

## บทที่ 4 ผลการทดลอง

### 4.1 ผลการศึกษาและเปรียบเทียบระบบวัดแสงฟลูออเรสเซนซ์รูปแบบต่างๆของสารละลายสีย้อมเรืองแสง

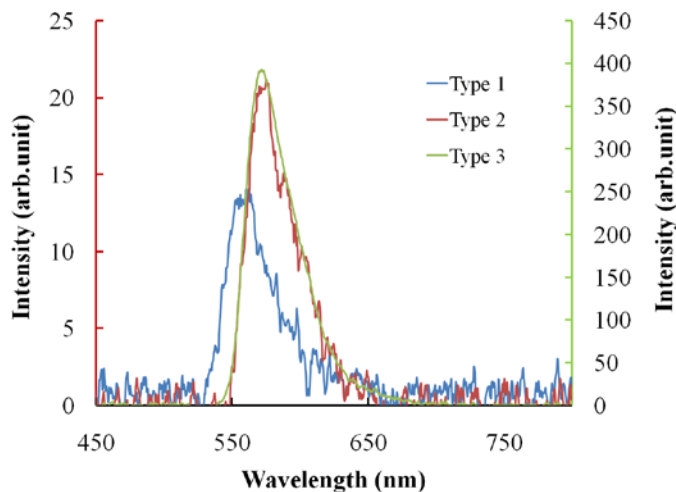
จากการทดลองวัดสเปกตรัมแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไมโครฟลูอิดิกโดยจัดตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงและสายใยแก้วนำแสงที่เข้าเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ต่างกัน ได้แก่

แบบที่ 1 สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านข้างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านบนไมโครฟลูอิดิก

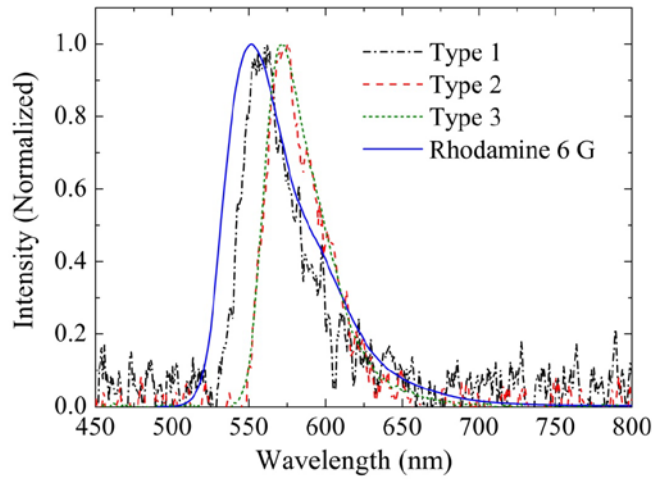
แบบที่ 2 สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านล่างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านข้างไมโครฟลูอิดิก

แบบที่ 3 สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านล่างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านบนไมโครฟลูอิดิก

จากรูปที่ 4.1 และ 4.2 จะพบว่าสเปกตรัมการเปล่งแสงของการวัดแบบที่ 1 และ 2 จะให้สัญญาณการเปล่งแสงน้อย มีสัญญาณรบกวนค่อนข้างเยอะโดยสังเกตได้จากเส้นสเปกตรัมจะมีลักษณะหยักๆ ไม่เรียบ ส่วนแบบที่ 3 จะให้สัญญาณการเปล่งแสงที่มากกว่า มีสัญญาณรบกวนค่อนข้างน้อย โดยสังเกตได้จากเส้นสเปกตรัมจะมีลักษณะค่อนข้างเรียบ โดยวิธีการวัดทั้งสามแบบจะไม่มีสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดเข้ามารบกวน แต่จะสังเกตเห็นว่าสเปกตรัมแสงของการวัดแบบที่ 2 และ 3 ความยาวคลื่นจะที่ 550 นาโนเมตร เนื่องจากการวัดแบบที่ 2 และ 3 ใช้ฟิลเตอร์ที่มี cut on ความยาวคลื่น 570 นาโนเมตรจึงทำให้สเปกตรัมแสงเลื่อนมาเริ่มที่ความยาวคลื่นดังกล่าว และสเปกตรัมการเปล่งแสงของการวัดทั้งสามแบบอยู่ในช่วงความยาวคลื่นเดียวกัน เมื่อเทียบกับสเปกตรัมการเปล่งแสงของสาร Rhodamine 6 G อ้างอิง ดังนั้นในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยจึงได้เลือกใช้การวัดแบบที่ 3 เพราะให้สัญญาณมาก มีสัญญาณรบกวนน้อย และไม่มีสเปกตรัมแสงของแหล่งกำเนิดแสงมารบกวน



รูปที่ 4.1 กราฟสเปกตรัมการเปล่งแสงของสาร Rhodamine 6 G ที่มีความเข้มข้น  $10^{-4}$  โมลาร์ โดยเปลี่ยนตำแหน่งอุปกรณ์การวัดในรูปแบบต่างๆ



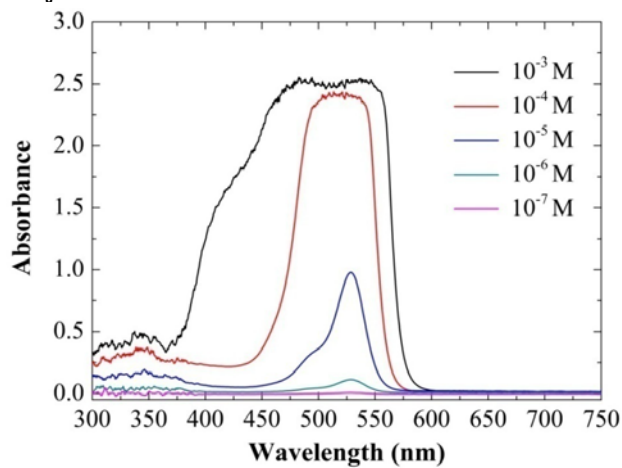
รูปที่ 4.2 กราฟนอร์มอลไลซ์สเปกตรัมการเปล่งแสงของสาร Rhodamine 6 G ที่มีความเข้มข้น  $10^{-4}$  โมลาร์ โดยเปลี่ยนตำแหน่งอุปกรณ์การวัดในรูปแบบต่างๆ

#### 4.2 ผลการศึกษาสเปกตรัมที่ตรวจวัดได้เมื่อบรรจุสารละลายเรืองแสงในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

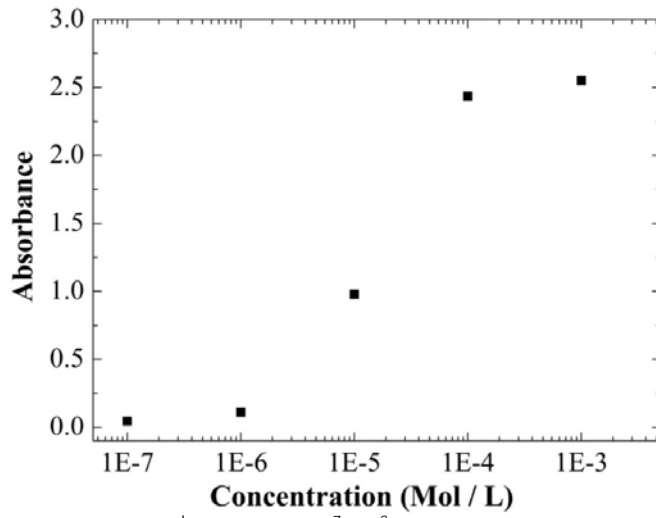
จากการทดลองการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสารละลาย Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$  –  $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิกขนาด 500 ไมโครเมตร ได้ผลดังต่อไปนี้

##### 4.2.1 สารละลาย Rhodamine 6 G

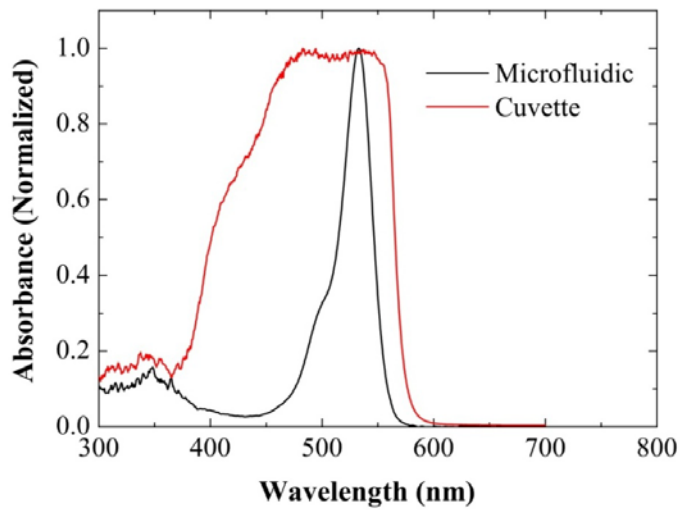
- สเปกตรัมการดูดกลืนแสง



รูปที่ 4.3 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร Rhodamine 6 G ในคิวเวท ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$  -  $10^{-3}$  โมลาร์

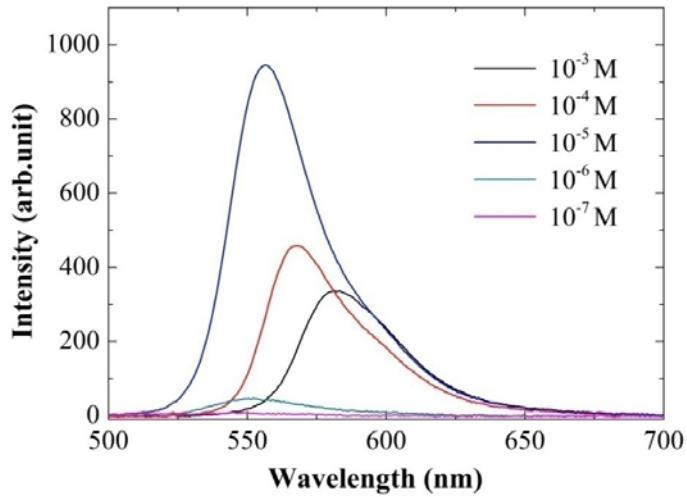


รูปที่ 4.4 ค่าที่การดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$  -  $10^{-3}$  โมลาร์ของสาร Rhodamine 6 G ในคิวเวท

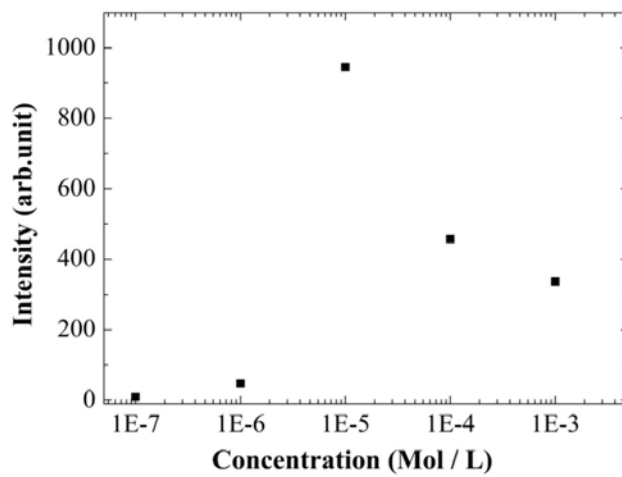


รูปที่ 4.5 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร Rhodamine 6 G ที่มีความเข้มข้น  $10^{-3}$  โมลาร์ ที่วัดในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

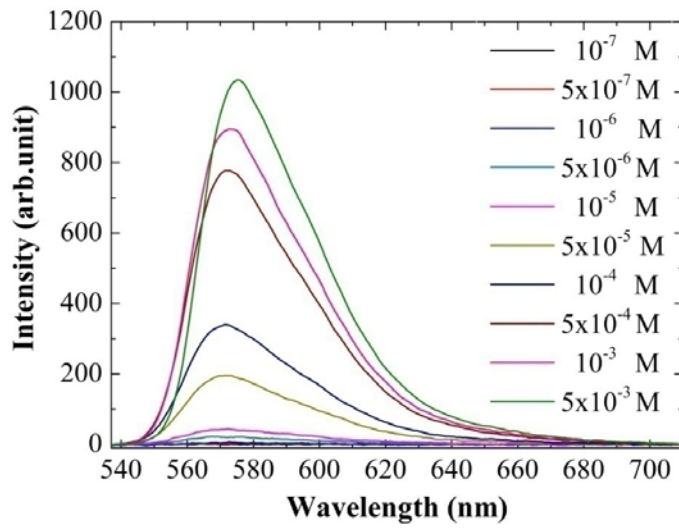
- สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์



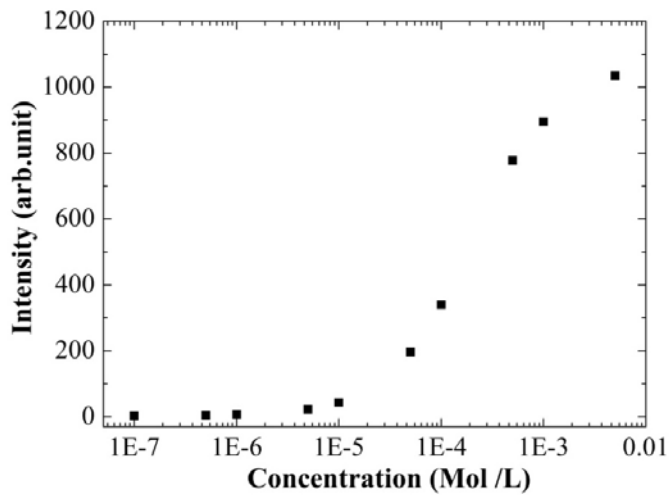
รูปที่ 4.6 สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร Rhodamine 6 G ในควิวเวทที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $10^{-3}$  โมลาร์



รูปที่ 4.7 ค่าพีคการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $10^{-3}$  โมลาร์ของสาร Rhodamine 6 G ในควิวเวท



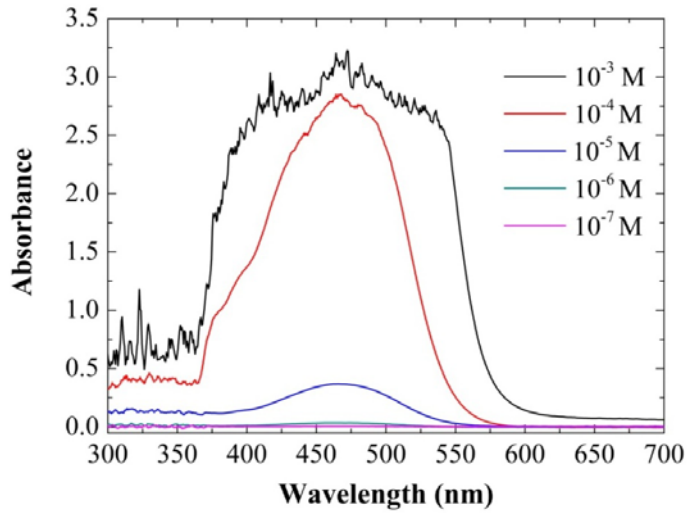
รูปที่ 4.8 สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร Rhodamine 6 G ในไมโครฟลูอิดิกที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$ – $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์



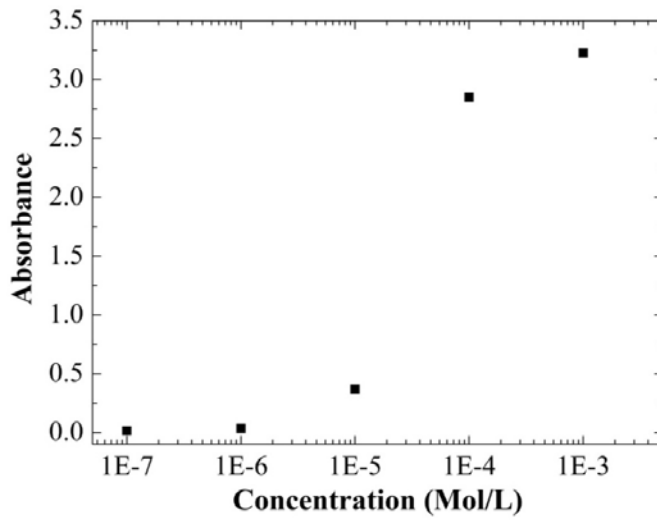
รูปที่ 4.9 ค่าพิกัดการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$ – $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ของสาร Rhodamine 6 G ในไมโครฟลูอิดิก

#### 4.2.2 สารละลาย DCM

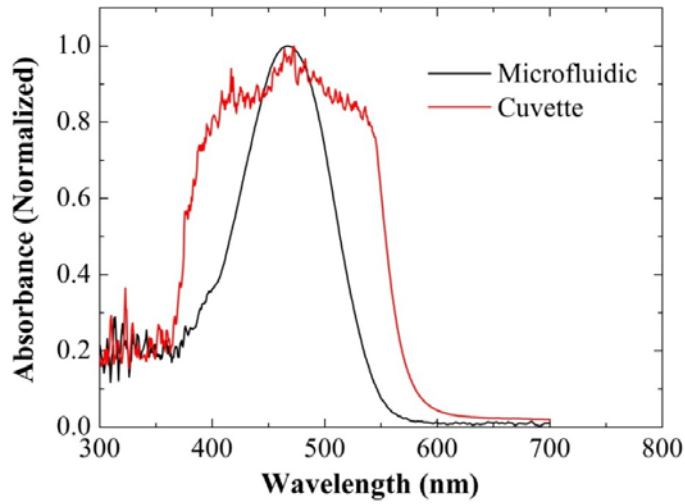
- สเปกตรัมการดูดกลืนแสง



รูปที่ 4.10 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร DCM ในความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $10^{-3}$  โมลาร์

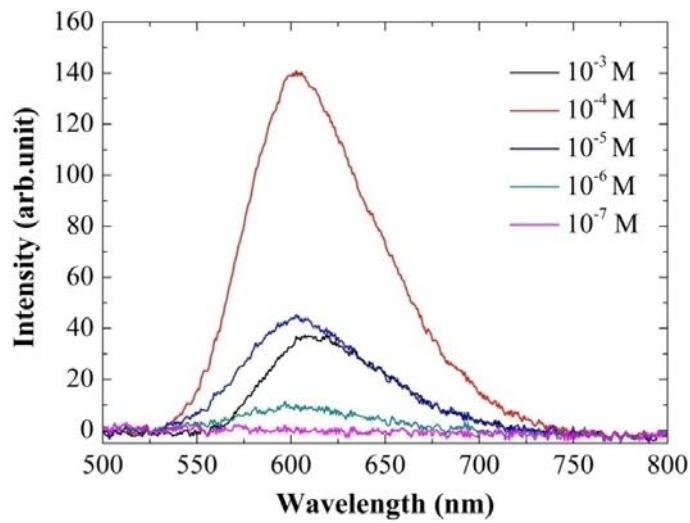


รูปที่ 4.11 ค่าพีคการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $10^{-3}$  โมลาร์ ของสาร DCM ในความ

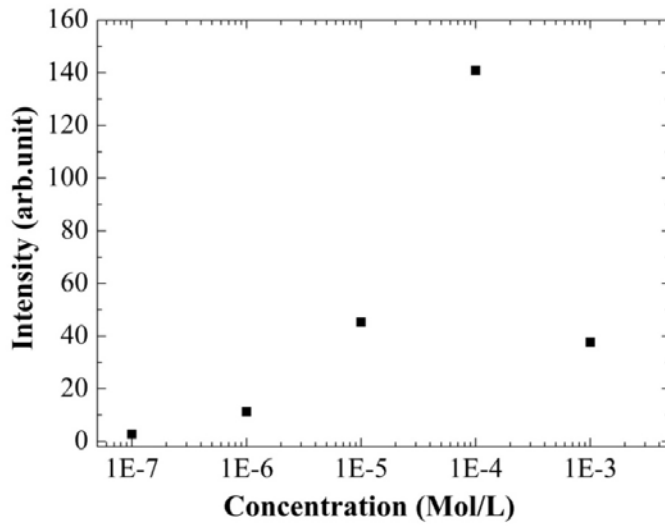


รูปที่ 4.12 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร DCM ที่ความเข้มข้น  $10^{-3}$  โมลาร์ ที่วัดในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

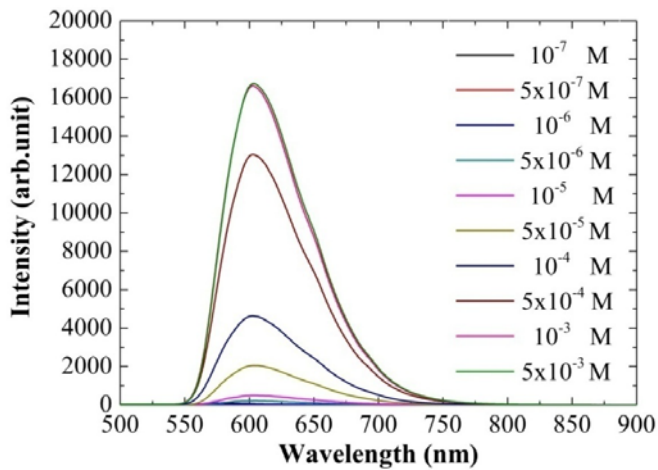
-สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์



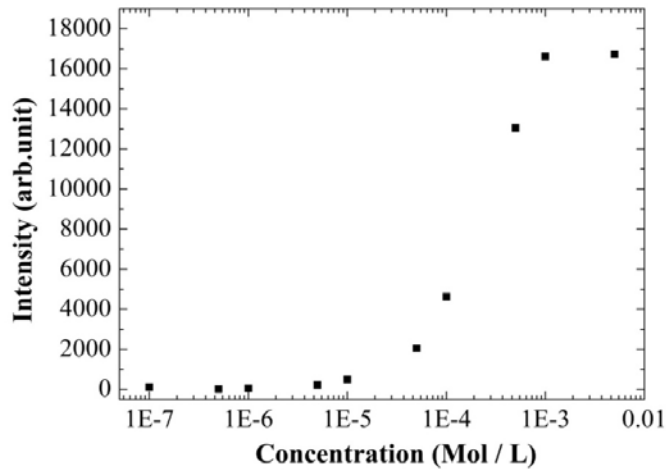
รูปที่ 4.13 สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร DCM ในคิวเวทที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$ – $10^{-3}$  โมลาร์



รูปที่ 4.14 ค่าพิคการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $10^{-3}$  โมลาร์ ของสาร DCM ในคิวเวท



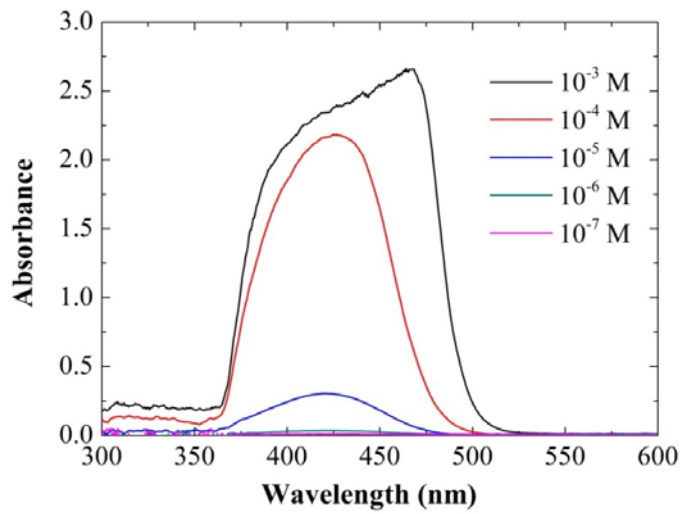
รูปที่ 4.15 สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร DCM ในเมทิลแอลกอฮอล์ที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์



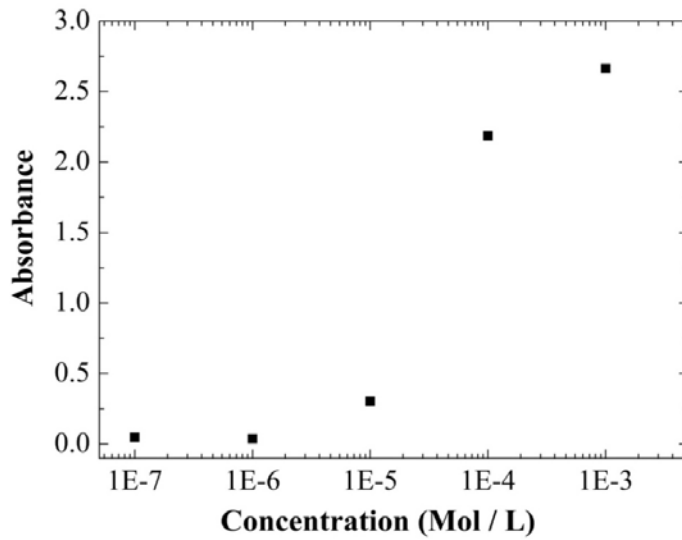
รูปที่ 4.16 ค่าพีการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$  –  $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ ของสาร DCM ในไมโครฟลูอิดิก

#### 4.2.3 สารละลาย Coumarin 153

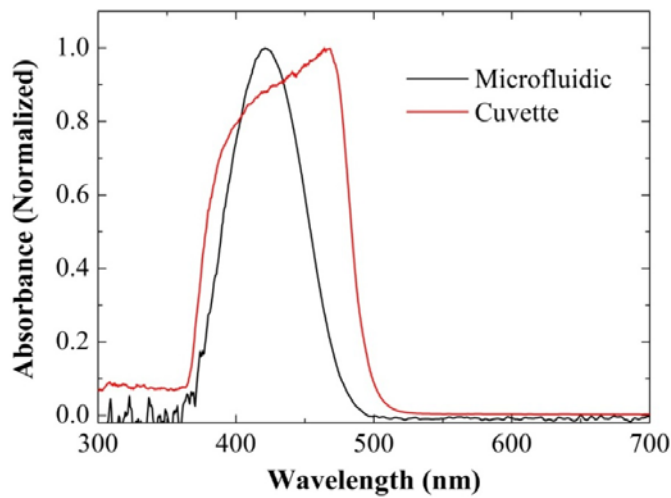
- สเปกตรัมการดูดกลืนแสง



รูปที่ 4.17 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร Coumarin 153 ในบริเวณที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$  -  $10^{-3}$  โมลาร์

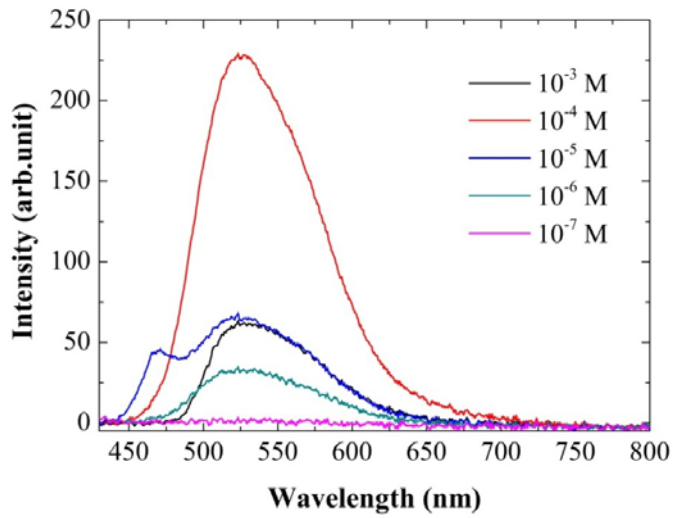


รูปที่ 4.18 ค่าพีคการดูดกลืนแสงที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$ - $10^{-3}$  โมลาร์  
ของสาร Coumarin 153 ในคิวเวท

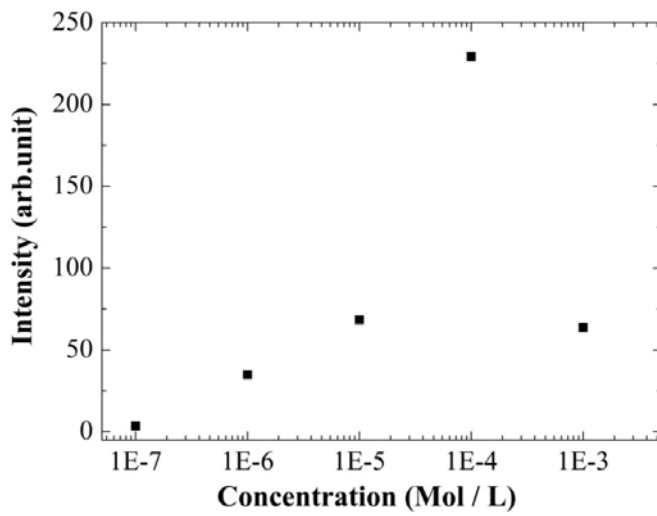


รูปที่ 4.19 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น  $10^{-3}$  โมลาร์  
ที่วัดในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

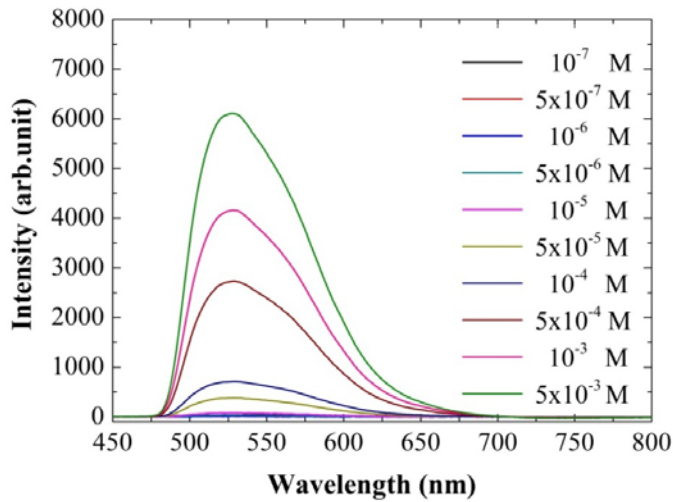
- สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์



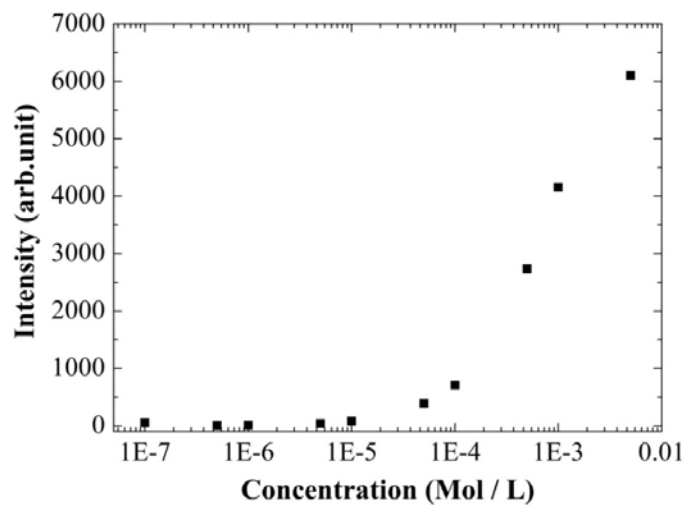
รูปที่ 4.20 สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร Coumarin 153 ในควิวทที่ความเข้มข้น  $10^{-7} - 10^{-3}$  โมลาร์



รูปที่ 4.21 ค่าพิคการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ความเข้มข้น  $10^{-7} - 10^{-3}$  โมลาร์ของสาร Coumarin 153 ในควิวท



รูปที่ 4.22 สเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร Coumarin 153 ในไมโครฟลูอิดิกที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$  –  $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์



รูปที่ 4.23 ค่าพีการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ความเข้มข้น  $10^{-7}$  –  $5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ ของสาร Coumarin 153 ในไมโครฟลูอิดิก

จากการทดลองผู้วิจัยได้ทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงและสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก พบว่าผลการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ในคิวเวทแสดงดังรูปที่ 4.3 4.10 4.17 ตามลำดับ ค่าการดูดกลืนแสงมีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้น อย่างไรก็ตามรูปทรงของสเปกตรัมที่วัดได้ที่ความเข้มข้น  $10^{-3}$  โมลาร์ จะมีความเพี้ยนไปจากผลการวัดที่วัดได้จากสารที่มีความเข้มข้น  $10^{-4}$  โมลาร์ลงไป ทั้งนี้เนื่องจากที่ความเข้มข้นสูงๆ สารมีความทึบแสงมากขึ้น ดังนั้นจึงส่งผลให้แสงที่

ฉายเข้ามาไม่สามารถถูกส่งผ่านออกมายังตัวรับแสงได้ (เกิดปรากฏการณ์ inner filter effect) ผู้วิจัยจึงได้ทำการวัดสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ในไมโครฟลูอิดิก ผลปรากฏว่าพีคที่ได้ไม่มีความผิดเพี้ยนเหมือนกับกรณีที่วัดในคิวเวท แสดงดังรูปที่ 4.5 4.6 และ 4.19 ตามลำดับ อาจเนื่องมา จากอุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิกเป็นอุปกรณ์ที่มีขนาดเล็กและความหนาของวัสดุที่ใช้สร้างไม่หนามาก จึงไม่มีผลต่อการเดินทางของแสงที่ฉายเข้ามาแล้วผ่านออกมายังตัวรับแสงได้จึงไม่เกิดปรากฏการณ์ inner filter effect ขึ้น และผลการวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ในคิวเวทแสดงดังรูปที่ 4.6 4.13 และ 4.20 ตามลำดับ จะพบว่าพีคการเปล่งแสงของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่แต่ละความเข้มข้นสอดคล้องกับการดูดกลืนคือ สารที่ดูดกลืนมากจะเปล่งแสงมากเช่นกัน แต่จะมีสารที่ความเข้มข้น  $10^{-3}$  โมลาร์ จะไม่สอดคล้องกับพีคการดูดกลืน คือ สารเกิดการดูดกลืนมากแต่กลับเปล่งแสงออกมาน้อยเนื่องจากพีคการดูดกลืนแสงของสารเกิดปรากฏการณ์ inner filter effect ทำให้พีคที่ได้ผิดเพี้ยนจึงส่งผลให้พีคการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ผิดเพี้ยนและลดลงตามไปด้วยเนื่องมาจากการเกิด re-absorption แต่เมื่อนำสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 มาวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ในไมโครฟลูอิดิก พบว่าค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์มีค่าเพิ่มขึ้นเมื่อค่าความเข้มข้นของสารเพิ่มขึ้นและไม่ปรากฏการณ์ inner filter effect และ re-absorption มารบกวนซึ่งจะต่างกับกรณีที่วัดในคิวเวท และสามารถวัดสารที่ความเข้มข้นต่ำสุดได้ถึง  $5 \times 10^{-5}$  โมลาร์ โดยเมื่อเปรียบเทียบกับผลการทดลองที่ได้จากระบบการวัดในคิวเวทแล้วพบว่าค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์มีค่าสูงกว่าและใช้สารในปริมาณที่น้อยกว่า ดังแสดงในรูปที่ 4.8 4.15 และ 4.22 ตามลำดับ

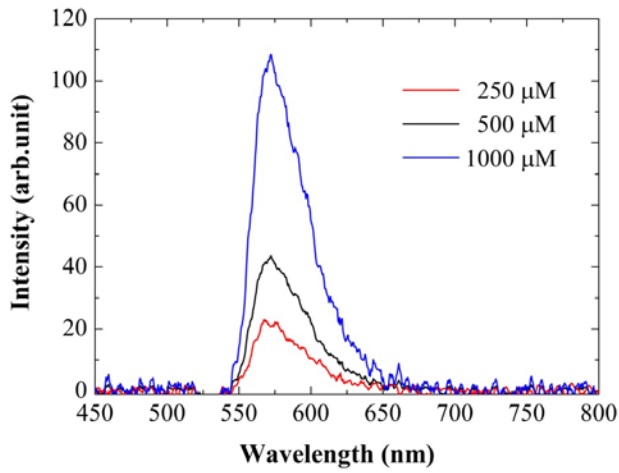
#### 4.3 ผลการศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของสารละลายเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิกที่มีขนาดของแขนแนลต่างๆ กัน

จากการทดลองการวัดสเปกตรัมการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ของสารละลาย Rhodamine 6 G ที่ความเข้มข้น  $10^{-4}$  โมลาร์ ในไมโครฟลูอิดิกที่สร้างขึ้นในบอทที่ 3 ขนาด 250 500 และ 1000 ไมโครเมตรตามลำดับ โดยใช้ไมโครฟลูอิดิกทั้งหมด 3 รูปแบบ ได้แก่

##### 4.3.1 ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 1



รูปที่ 4.24 ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 1



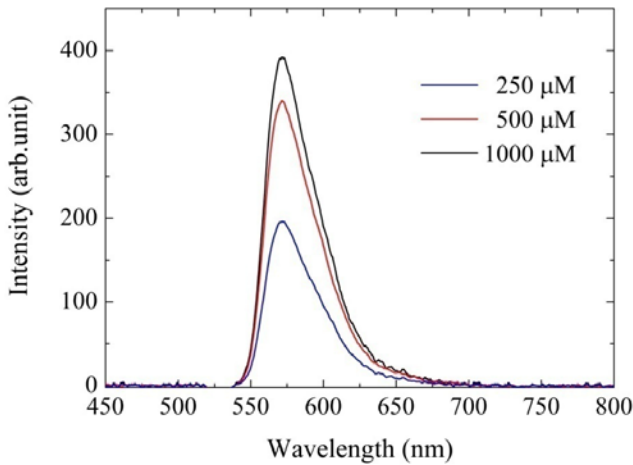
รูปที่ 4.25 กราฟแสดงค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดในไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 1 ขนาด 250 500 และ 1000 ไมโครเมตร ใช้ฟิลเตอร์ long pass ที่มีความยาวคลื่น cut on เท่ากับ 570 นาโนเมตร

**Comment [S1]:** สเปกตรัมของ 1000 um และ 500 um มันดูเหม่งๆ ขอบกล เราอธิบายได้ไหมคะทำไมไม่มีเป็นพีคแหลมๆ อ. แนะนำก่อนสอบ น่าจะลองเซคใหม่ถ้ามีเวลา

4.3.2 ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2



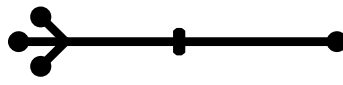
รูปที่ 4.26 ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2



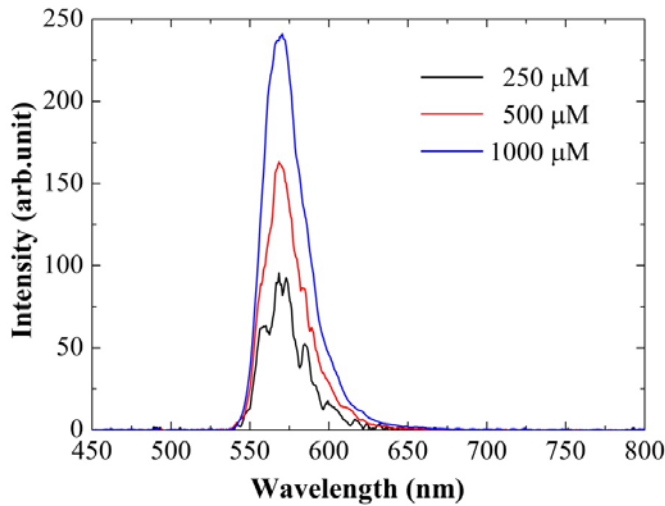
รูปที่ 4.27 กราฟแสดงค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดในไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 ขนาด 250 500 และ 1000 ไมโครเมตร ใช้ฟิลเตอร์ long pass ที่มีความยาวคลื่น cut on เท่ากับ 570 นาโนเมตร

**Comment [S2]:** สเปกตรัมของ 1000 um และ 500 um มันดูเหม่งๆ ขอบกล เราอธิบายได้ไหมคะทำไมไม่มีเป็นพีคแหลมๆ อ. แนะนำก่อนสอบ น่าจะลองเซคใหม่ถ้ามีเวลา

4.3.3 ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 3



รูปที่ 4.28 ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 3



รูปที่ 4.29 กราฟแสดงค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดในไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 3 ขนาด 250 500 และ 1000 ไมโครเมตร ใช้ฟิลเตอร์ long pass ที่มีความยาวคลื่น cut on เท่ากับ 570 นาโนเมตร

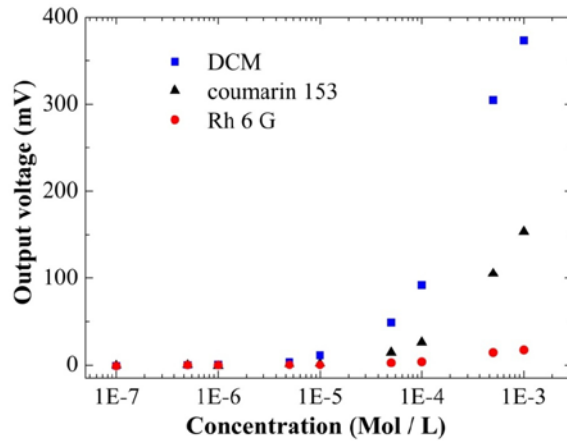
จากผลการทดลองวัดค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดในไมโครฟลูอิดิกทั้ง 3 แบบ พบว่าเมื่อขนาดแกนแนลของอุปกรณ์ไมโครฟลูอิดิกมีขนาดใหญ่ขึ้น ความเข้มของแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่วัดได้ก็จะมีขนาดมากขึ้นตามไปด้วย สังเกตได้จากพิกแอมพลิจูดของสัญญาณที่วัดได้ (รูปที่ 4.25 4.27 และ 4.29) จากกราฟการทดลองยังพบอีกว่า สัญญาณฟลูออเรสเซนซ์จะยิ่งมากขึ้น เมื่อพื้นที่รับแสงมีขนาดใหญ่ขึ้น โดยไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 ให้สัญญาณเอาท์พุทที่มีความเข้มสูงสุด รองลงมาจะเป็นไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 3 และไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 1 ตามลำดับ ดังนั้นไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 ขนาด 500 ไมโครเมตร จึงถูกเลือกมาใช้ในงานวิจัย เนื่องจากให้สัญญาณฟลูออเรสเซนซ์ที่พอเหมาะและเป็นขนาดที่เหมาะสม

**Comment [S3]:** สเปกตรัมของ 1000 um และ 500 um มันดูเหม่งๆ ชอบบกล เราอธิบายได้ไหมคะทำไมไม่มีเป็นพีคแหลมๆ อ. แนะนำว่าก่อนสอบ น่าจะลองเซคใหม่ถ้ามีเวลา

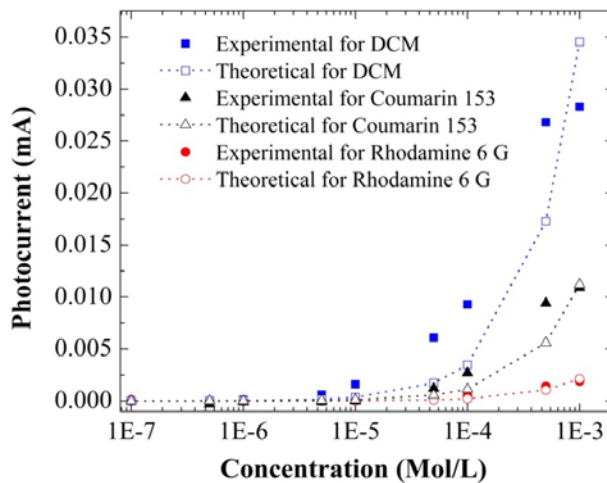
#### 4.4 ผลการศึกษาการตอบสนองต่อแสงของโฟโตไดโอด

ในการทดลองนี้ศึกษาการตอบสนองของโฟโตไดโอดต่อแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่ความเข้มข้นของสารละลายต่างๆกัน โดยใช้ photodiode ทั้งหมด 2 รุ่น ได้แก่ รุ่น SPD900-9P และ รุ่น SM05PD1A ทำการวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าพร้อมทั้งคำนวณค่าทฤษฎีตามสมการที่ 4.18 ได้ผลการทดลองดังนี้

##### 4.4.1 ผลการวัดปริมาณแสงฟลูออเรสเซนซ์โดยใช้ซิลิกอนโฟโตไดโอดรุ่น SPD900-9P



รูปที่ 4.30 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากโฟโตไดโอด รุ่น SPD900-9P ของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$  -  $10^{-3}$  M

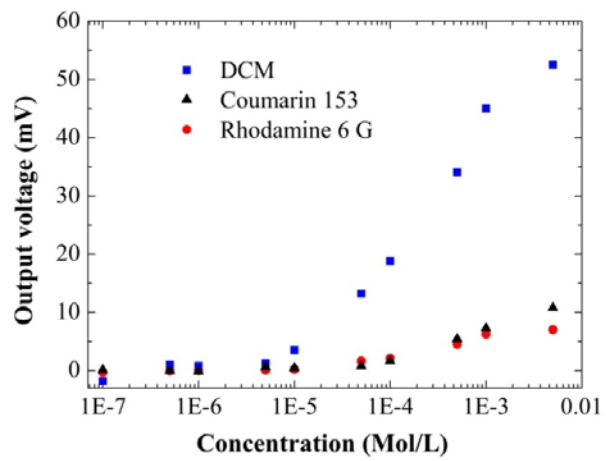


รูปที่ 4.31 กราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้าจากทฤษฎีและการทดลองด้วยโฟโตไดโอดรุ่น SPD900-9P ของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$  -  $10^{-3}$  M

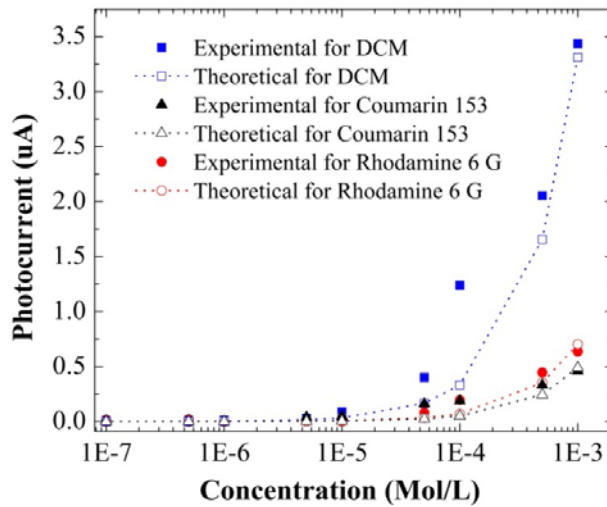
ตารางที่ 4.1 ค่าพารามิเตอร์ทฤษฎีของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ด้วยโฟโตไดโอดรุ่น SPD900-9P บริษัท Roithner Laser

สารสีย้อม	ค่ากระแสไฟฟ้า		
	K	$\epsilon(\times 10^5)$	$R^2$
Coumarin 153	8	0.2	0.885
DCM	11	0.449	0.825
Rh 6 G	0.262	1.16	0.922

#### 4.4.2 ผลการวัดปริมาณแสงฟลูออเรสเซนซ์โดยใช้ซิลิกอนโฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A



รูปที่ 4.32 กราฟแสดงค่าแรงดันไฟฟ้าที่ตรวจวัดได้จากโฟโตไดโอด รุ่น SM05PD1A บริษัท Thorlabs ของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7}$  -  $10^{-3}$  โมลาร์



รูปที่ 4.33 กราฟแสดงค่ากระแสไฟฟ้าจากทฤษฎีและการทดลองด้วยโฟโตไดโอด รุ่น SM05PD1A บริษัท Thorlabs ของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ที่มีความเข้มข้น  $10^{-7} - 10^{-3}$  โมลาร์

ตารางที่ 4.2 ค่าพารามิเตอร์ทฤษฎีของสาร Rhodamine 6 G DCM และ Coumarin 153 ด้วยโฟโตไดโอด รุ่น SM05PD1A บริษัท Thorlabs

สารสีย้อม	ค่ากระแสไฟฟ้า		
	K	$\epsilon(x10^5)$	$R^2$
Coumarin 153	350	0.2	0.772
DCM	1055	0.449	0.910
Rh 6 G	87	1.16	0.926

จากการทดลองวัดค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าจากโฟโตไดโอดของบริษัท Roithner Laser รุ่น SPD900-9P และบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A โดยใช้สารทดสอบ Rhodamine 6 G, DCM และ Coumarin 153 ที่ความเข้มข้น  $10^{-7} - 5 \times 10^{-3}$  โมลาร์ โดยใช้อัตราการไหล 1 มิลลิลิตร/นาที ในการฉีดสารเข้าในไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 (หัวข้อ 4.5.3.2) ขนาด 500 ไมโครเมตร จะพบว่าค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดได้จะแปรผันตรงกับค่าความเข้มข้นของสาร ค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่วัดโดยโฟโตไดโอดของบริษัท Roithner Laser รุ่น SPD900-9P และโฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A จะตอบสนองได้ดีต่อสาร DCM ดังแสดงในรูปที่ 4.30 4.31 4.32 และ 4.33 ตามลำดับ แล้วทำการเทียบกับทฤษฎีโดยกำหนดค่า K ให้ได้ค่า  $R^2$  มีค่าใกล้ 1 ดังตารางที่ 4.1 และ 4.2

#### 4.5 วิเคราะห์และสรุปผลการทดลอง

4.5.1 การศึกษาและเปรียบเทียบระบบวัดแสงฟลูออเรสเซนซ์รูปแบบต่างๆ ของสารละลายสีย้อมเรืองแสง

ในการศึกษาสมบัติของสารละลายสีย้อมเรืองแสงในรูปแบบการวัดทั้ง 3 แบบ คือ 1.สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านข้างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านบนไมโครฟลูอิดิก 2.สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านล่างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านข้างไมโครฟลูอิดิก และ 3.สายใยแก้วนำแสงอยู่ด้านล่างและแหล่งกำเนิดแสงอยู่ด้านบนไมโครฟลูอิดิก พบว่าแบบที่ 3 จะให้สัญญาณแสงฟลูออเรสเซนซ์มากที่สุด มีสัญญาณรบกวนน้อย

#### 4.5.2 การศึกษาสมบัติการวัดที่ตรวจวัดได้เมื่อบรรจุสารละลายเรืองแสงในคิวเวทและไมโครฟลูอิดิก

ในการศึกษาสมบัติการดูดกลืนและการเปล่งแสงของสารละลายสีย้อมเรืองแสงในภาชนะบรรจุต่างกัน คือ คิวเวทและไมโครฟลูอิดิก พบว่าผลการวัดสมบัติเชิงแสงในคิวเวทพีคของการดูดกลืนแสงมีความผิดเพี้ยนที่สารละลายสีย้อมเรืองแสงความเข้มข้น  $10^{-3}$  โมลาร์ และพีคของการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ไม่สอดคล้องกับพีคการดูดกลืน คือ เกิดการดูดกลืนมากแต่กลับเปล่งแสงออกมาน้อยเนื่องจากเกิดปรากฏการณ์ inner filter effect และ re-absorption ส่วนการวัดสมบัติเชิงแสงในไมโครฟลูอิดิกพีคของการดูดกลืนแสงไม่มีความผิดเพี้ยน และพีคของการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์สอดคล้องกับพีคการดูดกลืน คือ เกิดการดูดกลืนมากเปล่งแสงออกมามาก เนื่องจากไม่มีปรากฏการณ์ inner filter effect และ re-absorption ดังนั้นการวัดสมบัติเชิงแสงในไมโครฟลูอิดิกจึงเหมาะแก่การนำไปใช้

#### 4.5.3 การศึกษาสมบัติการเปล่งแสงของสารละลายเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิกที่มีขนาดของแขนแนลต่างๆ กัน

ในการศึกษาสมบัติการเปล่งแสงของสารละลายสีย้อมเรืองแสงในไมโครฟลูอิดิกทั้ง 3 แบบที่มีขนาด 250, 500 และ 1000 ไมโครเมตร พบว่าไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 ให้ค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ได้มากที่สุดโดยค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์จะแปรผันตรงกับพื้นที่ของไมโครฟลูอิดิก ซึ่งไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 มีพื้นที่มากที่สุด รองลงมาแบบที่ 3 และสุดท้ายแบบที่ 1 ในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้ไมโครฟลูอิดิกแบบที่ 2 ขนาด 500 ไมโครเมตรเนื่องให้ค่าการเปล่งแสงฟลูออเรสเซนซ์ที่เหมาะสม

#### 4.5.4 การศึกษาการตอบสนองต่อแสงของโฟโตไดโอด

ในการศึกษาการตอบสนองต่อแสงของโฟโตไดโอด 2 รุ่น คือโฟโตไดโอดซิลิกอนของบริษัท Roithner Laser รุ่น SPD900-9P และโฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A ทำการวัดปริมาณแสงฟลูออเรสเซนซ์ออกเป็นค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้า พบว่าโฟโตไดโอดของบริษัท Roithner Laser รุ่น SPD900-9P จะตอบสนองต่อแสงได้ดีกว่าโฟโตไดโอดของบริษัท Thorlabs รุ่น SM05PD1A เนื่องจากให้ค่าแรงดันไฟฟ้าและค่ากระแสไฟฟ้าที่สูง