata) ที่ภาวะ 3-4 วัน ที่อัตราส่วน 1: 238 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....55

4.12 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม (งานวิจัยนี้) ที่ภาวะ 1.5 วัน ที่อัตราส่วน 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....55

4.13 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลายคลอโรฟอร์ม (Prof.Miyata) ที่ภาวะ 3-4 วัน ที่อัตราส่วน 1: 238 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....55

4.14 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลาย THF (งานวิจัยนี้) ที่ภาวะ 1.5 วัน ที่อัตราส่วน 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....56

4.15 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลาย THF (Prof.Miyata) ที่ภาวะ 3-4 วัน ที่อัตราส่วน 1: 238 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....56

4.16 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลาย DMF (งานวิจัยนี้) ที่ภาวะ 1.5 วัน ที่อัตราส่วน 1: 20 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....57

4.17 ความเข้มแสงและความยาวคลื่นในตัวทำละลาย DMF (Prof.Miyata) ที่ภาวะ 3-4 วัน ที่อัตราส่วน 1: 238 โดยปริมาตร ณ จุดเดือดตัวทำละลาย.....57

ค.1 ส่วนประกอบเครื่อง Spectrofluorometer (RF –520).....72

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย