



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

วิทยาศาสตร์มหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

ปริญญา

ฟิสิกส์

ฟิสิกส์

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การวิเคราะห์ชนิดของไม้โดยใช้การวัดสเปกตรัมสารเรืองแสง

Analysis Wood Type using Fluorescence Spectra

นามผู้วิจัย นายจักรกฤษ นุชอยู่

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์อภิชาติ พัฒนโกครัตนา, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์ณัฐพร ทัตรแลม, Ph.D.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(อาจารย์วีชรี รัตนสกุลทอง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(อาจารย์วิวัฒน์ วงศ์ก่อเกื้อ, Ph.D.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Arg.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การวิเคราะห์ชนิดของไม้โดยใช้การวัดสเปกตรัมสารเรืองแสง

Analysis Wood Type using Fluorescence Spectra

โดย

นายจักรกฤษ นุชอยู่

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์)

สิงห์สิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
พ.ศ. 2555

จักรกฤษ นุชอยู่ 2555: การวิเคราะห์ชนิดของไม้โดยใช้การวัดสเปกตรัมสารเรืองแสง
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (ฟิสิกส์) สาขาฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ อาจารย์ที่ปรึกษา
วิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์อภิชาติ พัฒนโกครัตนา, Ph.D. 58 หน้า

ในปัจจุบันไม้มีความสำคัญมากในอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ ไม้ต่างชนิดกันจะถูกใช้ต่าง
วัตถุประสงค์กันไป ขึ้นอยู่กับความแข็งแรง ทนทานของไม้แต่ละชนิด ค่าความแข็งของไม้มักจะ
บอกด้วยการทดสอบการโค้งงอ ส่วนความทนทานของไม้มักจะขึ้นกับอายุของไม้นั้น การตรวจสอบ
จำแนกประเภทของไม้มักจะให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบโดยตรง การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาสเปกตรัม
ของไม้ชนิดต่างๆ เพื่อจำแนกไม้แต่ละชนิดออกจากกัน โดยใช้แสงที่มีค่าความคลื่นเดียว ในการ
ทดลองนี้ใช้แสงสีเขียวความยาวคลื่น 532 นาโนเมตรและแสงสีม่วงความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร
ในการทดสอบไม้ตัวอย่าง ผลปรากฏว่าเมื่อนำแสงไปยังตกกระทบไม้ตัวอย่างจะเกิดการวาวแสง
เกิดขึ้น แสงที่กระเจิงออกมาจะวัดด้วยสเปกโตรมิเตอร์ กราฟที่ได้จากสเปกโตรมิเตอร์จะมีลักษณะ
เฉพาะตัวของไม้แต่ละชนิดและชนิดของแสงที่ใช้ในการทดลอง ในการวัดสเปกตรัมของไม้แต่ละ
ครั้ง ค่าความเข้มของแสงที่วัดได้จะมีความแตกต่างกันแต่ค่าความยาวคลื่นที่ความเข้มแสงสูงสุดจะมี
ค่าใกล้เคียงกัน เมื่อนำข้อมูลไปวิเคราะห์ห่อหุ้มหลัก (PCA) พบว่าไม้สัก 15 ปี กับไม้สัก 30 ปี
จะแยกออกจากกลุ่มของไม้เนื้ออ่อน เช่น ไม้ทุเรียน ไม้เปอร์เซีย เป็นต้น แต่ไม้สักที่เป็นไม้สักสดจะ
ไม่สามารถแยกออกจากไม้เนื้ออ่อนได้เพราะว่าลักษณะสีของไม้สักสดที่มีสีอ่อน จึงไม่สามารถแยก
ออกกลุ่มของไม้เนื้ออ่อนได้

Jakgrit Nuchyoo 2012: Analysis Wood Type using Fluorescence Spectra. Master of Science (Physics), Major Field: Physics, Department of Physics. Thesis Advisor: Mr. Apichart Pattanaporkratana, Ph.D. 58 pages.

Nowadays, wood is very important in furniture industries. Different wood types are used for different purposes based on their hardness and natural durability. The hardness of woods is identified by a static bending, and their natural durability depends on wood types and life time of the woods. Identification of wood types is usually done by experienced personnel. This research aims to study fluorescence spectra of woods for their identification. We use a 532-nm green laser and a 395-nm light emitting diode (LED) to test our wood samples. The scattered fluorescence is collected to a spectrometer. The resulting fluorescent spectra show characteristics which depend on wood type and the exciting light. The spectra of the same wood type are varied in intensity but the peak wavelengths are the same. Principle Component Analysis (PCA) shows that 15-year-old and 30-year-old teaks with brown color can be separated from other soft woods such as durian wood or Persia wood. However, young teak samples with white color, collected from live teak trees at Kasetsart University, cannot be differentiated from the soft woods.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ ดร. อภิชาติ พัฒนโกครัตนา ประธานกรรมการที่ปรึกษา ซึ่งได้ให้คำแนะนำปรึกษา และความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยในครั้งนี้ ในด้านการจัดตั้งอุปกรณ์การทดลอง และการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ดร. ณัฐพร นัทรแถม อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยานิพนธ์และอนุเคราะห์สถานที่ปฏิบัติการทดลองของวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ดร. วชิร รัตนสกุลทอง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ซึ่งให้คำปรึกษาการวางแผนในด้านการศึกษาและการทำวิทยานิพนธ์ และความรู้ในการจัดทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านในภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่ได้อบรมสั่งสอนวิชาความรู้ด้านวิชาการและด้านอื่นๆ

ขอขอบพระคุณ บิดา มารดา และญาติ พี่ น้อง ทุกคนที่ให้การสนับสนุนในด้านการศึกษา และดูแลข้าพเจ้าในการทำวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ นางสาวจาริณี เกียงเอีย นางสาวเปมิกา หิรัญกิตติวงศ์ และนายวีรวัฒน์ อินทรทัต สำหรับคำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำวิทยานิพนธ์

จักรกฤษ นุชอยู่

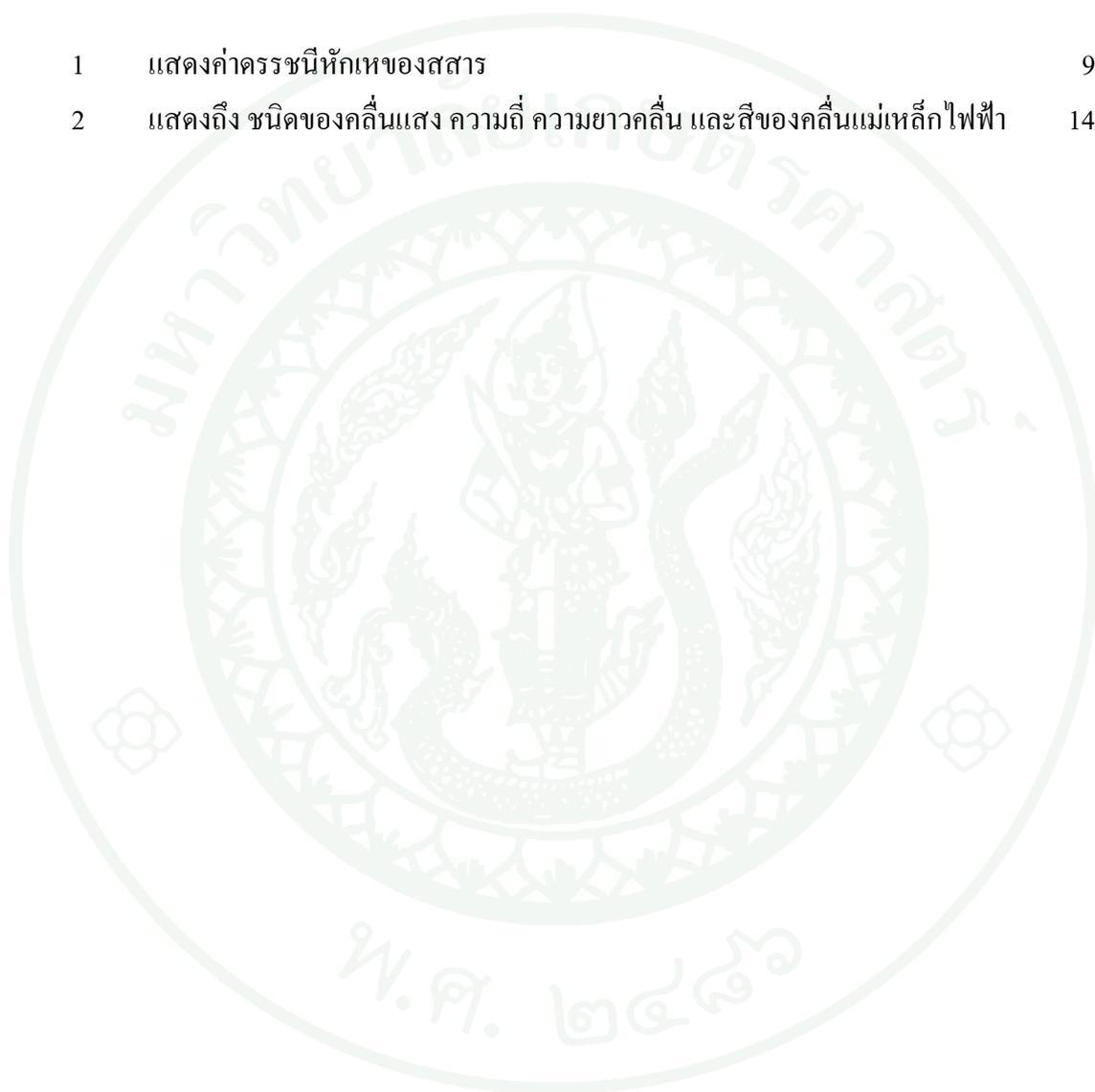
มกราคม 2555

สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	(1)
สารบัญตาราง	(2)
สารบัญภาพ	(3)
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	(8)
คำนำ	1
วัตถุประสงค์	2
การตรวจเอกสาร	4
อุปกรณ์และวิธีการ	22
อุปกรณ์	22
วิธีการ	26
ผลการทดลองและวิจารณ์	29
สรุปและข้อเสนอแนะ	54
สรุป	54
ข้อเสนอแนะ	55
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	56
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	58

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	แสดงค่าครรชนีหักเหของสสาร	9
2	แสดงถึง ชนิดของคลื่นแสง ความถี่ ความยาวคลื่น และสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	14



สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 แสดงคลื่นในรูปของการขจัด กับ เวลา	4
2 แสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	6
3 แสดงรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนของคลื่น	8
4 แสดงการหักเหในตัวกลางของคลื่น	8
5 แสดงการแทรกสอดของแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ทั้ง 2 แหล่ง	10
6 แสดงไดอะแกรมของระดับพลังงานที่เกิดขึ้นของขบวนการดูดกลืน และขบวนการ ผ่อนคลาย	16
7 แสดงสเปกโตรมิเตอร์	22
8 แสดงเลเซอร์ไดโอด	22
9 แสดงหลอดแอลอีดี	23
10 แสดงตัวกรองแสง	23
11 แสดงเลนส์นูน	23
12 แสดงเลนส์ใกล้วัตถุ 1	24
13 แสดงเลนส์ใกล้วัตถุ 2	24
14 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ LIF ของหลอดเลเซอร์ที่ห้องปฏิบัติการทดลองฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	25
15 แสดงแผนภาพไดอะแกรม ของชุดอุปกรณ์ LIF	26
16 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ LIF ของหลอดเลเซอร์ที่ห้องปฏิบัติการทดลองฟิสิกส์ ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์	27
17 แสดงแผนภาพไดอะแกรม ของชุดอุปกรณ์ LIF ของหลอดแอลอีดี	27
18 แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร วัดโดยใช้ โปรแกรมสเปกต้าสูท	28
19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สัก 15 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	28

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สัก 30 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	29
21	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สัก สด (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	29
22	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ จามจุรี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	30
23	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ นนทรี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	30
24	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ ยูคาลิปตัส (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	31
25	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ ทูเรียน (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	31
26	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ เปอร์เซีย (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	32
27	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ สยาเหลือง (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	32
28	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ Unknown (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	33
29	แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร วัดโดยใช้ โพรแกรมนสเปกต้าสูท	33
30	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สัก 15 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	34
31	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สัก 30 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	34

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
32	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สักสด (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	35
33	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้จามจุรี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	35
34	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้หนทรี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	36
35	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้ยูคาลิปตัส (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	36
36	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้ทุเรียน (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	37
37	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้เปอร์เซีย (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	37
38	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สยาเหลือง (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	38
39	แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้ Unknown (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง	38
40	แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวยระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ	39
41	แสดงการวิเคราะห์เชิงองค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียว	39
42	แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวยระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน	40
43	แสดงการวิเคราะห์เชิงองค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน ของแสงสีเขียว	40
44	แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ	41

สารบัญญภาพ (ต่อ)

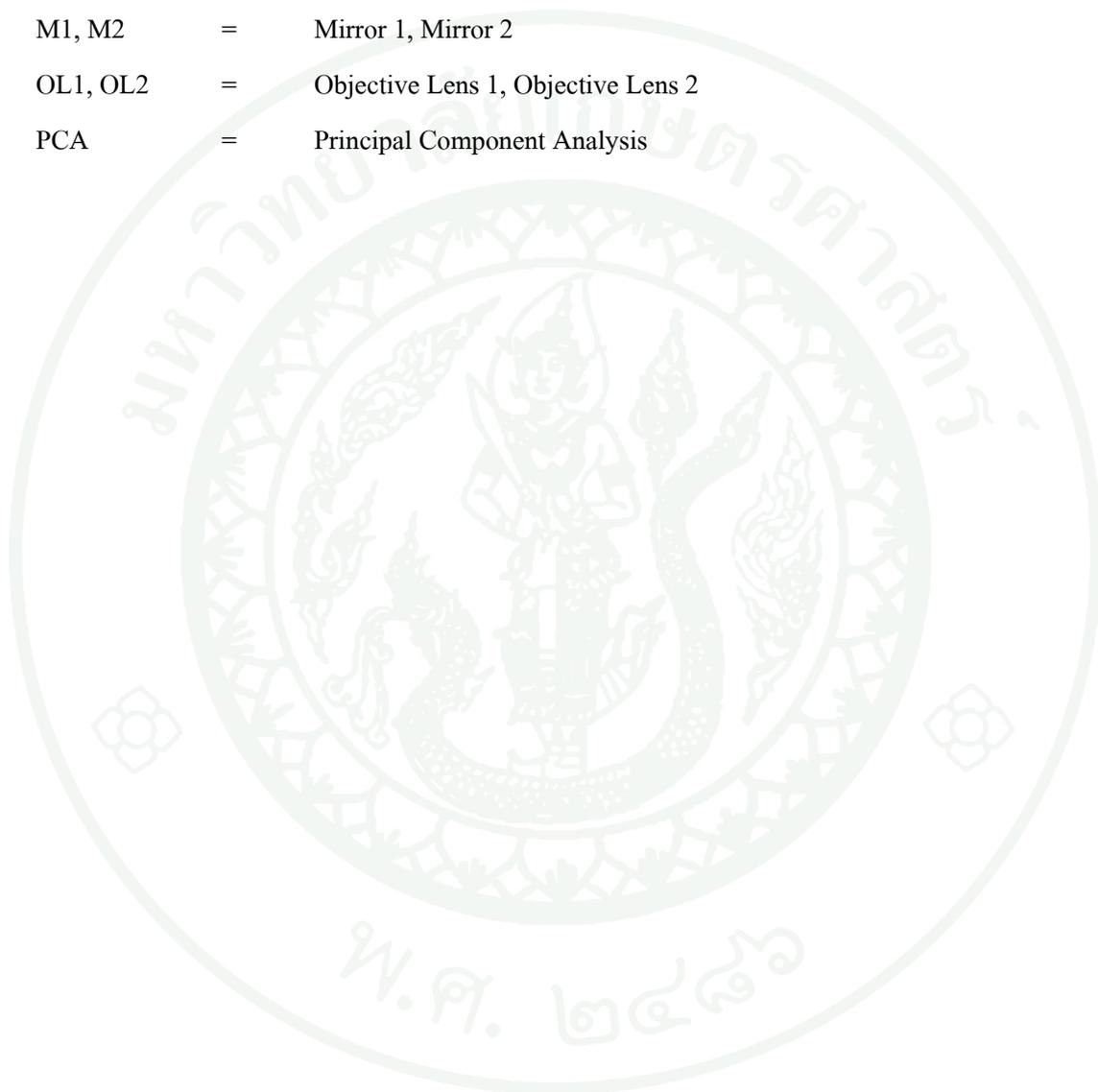
ภาพที่		หน้า
45	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วง	41
46	แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน	42
47	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับ ความเข้มแสงให้เท่ากัน ของแสงสีม่วง	42
48	แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ และเลือกสเปกตรัมที่ 560 – 700 นาโนเมตร	43
49	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียวโดยเลือกสเปกตรัมที่ 560 – 700 นาโนเมตร	43
50	แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ และเลือกสเปกตรัมที่ 560 – 700 นาโนเมตรโดยปรับความเข้มแสงวัด	44
51	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วงโดยเลือกสเปกตรัมที่ 560 – 700 นาโนเมตรและปรับความเข้มแสง	44
52	แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ และเลือกสเปกตรัมที่ 520 – 620 นาโนเมตร	45
53	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วง โดยเลือกสเปกตรัมที่ 520 – 620 นาโนเมตร	45
54	แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ และเลือกสเปกตรัมที่ 520 – 620 นาโนเมตร	46
55	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วง โดยเลือกสเปกตรัมที่ 520 – 620 นาโนเมตรและปรับความเข้มแสง	46
56	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่าง ไม้สัก 15 สีเข้ม สีอ่อน ไม้ H3 และไม้ H4 ของแสงสีเขียว ไม่ปรับความเข้มแสง	47

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
57	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่าง ไม้สัก 15 สีเข้ม, สีอ่อน และ ไม้ H3, H4 ของแสงสีเขียว ปรับความเข้มแสง	48
58	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่าง ไม้สัก 15 สีเข้ม, สีอ่อน และ ไม้ H3, H4 ของแสงม่วง ไม่ปรับความเข้มแสง	48
59	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างระหว่าง ไม้สัก15 สีเข้ม, สีอ่อน และ ไม้ H3, H4 ของแสงสีม่วง ปรับความเข้มแสง	49
60	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีเขียวไม่ ปรับความเข้มแสง	50
61	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีเขียว ปรับความเข้มแสง	50
62	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีม่วงไม่ ปรับความเข้มแสง	51
63	แสดงการวิเคราะห์ห้วงอวกาศประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีม่วงปรับ ความเข้มแสง	51

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

LIF	=	Laser Induced Fluorescence
nm	=	Nanometer
M1, M2	=	Mirror 1, Mirror 2
OL1, OL2	=	Objective Lens 1, Objective Lens 2
PCA	=	Principal Component Analysis



การวิเคราะห์ชนิดของไม้โดยใช้การวัดสเปกตรัมสารเรืองแสง

Analysis Wood Type using Fluorescence Spectra

คำนำ

การวิเคราะห์ชนิดของไม้มีความสำคัญมากในด้านอุตสาหกรรม เช่น ไม้เต็ง ไม้สัก ไม้ยาง เป็นต้น โดยที่ไม้ต่างชนิดกันจะมีลักษณะ คุณสมบัติและราคาที่แตกต่างกัน ทำให้การวิเคราะห์ชนิดของไม้มีความสำคัญเป็นอย่างยิ่ง ทั้งในด้านการรับรองชนิดของไม้ของผลิตภัณฑ์ที่ออกมาจากการผลิตเป็นที่ทราบกันดีว่าการวิเคราะห์ชนิดของไม้จำเป็นต้องให้ผู้เชี่ยวชาญวิเคราะห์ชนิดของไม้ว่าเป็นไม้ชนิดใด โดยที่ไม้บางชนิดอาจจะใช้เวลานานในการวิเคราะห์ชนิดของไม้ แต่การวิเคราะห์โดยใช้การวัดสเปกตรัมสารเรืองแสงจะทำให้ลดเวลาการวิเคราะห์ชนิดของไม้ โดยที่ในการทดลองได้มีการทดลองวัดสเปกตรัมสารเรืองแสงของไม้ชนิดต่างๆ ในประเทศไทย เช่น ไม้สัก ไม้จามจุรี ไม้ขนุน เป็นต้น ผลที่ได้เมื่อวิเคราะห์กราฟจากสเปกตรัมสารเรืองแสงของไม้แต่ละชนิดจะมีลักษณะของกราฟที่แตกต่างกัน

วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาความแตกต่างของกราฟสเปกตรัมสารเรืองแสงของไม้แต่ละชนิด
2. เปรียบเทียบกราฟสเปกตรัมสารเรืองแสงของไม้ชนิดเดียวกันแต่ใช้แสงในการวัดต่างชนิดกัน
3. เปรียบเทียบกราฟสเปกตรัมสารเรืองแสงของไม้ที่มาจากผลิตภัณฑ์กับ ไม้สดที่ได้จากต้น
4. เพื่อศึกษาการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักข้อมูลของกราฟสเปกตรัมสารเรืองแสงของไม้แต่ละชนิด
5. เปรียบเทียบกราฟที่ได้จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของไม้ทุกชนิด

ขอบเขตการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษากากราฟสเปกตรัมของไม้ชนิดต่างๆ เพื่อจำแนกไม้แต่ละชนิดออกจากกัน ในการทดลองนี้มีการเลือกชนิดของไม้ดังต่อไปนี้คือ ไม้สัก ไม้จามจุรี ไม้ฉันทน์ ไม้ยูคาลิปตัส ไม้ทุเรียน ไม้เปอร์เซียและไม้สาหลือ เป็นต้น สาเหตุที่เลือกไม้ดังกล่าวเพราะไม้ที่เลือกมาเป็นไม้เนื้ออ่อน เป็นที่นิยมใช้ในด้านอุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์และหาได้ง่าย ไม้ที่นำมาทำการทดลองนี้เป็นไม้ที่สดจากต้นไม้และเป็นไม้ที่ได้มาจากการแปรรูปแล้ว ในการทดลองนี้ได้ใช้แสงสีเดี่ยหรือมีความยาวคลื่นเดี่ยอยู่ คือ แสงสีเขียวได้จากเลเซอร์ไดโอดที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร และแสงสีม่วงได้มาจากหลอดแอลอีดีที่มีความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร โดยใช้แสงผ่านไปยังไม้ที่ใช้ในการทดลองแสงที่กระเจิงออกมาจะทำการวัดสเปกตรัมโดยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ ได้ข้อมูลเป็นคู่อันดับ นำข้อมูลที่ได้ไปสร้างกราฟและนำไปวิเคราะห์โดยใช้ค่าสถิติการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักเพื่อวิเคราะห์ความแตกต่างของไม้แต่ละชนิด

การตรวจเอกสาร

Alippi *et al.* (2001) ทำการศึกษาโดยการใช้แสงเลเซอร์เพื่อตรวจสอบข้อมูลต่างๆ เพื่อจัดประเภทของสิ่งที่ตรวจสอบ

Camorani *et al.* (2008) ทำการศึกษาโดยวิธีการจัดประเภทของไม้โดยใช้เลเซอร์ทำให้เกิดการวาวแสงในการวิเคราะห์ผลการวิจัย

Lavine *et al.* (2001) ทำการศึกษาโดยการจัดประเภทของไม้โดยใช้การหาสเปกตรัมการวาวแสงในการวิเคราะห์ผลการวิจัย

Nystrom and Hagman (1999) ทำการศึกษาโดยวิธีการหาสเปกตรัมเพื่อแยกประเภทของไม้สน

Orton *et al.* (2001) ทำการศึกษาโดยวิธีการใช้แสงในย่านอินฟราเรดเพื่อศึกษาลิกนินในไม้เนื้อแข็งและไม้เนื้ออ่อน

Piuri and Scotti (2010) ทำการศึกษาโดยวิธีการออกแบบในการวัดสเปกตรัมของการวาวแสงเพื่อแยกชนิดของไม้แบบปัจจุบัน

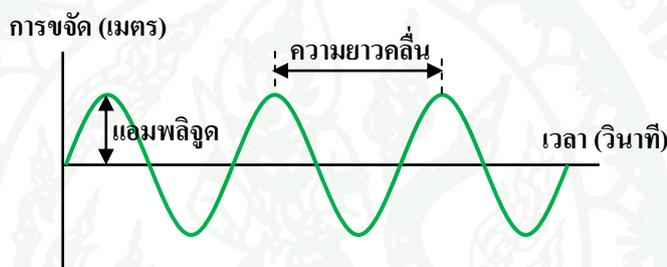
Schimleck *et al.* (1996) ทำการศึกษาโดยวิธีการใช้แสงในย่านใกล้อินฟราเรดเพื่อจำแนกประเภทของไม้ยูคาลิปตัส และใช้วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลักในการแยกประเภทของไม้ยูคาลิปตัส

Stone (1921) ทำการศึกษาคุณสมบัติทางกลศาสตร์ของไม้ เส้นใยไม้และเนื้อเยื่อของไม้

Tsuchikawa *et al.* (2005) ทำการศึกษาโดยวิธีการใช้แสงในย่านใกล้อินฟราเรดเพื่อศึกษาคูณสมบัติทางกายภาพและทางกลศาสตร์ของไม้ในขนาดระดับไมโครเมตร

1. ปรากฏการณ์คลื่น

คลื่น หมายถึง ลักษณะของการถูกรบกวน ที่มีการแผ่กระจาย เคลื่อนที่ออกไป ในลักษณะของการกวัดแกว่ง หรือกระเพื่อม และมักจะมีการส่งถ่ายพลังงานไปด้วย คลื่นเชิงกลซึ่งเกิดขึ้นในตัวกลาง (ซึ่งเมื่อมีการปรับเปลี่ยนรูป จะมีความเร็วยืดหยุ่นในการติดตัวกลับ) จะเดินทางและส่งผ่านพลังงานจากจุดหนึ่งไปยังอีกจุดหนึ่งในตัวกลาง โดยไม่ทำให้เกิดการเคลื่อนตำแหน่งอย่างถาวรของอนุภาคตัวกลาง คือไม่มีการส่งถ่ายอนุภาคนั้นเอง แต่จะมีการเคลื่อนที่แกว่งกวัด (oscillation) ไปกลับของอนุภาค อย่างไรก็ตามสำหรับ การแผ่รังสีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และการแผ่รังสีแรงดึงดูด นั้นสามารถเดินทางในสุญญากาศได้ โดยไม่ต้องมีตัวกลาง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แสดงคลื่นในรูปของการขจัด กับ เวลา

1.1 คลื่นแบ่งตามการเคลื่อนที่ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.1.1. คลื่นตามยาว (Longitudinal Wave) เป็นคลื่นที่การสั่นไหวของตัวกลางอยู่ในแนวเดียวกับการเคลื่อนตัวไปของระลอก คลื่น เช่นคลื่นของระลอกการยืดหดตัวของวงวดสปริง และ คลื่นเสียง

1.1.2. คลื่นตามขวาง (Transverse Wave) เป็นคลื่นที่การสั่นไหวของตัวกลางอยู่ในแนวขวางกับการเคลื่อนตัวไปของระลอกคลื่น เช่น คลื่นบนผิวน้ำและ แสง

1.2 คลื่นแบ่งตามความจำเป็นที่จะต้องใช้ตัวกลางเพื่อการส่งถ่ายพลังงาน ออกได้เป็น 2 ประเภท คือ

1.2.1 คลื่นเชิงกล (Mechanical Wave) เป็นคลื่นที่ต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานของระลอกคลื่นจากที่หนึ่ง ไปยังอีกที่หนึ่ง เช่นคลื่นน้ำ, คลื่นเสียง, คลื่นของระลอกการยืดหดตัวของวงวดสปริง

1.2.2 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic Wave) เป็นคลื่นที่ไม่จำเป็นต้องอาศัยตัวกลางในการส่งถ่ายพลังงานของระลอกคลื่นจาก ที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง โดยจะสามารถเคลื่อนตัวผ่านบริเวณสุญญากาศ (Vacuum) ได้ เช่น แสง คลื่นวิทยุ เป็นต้น

สมการคลื่นเป็นดังนี้

$$Y = A \sin 2\pi vt \quad (1)$$

Y เป็นการขจัด คือระยะทางที่คลื่น ไปได้ที่เวลา t ใดๆ โดยวัดจากตำแหน่งปกติ

A เป็นแอมพลิจูด เป็นความสูงของสันคลื่นหรือท้องคลื่นที่วัดจากความสูงปกติ (ความสูงของคลื่น)

T เป็น คาบ เป็นช่วงเวลาที่คลื่นใช้ในการวนครบรอบในการกวัดแกว่ง ความถี่ f คือจำนวนรอบที่คลื่นกวัดแกว่งครบรอบ ในหนึ่งหน่วยเวลา (เช่น ใน 1 วินาที) และมีหน่วยของการวัดเป็น เฮิรตซ์ โดยมีความสัมพันธ์

$$f = \frac{1}{T} \quad (2)$$

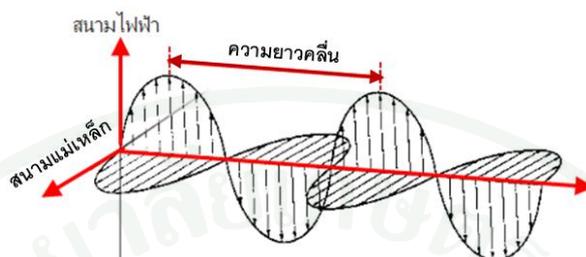
บางครั้งสมการทางคณิตศาสตร์ของคลื่นอาจอยู่ในรูปของ ความถี่เชิงมุม (angular frequency) นิยมใช้สัญลักษณ์ ω และมีหน่วยเป็น เรเดียนต่อวินาที และมีความสัมพันธ์กับ f ดังต่อไปนี้

$$f = \frac{\omega}{2\pi} \quad (3)$$

2. คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เป็นคลื่นชนิดหนึ่งที่ไม่ต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่ เช่น คลื่นวิทยุ คลื่นไมโครเวฟ คุณสมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าคือเป็นคลื่นที่เกิดจากคลื่นไฟฟ้าและ คลื่นแม่เหล็กตั้งฉากกันและเคลื่อนที่ไปยังทิศทางเดียวกัน คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสามารถเดินทางด้วยความเร็ว 299,792,458 m/s หรือเทียบเท่ากับความเร็วแสงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า เกิดจากการรบกวนทางแม่เหล็กไฟฟ้า (Electromagnetic disturbance) โดยการทำให้สนามไฟฟ้าหรือสนามแม่เหล็กมี

การเปลี่ยนแปลง เมื่อสนามไฟฟ้ามีการเปลี่ยนแปลงจะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามแม่เหล็ก หรือถ้าสนามแม่เหล็กมีการเปลี่ยนแปลงก็จะเหนี่ยวนำให้เกิดสนามไฟฟ้า ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แสดงคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

สมการคลื่นของสนามแม่เหล็กและสนามไฟฟ้าเป็นดังนี้

$$H = H_{max} \sin 2\pi vt \quad (4)$$

$$E = E_{max} \sin 2\pi vt \quad (5)$$

H_{max} และ E_{max} แทนแอมพลิจูดของคลื่นสนามแม่เหล็กและคลื่นสนามไฟฟ้าตามลำดับ

คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นตามขวาง ประกอบด้วยสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็กที่มีการสั่นในแนวตั้งฉากกัน และอยู่บนระนาบตั้งฉากกับทิศการเคลื่อนที่ของคลื่น คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเป็นคลื่นที่เคลื่อนที่โดยไม่อาศัยตัวกลาง จึงสามารถเคลื่อนที่ในสุญญากาศได้

2.1 สเปกตรัม (Spectrum) ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจะประกอบด้วยคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่และความยาวคลื่นแตกต่างกัน ซึ่งครอบคลุมตั้งแต่ คลื่นแสงที่ตามองเห็น อัลตราไวโอเลต อินฟราเรด คลื่นวิทยุ โทรทัศน์ ไมโครเวฟ รังสีเอกซ์ รังสีแกมมา เป็นต้น ดังนั้นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าจึงมีประโยชน์มากในการสื่อสารและโทรคมนาคม และทางการแพทย์

2.2 สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

2.2.1 ไม่ต้องใช้ตัวกลางในการเคลื่อนที่

2.2.2 อัตราเร็วของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าทุกชนิดในสุญญากาศเท่ากับ $299,792,458 \text{ m/s}$ ซึ่งเท่ากับ อัตราเร็วของแสง

2.2.3 เป็นคลื่นตามขวาง

2.2.4 ถ่ายเทพลังงานจากที่หนึ่งไปอีกที่หนึ่ง

2.2.5 ถูกปล่อยออกมาและถูกดูดกลืนได้โดยสสาร

2.2.6 ไม่มีประจุไฟฟ้า

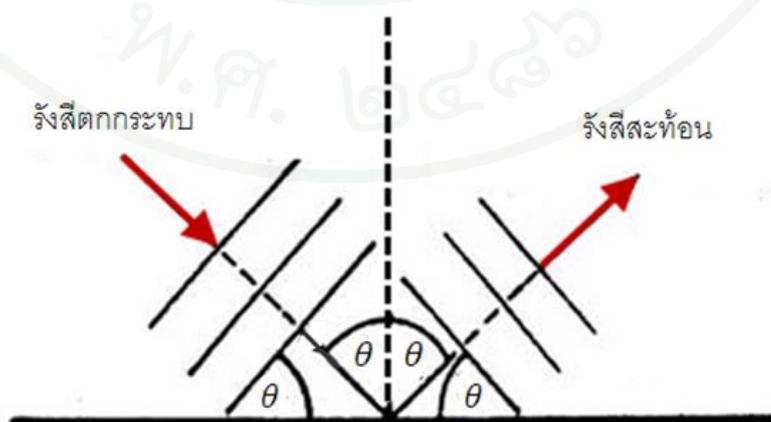
2.2.7 คลื่นสามารถแทรกสอด สะท้อน หักเห และเลี้ยวเบนได้

3. สมบัติของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ปรากฏการณ์ที่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าแสดงสมบัติเชิงคลื่นได้แก่ การสะท้อน (Reflection) การหักเห (Refraction) การแทรกสอด (Interference) และการเลี้ยวเบน (diffraction) ปรากฏการณ์ทั้ง 4 นี้ อาจทำให้อัตราเร็วและความยาวคลื่นเปลี่ยนไป แต่ไม่ทำให้ความถี่ของคลื่นเปลี่ยนไป

3.1 การสะท้อนของคลื่น (Reflection)

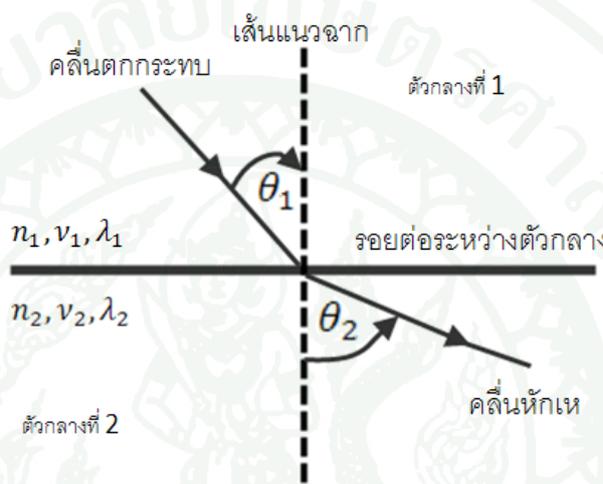
เมื่อคลื่นเคลื่อนที่กระทบกับสิ่งกีดขวางแล้วเปลี่ยนทิศทางกลับมาในตัวกลางเดิม ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการสะท้อน คลื่นที่เคลื่อนที่ไปกระทบปลายสุดของตัวกลางก่อนเกิดการสะท้อนเรียกว่า คลื่นตกกระทบ ส่วนคลื่นที่เคลื่อนที่กลับมาเรียกว่าคลื่นสะท้อนกฎของการสะท้อนกล่าวว่า มุมตกกระทบเท่ากับมุมสะท้อน ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 แสดงรังสีตกกระทบและรังสีสะท้อนของคลื่น

3.2 การหักเหของคลื่น (Refraction)

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่ผ่านรอยต่อระหว่างตัวกลางต่างชนิดกัน แล้วทำให้อัตราเร็วของคลื่น ความยาวคลื่น และทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นเปลี่ยนแปลงไป แต่ความถี่ของคลื่นยังคงเดิมไม่เปลี่ยนแปลงเรียกว่าการหักเหของคลื่นดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แสดงการหักเหในตัวกลางของคลื่น

กฎของสเนลกล่าวว่า “อัตราส่วนของมุม sine ของมุมตกกระทบกับ sine ของมุมหักเห มีค่าเท่ากับอัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่คลื่นตกกระทบกับอัตราเร็วของคลื่นในตัวกลางที่คลื่นหักเห” เขียนเป็นสมการได้ดังนี้

$$\frac{\sin\theta_1}{\sin\theta_2} = \frac{v_1}{v_2} = \frac{n_2}{n_1} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad (6)$$

มุมตกกระทบ (θ_1) คือมุมที่ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นตกกระทบทำกับเส้นแนวฉาก หรือมุมที่หน้าคลื่นตกกระทบทำกับรอยต่อระหว่างตัวกลาง

มุมหักเห (θ_2) คือมุมที่ทิศการเคลื่อนที่ของคลื่นหักเหทำกับเส้นแนวฉาก หรือมุมที่หน้าคลื่นหักเหทำกับเส้นรอยต่อระหว่างตัวกลาง

การหักเหของแสง คือ การเคลื่อนที่ของแสงผ่านรอยต่อของตัวกลางสองตัวกลาง เรียกว่าการหักเหของแสง และแสงที่เคลื่อนที่ผ่านผิวรอยต่อเข้าไปอีกตัวกลางหนึ่งเรียกว่า รังสีหักเห ถ้ารังสีตกกระทบที่ผิวรอยต่อไม่ตั้งฉากกับผิวรอยต่อของตัวกลางทั้ง 2 รังสีหักเหจะเปลี่ยนทิศทางการเคลื่อนที่

ดัชนีหักเหของตัวกลาง คือ อัตราส่วนระหว่างอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศกับอัตราเร็วของแสงในตัวกลางนั้น ถ้าให้ n แทน ดรรชนีหักเหของตัวกลาง จะได้

$$n = \frac{c}{v} \quad (7)$$

โดย c แทนอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ

v แทนอัตราเร็วของแสงในตัวกลาง

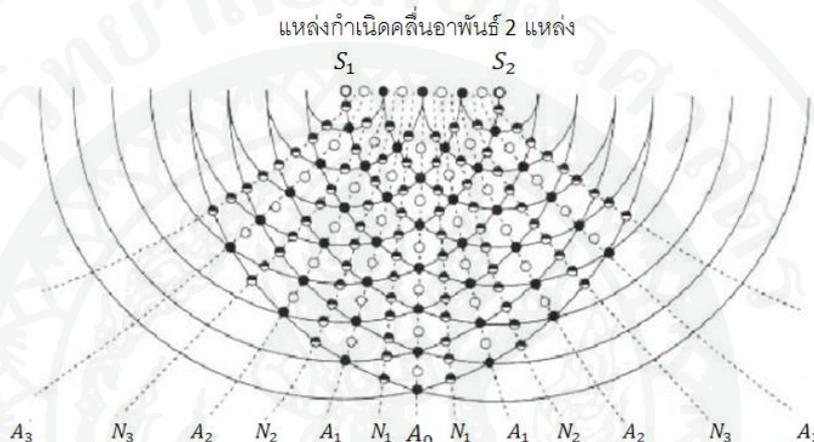
ดรรชนีหักเหเป็นปริมาณไม่มีหน่วย เช่น ดรรชนีหักเหของอากาศเท่ากับ 1 ซึ่งเป็นการประมาณค่าโดยใช้อัตราเร็วของแสงในอากาศเท่ากับอัตราเร็วของแสงในสุญญากาศ ในการหาค่า ดรรชนีหักเหของวัตถุในตัวกลางอื่น หาได้โดยให้แสงเดินทางจากอากาศผ่านเข้าไปในวัตถุหรือตัวกลางสสารแต่ละชนิดจะมีค่าดัชนีหักเหที่แตกต่างกันดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าดรรชนีหักเหของสสาร

สสาร	ดรรชนีหักเห
น้ำแข็ง	1.309
น้ำ	1.333
ฟลูออไรด์	1.434
กลีเซอริน	1.437
แก้วคราวน์	1.52
เบนซีน	1.501
โซเดียมคลอไรด์	1.544

3.3 การแทรกสอดของคลื่น (Interference)

เมื่อคลื่นต่อเนื่องที่ถือว่าเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์ 2 แหล่งเคลื่อนที่เข้าหากัน หรือคลื่นที่มีความยาวคลื่น ความถี่ และแอมพลิจูดเท่ากัน เคลื่อนที่เข้าหากัน โดยมีเฟสตรงกันหรือต่างกัน เคลื่อนที่เข้าหากันจะเกิดการซ้อนทับกันระหว่างคลื่นต่อเนื่องทั้งสอง เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า การแทรกสอดของคลื่น ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แสดงการแทรกสอดของแหล่งกำเนิดคลื่นอาพันธ์ทั้ง 2 แหล่ง

การแทรกสอดของคลื่นแบ่งเป็น 2 ประเภทคือ

3.3.1 การแทรกสอดแบบเสริมกัน (constructive interference) เกิดจากสันคลื่นของคลื่นทั้งสองมารวมกัน คลื่นลัพธ์ที่เกิดขึ้น จะมีวันคลื่นสูงกว่าเดิม และมีท้องคลื่นลึกกว่าเดิม และจะเรียกตำแหน่งนั้นว่า ปฏิบัพ (Antinode)

3.3.2 การแทรกสอดแบบหักล้าง (destructive interference) เกิดจากสันคลื่นจากแหล่งกำเนิดหนึ่งมารวมกับ ท้องคลื่นของ อีกแหล่งกำเนิดหนึ่ง คลื่นลัพธ์ที่เกิดขึ้นจะมีสันคลื่นต่ำกว่าเดิม และท้องคลื่นตื้นกว่าเดิม และเรียกตำแหน่งนั้นว่า บัพ (Node)

ปรากฏการณ์แทรกสอดอธิบายได้ด้วยหลักฮอยเกนส์ คือ s_1 และ s_2 ทำหน้าที่เป็นต้นกำเนิดคลื่นใหม่ที่มีความเร็วเท่าเดิม และส่งคลื่นอาพันธ์ออกมา

ให้ d เป็นระยะทางระหว่าง s_1 และ s_2 และ L เป็นระยะจากช่องเล็กยาวคู่ไปยังฉาก โดย $L \gg d$ P เป็นจุดบนฉาก ทำมุม θ กับแนวราบที่จุดกึ่งกลางระหว่าง s_1 และ s_2 ดังรูป เนื่องจาก $BP \cong s_1P$ ดังนั้นผลต่างของเส้นระหว่างคลื่นจาก s_1 และ s_2 ไปยัง P คือ s_1B จึงเป็น $d \sin \theta$ ถ้า s_1B เป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่น λ การแทรกสอดที่จุด P จึงเป็นแบบเสริมกัน (constructive interference) จึงได้ริ้วสว่างบนฉาก ดังสมการของริ้วสว่างจึงเป็น

$$\delta = d \sin \theta = m \lambda ; m = 1, 2, 3, \dots \quad (8)$$

ในทำนองเดียวกันถ้าจุด P เป็นตำแหน่งที่ผลต่างของเส้นทางเดินของคลื่นเป็นจำนวนครึ่งของความยาวคลื่น การแทรกสอดจะเป็นแบบหักล้าง (destructive interference) นั่นคือได้ริ้วมืดบนฉาก ดังนั้นสมการของริ้วมืดจึงเป็น

$$\delta = d \sin \theta = \left(m + \frac{1}{2}\right) \lambda ; m = 1, 2, 3, \dots \quad (9)$$

ถ้าให้ y_m เป็นระยะจากริ้วสว่างตรงกลาง ($m = 0$) ไปยังกึ่งกลางริ้วสว่างที่ m ใดๆ

$$y_m = L \tan \theta_m \quad (10)$$

การแทรกสอดของแสงเกิดขึ้นเมื่อคลื่นแสงอาพันธ์ (Coherent light) ตั้งแต่สองคลื่นเคลื่อนที่มาซ้อนกัน การกระจัดลัพธ์เป็นไปตามหลักการซ้อนทับ (superposition principle) คือขึ้นอยู่กับเฟสและแอมพลิจูดของคลื่น

แสงอาพันธ์หมายถึง แสงที่มีความถี่เดียวกัน รูปร่างคลื่นเหมือนกันและมีผลต่างเฟสคงตัว โดยความเป็นจริงแล้วไม่สามารถหาแหล่งกำเนิดคลื่นแสงอาพันธ์ในธรรมชาติได้ โดยทั่วไปจะใช้แสงจากต้นกำเนิดเดียวให้ผ่านช่องเปิดเล็กๆ และใช้แสงจากช่องเปิดเล็กๆ เหล่านั้นเป็นแหล่งกำเนิดอาพันธ์

3.4 การเลี้ยวเบนของคลื่น (diffraction)

เมื่อคลื่นเคลื่อนที่พบสิ่งกีดขวางจะสะท้อน แต่สิ่งกีดขวางนั้นกั้นการเคลื่อนที่ของคลื่นแต่เพียงบางส่วน พบว่าคลื่นบางส่วนมีส่วนคลื่นหนึ่งแผ่กระจายจากขอบของเครื่องสิ่งกีดขวางไปทางด้านหลังของสิ่งกีดขวางปรากฏการณ์ของคลื่นเช่นนี้เรียกว่า การเลี้ยวเบนของคลื่น

4. สเปกโทรสโกปี (spectroscopy)

สเปกโทรสโกปี (spectroscopy) จัดเป็นวิธีการศึกษาเกี่ยวกับการเกิดอันตรกิริยาระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับสารแล้วมีการดูดกลืนหรือการปล่อยคลื่นแสงออกจากสาร ในปัจจุบันสเปกโทรสโกปีมีขอบเขตกว้างขวางมาก โดยครอบคลุมถึงการศึกษาการเกิดอันตรกิริยาระหว่างสารกับพลังงานในรูปแบบอื่น

สเปกโทรเมตรีเป็นการวัดความเข้มของคลื่นแสงด้วยอุปกรณ์ที่แปลงค่าความเข้มของคลื่นแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้า (photoelectric transducer) หรืออุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์ (electronic device) เครื่องมือที่ใช้ทางด้านวิธีสเปกโทรเมตรีเรียกว่า สเปกโทรมิเตอร์ (spectrometer)

การตรวจวัดปริมาณคลื่นแสงหลังผ่านสารแล้วสามารถวัดได้หลายวิธีขึ้นอยู่กับการใช้ความยาวคลื่นในช่วงใดของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า อย่างไรก็ตามทุกวิธีทางสเปกโทรเมตรีจะวัดค่าตัวแปร 2 ตัวหลัก ดังนี้

1. ความยาวคลื่นหรือพลังงานที่เหมาะสมค่าหนึ่งของคลื่นแสง
2. ปริมาณคลื่นแสง ณ ความยาวคลื่นที่เหมาะสมค่าหนึ่ง

อะตอม โมเลกุลหรือไอออนของสารจะดูดกลืนที่ความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งเท่านั้น ส่วนความยาวคลื่นในช่วงอื่นอาจจะไม่ถูกดูดกลืนเลยก็ได้ ในทำนองเดียวกัน การปล่อยคลื่นแสงจะให้ความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่ง สำหรับความยาวคลื่นในช่วงอื่นๆ จะไม่ถูกปล่อยออกมา นั่นคือการดูดกลืนหรือการปล่อยคลื่นแสงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่ต้องการตรวจหาที่อยู่ในสาร โดยที่ความยาวคลื่นเฉพาะค่าหนึ่งจะยังคงเท่าเดิม ไม่ว่าจะมามีปริมาณขององค์ประกอบที่ต้องการตรวจหา

นอกจากนี้สเปกตรัมของโมเลกุลที่ได้จากวิธีทางสเปกโทรเมตรีทำให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้างของโมเลกุล สมบัติทางเคมี สมมาตรของโมเลกุล ความยาวพันธะ มุมพันธะ พลังงานพันธะ การเปลี่ยนแปลงแรงยึดเหนี่ยวระหว่างโมเลกุลและการเปลี่ยนแปลงแรงยึดเหนี่ยวภายในโมเลกุล

การวิเคราะห์ทางสเปกโทรเคมี (spectrochemical method) ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการศึกษาโครงสร้างโมเลกุล ปริมาณวิเคราะห์และคุณภาพวิเคราะห์ของสารอินทรีย์และสารอนินทรีย์ ดังนั้นความเข้าใจเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การเกิดอันตรกิริยาระหว่างคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับสารการดูดกลืนและการปล่อยคลื่นแสงของสาร จัดเป็นความรู้พื้นฐานทางด้านสเปกโทรสโกปี

4.1 สมบัติเชิงอนุภาคของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ในปี ค.ศ. 1900 มิกซ์ พลังค์ (Max Planck) นักฟิสิกส์ชาวเยอรมัน ได้เสนอทฤษฎีควอนตัม (Quantum theory) เพื่อนำมาอธิบายปรากฏการณ์การแผ่รังสีของวัตถุดำโดยสมมุติว่าพลังงานที่เกิดจากการสั่นสะเทือนของอะตอมไม่ได้มีทุกค่า แต่มีเพียงบางค่าหรือเป็นจำนวนเท่าของค่าๆ หนึ่งเท่านั้นเรียกว่าควอนตัมของพลังงานนั้นคือความถี่ของรังสีที่แผ่ออกมาจากวัตถุดำจะมีความถี่เท่ากับความถี่ของการสั่นสะเทือนของอะตอม ซึ่งสัมพันธ์กับพลังงานที่แผ่ออกมา ดังสมการ

$$E = nh\nu = \frac{nh\nu}{\lambda} \quad (11)$$

เมื่อ h เป็นค่าคงที่ของพลังค์มีค่าเท่ากับ 6.626×10^{-34} จูล-วินาที

n เรียกว่า เลขควอนตัม เป็นเลขจำนวนเต็ม (1, 2, 3,...)

E เป็นควอนตัมพลังงาน พลังงานควอนตัมของรังสีที่มีความถี่ต่ำจะมีพลังงานน้อยกว่าพลังงานควอนตัมรังสีที่มีความถี่สูง

4.2 พลังงานของคลื่นแสง

คลื่นแสงแต่ละความถี่ประกอบด้วยกลุ่มโฟตอน โฟตอนแต่ละโฟตอนจะมีพลังงานเท่ากับ $h\nu$ จุฬต่อ 1 โฟตอน พลังงานของแต่ละ 1 โฟตอน ใช้บอกความแตกต่างของสีได้เพราะโฟตอนของแต่ละคลื่นแสงมีความถี่ที่แตกต่างกัน จึงมีพลังงานที่แตกต่างกันด้วยและไปมีผลต่อการเห็น ดังแสดงในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 แสดงถึง ชนิดของคลื่นแสง ความถี่ ความยาวคลื่น และสีของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า

ชนิดและสีของคลื่นแสง	ความถี่ 10^{14} Hz	ความยาวคลื่น nm	พลังงานต่อ 1 โฟตอน 10^{-19} J
อัลตราไวโอเล็ต	8.4	350	5.7
ม่วง	7.1	420	4.7
น้ำเงิน	6.4	470	4.2
เขียว	5.7	530	3.8
เหลือง	5.2	580	3.4
ส้ม	4.8	620	3.2
แดง	4.3	700	2.8
อินฟราเรด	3.0	1000	2.0

4.3 การเกิดอันตรกิริยาระหว่างโฟตอนกับสาร

การเกิดอันตรกิริยาระหว่างสารกับกลุ่มของโฟตอนทำให้ทราบข้อมูลเกี่ยวกับสาร โดยผ่านพลังงานในรูปความร้อน พลังงานไฟฟ้า คลื่นแสง พลังงานจลน์ของอนุภาค และพลังงานที่ได้จากปฏิกิริยาเคมี ไปกระตุ้นหรือเกิดอันตรกิริยากับอะตอมหรือโมเลกุล หรือไอออนของสารที่อยู่ในระดับพลังงานพื้น แล้วทำให้กระโดดไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่าหรือสภาวะเร้า ข้อมูลของสารที่ถูกกระตุ้นจะถูกวัดโดยการปล่อยพลังงานออกมาเมื่อสารอยู่ในสภาวะกระตุ้นกลับคืนสู่สภาวะพื้นหรือวัดปริมาณพลังงานที่สารดูดกลืนเพื่อทำให้เกิดการกระตุ้น

4.4 การเกิดอันตรกิริยาของสารกับคลื่นแสง

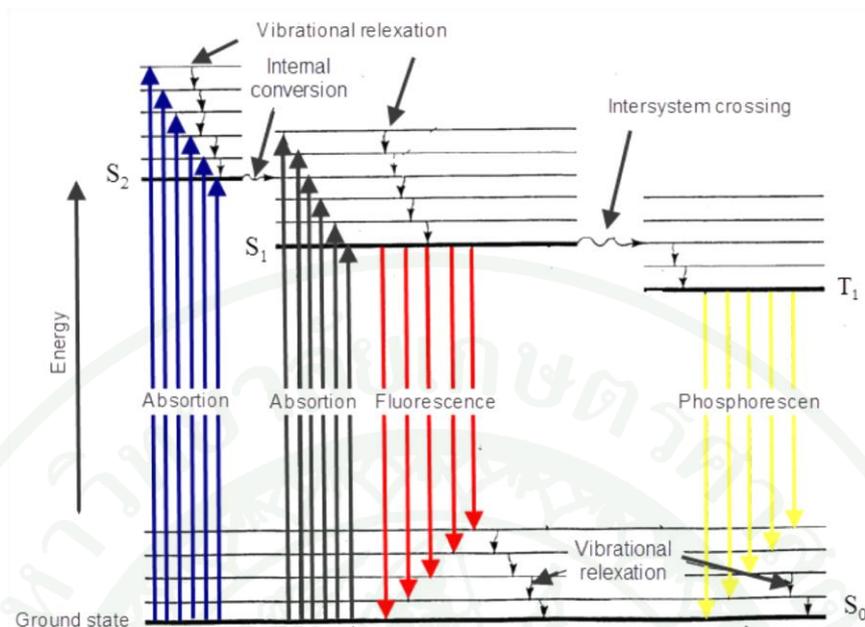
เมื่อให้คลื่นแสงผ่านเข้าไปยังสารที่จะวิเคราะห์โฟตอนของคลื่นแสงจะเกิดอันตรกิริยากับสารได้ และพบว่าคลื่นแสงบางส่วนถูกดูดกลืนบางส่วนเกิดการส่งผ่านบางส่วนเกิดการสะท้อนกลับ บางส่วนเกิดการโพลาไรซ์ บางส่วนเกิดการวาวแสงหรือเกิดการเรืองแสง และบางส่วนเกิดการกระเจิงแสงในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง หรือเกิดขึ้นหลายรูปแบบในเวลาเดียวกัน

4.5 การดูดกลืนแสงของอะตอม

อะตอมดูดกลืนคลื่นแสงในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิลจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานของอิเล็กตรอนที่อยู่วงนอกสุด คือเปลี่ยนจากสถานะพื้นไปอยู่ในระดับพลังงานที่สูงกว่า ความยาวคลื่นของคลื่นแสงที่อะตอมดูดกลืนแล้วพอดีกับผลต่างของระดับพลังงานที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนสถานะของอิเล็กตรอนในอะตอมได้ เรียกว่าความยาวคลื่นเรโซแนนซ์

4.6 การเกิดปรากฏการณ์วาวแสง (Fluorescence)

การเกิดปรากฏการณ์วาวแสง (ฟลูออเรสเซนซ์) คือเมื่ออิเล็กตรอนในโมเลกุลได้รับพลังงานคลื่นแสงที่เหมาะสมในช่วงอัลตราไวโอเล็ตและวิสิเบิลเป็นผลทำให้อิเล็กตรอนอยู่ในสถานะเร้า หลังจากอยู่ในสถานะเร้าประมาณ 10^{-8} วินาที ก็จะกลับสู่สถานะพื้น จะเห็นว่าในสถานะเร้านั้นสั้นมากๆ จำนวนโมเลกุลในสถานะเร้านั้นจะเกิดขึ้นก่อนที่มันจะคายพลังงานออกมาในรูปการวาวแสงเมื่อกลับสู่สถานะพื้น พลังงานที่คายออกมาอาจจะเท่ากับหรือมากกว่าที่โมเลกุลได้รับก็ได้ถ้าเท่าเดิมคือ ความยาวคลื่นไม่เปลี่ยน เรียกว่า เรโซแนนซ์ฟลูออเรสเซนซ์ (Resonance fluorescence) แต่ถ้าคายคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นมากกว่าจะเรียกว่า นอร์มอลฟลูออเรสเซนซ์ (Normal fluorescence) ปรากฏการณ์นี้เรียกว่าการเลือนจางหะ ดังภาพที่ 6



ภาพที่ 6 แสดงไดอะแกรมของระดับพลังงานที่เกิดขึ้นของขบวนการดูดกลืน และขบวนการผ่อนคลาย

จากภาพที่ 6 เมื่อเมื่อสารดูดกลืนคลื่นแสงจะเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานสถานะพื้น (S_0) ไปยังระดับพลังงานที่มีพลังงานสูงขึ้น (S_1) หรือ (S_2) ที่ระดับ S_2 จะมีระดับพลังงานสูงกว่า S_1 หลังจากการเกิดผ่อนคลายการสั่น (Vibrational relaxation) แล้วมันจะเกิดการแปลงผันภายใน (Internal conversion) ไปยังระดับพลังงาน S_1 แล้วเกิดการผ่อนคลายของการสั่นจากนั้นก็คายพลังงานในรูปฟลูออเรสเซนซ์ กลับสู่พลังงานในสถานะพื้น (S_0) ในบางกรณีนั้นที่ระดับพลังงาน S_1 หลังจากเกิดการผ่อนคลายการสั่นจะเกิดการส่งข้ามไปยังระดับพลังงานที่ระดับพลังงาน T_1 ก็จะเกิดการผ่อนคลายของการสั่นก่อนจะคายพลังงานโฟตอนกลับสู่ระดับพลังงาน T_1 ก็จะเกิดการผ่อนคลายของการสั่นก่อนจะคายพลังงานโฟตอนกลับสู่ระดับพลังงาน S_0 ซึ่งเป็นปรากฏการณ์เรืองแสง (Phosphorescence)

4.7 การใช้เลเซอร์กระตุ้นให้เกิดการวาวแสง (Laser Induced Fluorescence, LIF)

เป็นวิธีการที่ใช้สำหรับการศึกษาโครงสร้างของโมเลกุล โดยทั่วไป LIF ใช้เพื่ออธิบายและวิเคราะห์สมบัติต่างๆ ของสาร โดยอาศัยหลักธรรมชาติ คือสารแต่ละชนิดจะมีการสั่นตาม

ธรรมชาติ (normal mode) ที่แตกต่างกัน คือตอบสนองต่อความยาวคลื่นที่กระตุ้นต่างกัน ดังนั้นสเปกตรัมที่ได้จาก LIF จึงมีความแตกต่างกันสำหรับสารที่ต่างกัน

5. หลักเกณฑ์การแบ่งไม้เนื้ออ่อนไม้เนื้อแข็งตามมาตรฐานของกรมป่าไม้

ไม้การค้าแบ่งออกเป็นสองชนิด คือ ไม้เนื้ออ่อน (Softwoods) และ ไม้เนื้อแข็ง (Hardwoods) โดยอาศัยวิชาการทางพฤกษศาสตร์เป็นรากฐานในการแบ่งออกเป็นสองชนิดดังกล่าวคือ

5.1 ไม้เนื้ออ่อน เป็นไม้ที่ได้จากต้นไม้พวกสน ที่มีลักษณะใบเรียวยาวเล็ก ผลมีรูปลักษณะเป็นรูปทรงกรวย ต้นไม้พวกนี้ส่วนมากขึ้นอยู่ในที่สูงมีอากาศเย็นในประเทศที่มีอากาศหนาว ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้ออ่อนเป็นแบบธรรมดาซึ่งแตกต่างจากไม้เนื้อแข็ง อย่างชัดเจน และมีความเหมาะสมในการใช้งานก่อสร้างได้ ถึงว่าจะมีเนื้อไม้ของไม้สนหลายชนิดค่อนข้างอ่อนแต่ก็ง่ายต่อการไสตบแต่ง มีน้ำหนักเบาและแข็งแรงที่จะใช้สำหรับงานก่อสร้างโดยทั่วไปได้เช่นกัน

5.2 ไม้เนื้อแข็ง เป็นไม้ที่ได้มาจากต้นไม้ที่มีใบกว้าง ซึ่งเป็นไม้จำนวนมากที่มีอยู่ในป่าไม้ของประเทศไทย ไม้ที่เป็นของไทยส่วนมากหรือทั้งหมดที่เป็นการค้าเป็นไม้เนื้อแข็งมีจำนวนหลายสิบชนิด ลักษณะโครงสร้างของไม้เนื้อแข็งมีความยุ่งยากซับซ้อนกว่าไม้เนื้ออ่อน และมีลักษณะแตกต่างระหว่างไม้เนื้อแข็งด้วยกันเองมาก คุณสมบัติของไม้เนื้อ

6. ลักษณะโดยทั่วไปของไม้แต่ละชนิด

6.1 ไม้ฉันทน์ เป็นต้นไม้ขนาดกลาง ขึ้นในป่าดิบชื้นและป่าโปร่งชื้น ลักษณะไม้สีชมพูอ่อน ถึงน้ำตาลแกมชมพู เป็นมันเลื่อม เส้นตรงหรือเป็นลูกคลื่น หรือสับสนข้างเล็กน้อย เนื้อหยาบปานกลาง เลื่อนผ้าไสกบตบแต่งได้ง่ายๆ น้ำหนักโดยเฉลี่ยประมาณ 575 กิโลกรัมต่อลูกบาศก์เมตร ใช้ทำไม้พื้นเพดานและฝา ทำเครื่องเรือน หีบใส่ของต่างๆ

6.2 ไม้สักในประเทศไทยใช้ชื่อการค้าเป็นภาษาอังกฤษว่า Teak มีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า *Tectona grandis* Linn.f. วงศ์ Verbenaceae เป็นต้นไม้ขนาดใหญ่ ขึ้นเป็นหมู่ในป่าเบญจพรรณทางภาคเหนือและบางส่วนของภาคกลางและตะวันตก ลักษณะเนื้อไม้สีเหลืองทองนานเข้าจะกลายเป็นสีน้ำตาลหรือน้ำตาลแก้มักคลื่น เหมือนหนังฟอกเก่าๆ และมีน้ำมันในตัวมักมีเส้นสีแก่แทรกเสี้ยน

ตรงเนื้อหยาบและไม่สม่ำเสมอ แข็งพอประมาณแข็งแรงทนทานที่สุดปลวกมอดไม่ทำอันตรายนำไปเลี้ยง ไสกบตกแต่งง่าย แกะสลักได้ดี ชักงาได้ง่ายและดีมากเป็น

6.3 ไม้จามจรีเป็นพืชตระกูลถั่ว (Family Leguminosae) อนุวงศ์สะตอ (Sub-Family Mimosaceae) มีชื่อทางพฤกษศาสตร์ว่า *Samanea saman* Jacq Merr. ส่วนชื่อที่เป็นที่รู้จักในประเทศไทยได้แก่ จามจรี ก้ามปู ฉำฉา ในภาษาอังกฤษชื่อที่เรียกกันแพร่หลาย คือ Rain tree ซึ่ง เรือนยอดแผ่กว้างคล้ายรูปร่มเรือนยอดสูงประมาณ 40 ฟุต สูง 20 – 30 เมตร เปลือกสีดำ แตกและร่อนลักษณะเนื้อไม้มีลวดลายสวยงาม แก่นสีดำ แตกและร่อนลักษณะเนื้อไม้มีลวดลายสวยงาม

6.4 ทูเรียน เป็นไม้ผลในวงศ์ฝ้าย (Malvaceae) ในสกุลทูเรียน (Durio) ถึงแม้ว่านักอนุกรมวิธานบางคนจัดให้อยู่ในวงศ์ทูเรียน (Durionaceae) ก็ตามเป็นผลไม้ซึ่งได้ชื่อว่าเป็นราชาของผลไม้ ผลทูเรียนมีขนาดใหญ่และมีหนามแข็งปกคลุมทั่วเปลือก อาจมีขนาดยาวถึง 30 ซม. และอาจมีเส้นผ่าศูนย์กลางยาว ถึง 15 ซม. โดยทั่วไปมีน้ำหนัก 1-3 กิโลกรัม ผลมีรูปรีถึงกลม เปลือกมีสีเขียวถึงน้ำตาล เนื้อในมีสีเหลืองซีดถึงแดง แตกต่างกันไปตามสปีชีส์

6.5 ไม้สยาเหลือง เป็น ไม้เนื้ออ่อน การดูแลรักษา - มีความทนทานปานกลาง ไม้ควรอยู่ในที่ชื้น ลักษณะการใช้งาน - ใช้สำหรับงานก่อสร้างเป็นไม้ค้ำยัน ลักษณะเนื้อไม้ - เนื้อไม้ออกสีเหลืองมีเสี้ยนหยาบ

6.6 ยูคาลิปตัส (Eucalyptus) เป็นพรรณไม้มีถิ่นกำเนิดในทวีปออสเตรเลีย เกาะแทสเมเนีย มีการกระจายพันธุ์ตั้งแต่หมู่เกาะมินดาเนา เซลิวีส ปาปัวนิวกินี ในพื้นที่ชุ่มที่มีน้ำขังในเขตร้อน มีมากกว่า 700 ชนิด

6.7 ไม้เปอร์เซีย หรือ *Parrotia persica* (เปอร์เซีย Ironwood ทรี) เป็นไม้ผลัดใบในตระกูล Hamamelidaceae มันเป็นพื้นเมืองทางภาคเหนือของ อิหร่านต้นไม้มองคล้ายกับดอกสีน้ำตาลแดง สีสน้ำตาลชมพูผลัด ดอกไม้จะค่อนข้างคล้ายกับดอกสีน้ำตาลแดง

ที่มา: ข้อมูลจาก "ไม้เนื้อแข็งของประเทศไทย" ฝ่ายวิจัยไม้กรมป่าไม้

7. คุณสมบัติทางเคมี

องค์ประกอบทางเคมีของเนื้อไม้ ประกอบด้วยสารที่สำคัญอยู่สองประเภท คือ สารพวกโพลีแซคคาไรด์ ซึ่งเรียกรวมๆ ว่า ไฮโดรเซลลูโลส ประกอบด้วยเซลลูโลส โดยมีโครงสร้าง และเฮมิเซลลูโลส อีกประเภทหนึ่งได้แก่ลิกนิน นอกจากนั้นยังมีสารอินทรีย์อื่นๆ ที่เป็นองค์ประกอบส่วนน้อยอีก เช่น เทนิน ยางน้ำมันไม้ แอลคาลอยด์ และสารที่มีสีอื่นๆ อีกหลายชนิด เป็นต้น สารเหล่านี้จัดอยู่ในประเภทสารแทรก หรือสารที่สกัดได้ ส่วนสารประกอบอินทรีย์นั้น ก็คือส่วนที่เป็นขี้เถ้า

8. การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis)

8.1 ความหมายของการวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis)

การวิเคราะห์ตัวประกอบ (Factor Analysis) หรือบางครั้งเรียกว่า การวิเคราะห์ปัจจัย เป็นเทคนิคที่จะจับกลุ่มหรือรวมกลุ่มหรือรวมตัวแปรที่มีความสัมพันธ์กัน ไว้ในกลุ่มหรือปัจจัยเดียวกัน ตัวแปรที่อยู่ในปัจจัยเดียวกันจะมีความสัมพันธ์กันมาก โดยความสัมพันธ์นั้นอาจจะเป็นในทิศทางบวก (ไปในทิศทางเดียวกัน) หรือทิศทางลบ (ไปในทางตรงกันข้าม) ก็ได้ ส่วนตัวแปรที่คนละปัจจัยจะไม่มีความสัมพันธ์กันหรือมีความสัมพันธ์กันน้อย

8.2 วัตถุประสงค์ของเทคนิค Factor Analysis มีดังนี้

8.2.1 เพื่อศึกษาว่าตัวประกอบร่วมที่จะสามารถอธิบายความสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างตัวแปรต่างๆ โดยที่จำนวนตัวประกอบร่วมที่หาได้จะมีจำนวนน้อยกว่า จำนวนตัวแปรนั้นมีตัวประกอบร่วมอะไรบ้าง

8.2.2 เพื่อต้องการทดสอบสมมุติฐาน เกี่ยวกับโครงสร้างของตัวประกอบว่า ตัวประกอบแต่ละตัวประกอบแต่ละตัวประกอบด้วยตัวแปรอะไรบ้าง และตัวแปรแต่ละควรมี น้ำหนักหรืออัตราความสัมพันธ์กับตัวประกอบมากน้อยเพียงใดตรงกับที่คาดคะเนไว้หรือไม่ หรือสรุปได้ว่าเพื่อต้องการทดสอบว่าตัวประกอบอย่างนี้ตรงกับโมเดลหรือตรงกับบททฤษฎีที่มีอยู่หรือไม่

วิธีวิเคราะห์องค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA) วิธีนี้อาศัยหลักความสัมพันธ์เชิงเส้นระหว่างตัวแปรที่ใช้เป็นข้อมูลองค์ประกอบหลักตัวแปรคือ การผสมเชิงเส้นตรง (Linear Combination) ของตัวแปรที่อธิบายการผันแปรของข้อมูลได้มากที่สุด จากนั้นหาการผสมที่สองที่สามารถอธิบายการผันแปรได้มากที่สุดเป็นอันดับที่สอง โดยที่ไม่สัมพันธ์กับการผสมแรก ทำเช่นนี้เรื่อยไปจนได้องค์ประกอบหลัก(หรือปัจจัย) ที่สามารถอธิบายการผันแปรของทุกตัวแปรได้ครบถ้วน ซึ่งองค์ประกอบหลักจะอธิบายการผันแปรได้น้อยลงตามลำดับและทุกองค์ประกอบไม่สัมพันธ์กับ



อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. ไม้สัก 15 ปี จำนวน 5 ตัวอย่าง
2. ไม้สัก 30 ปี จำนวน 5 ตัวอย่าง
3. ไม้สักสด จำนวน 3 ตัวอย่าง
4. ไม้จามจุรี จำนวน 3 ตัวอย่าง
5. ไม้ขนุน จำนวน 3 ตัวอย่าง
6. ไม้ยูคาลิปตัส จำนวน 3 ตัวอย่าง
7. ไม้ทุเรียน จำนวน 5 ตัวอย่าง
8. ไม้เปอร์เซีย จำนวน 5 ตัวอย่าง
9. ไม้สยาเหลือง จำนวน 5 ตัวอย่าง

10. ไม้ที่ไม่ทราบชนิด จำนวน 25 ตัวอย่าง ที่ใช้ในการทดลอง วิธีการเตรียมตัวอย่างไม้ที่ผู้ทดลองไม่ทราบชนิดของไม้มีวิธีการ โดยให้บุคคลที่ร่วมทำวิจัยในครั้งนี้ด้วยกันจัดเตรียมไม้ทั้งหมด 25 ตัวอย่าง โดยผู้ทำการทดสอบจะไม่ทราบชนิดของไม้ในการทดสอบ มีจุดประสงค์เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของวิธีทดสอบนี้ว่าผลที่ได้มีประสิทธิภาพในการวิเคราะห์เป็นอย่างไร โดยไม้ทั้งหมด 25 ชนิดมีดังนี้

- 10.1 A = ไม้สัก
- 10.2 B = ไม้กระบาก
- 10.3 C = ไม้กำปอ
- 10.4 D = ไม้สัก
- 10.5 E = ไม้สัก
- 10.6 F = ไม้ชุมแพก
- 10.7 G = ไม้สยาแดง
- 10.8 H = ไม้สัก
- 10.9 I = ไม้สัก
- 10.10 J = ไม้สัก
- 10.11 K = ไม้สัก
- 10.12 L = ไม้สัก

- 10.13 M = ไม้สัก
 10.14 N = ไม้ปอทะเล
 10.15 O = ไม้กระบาก
 10.16 P = ไม้ตะแบก
 10.17 Q = ไม้สัก
 10.18 R = ไม้สัก
 10.19 S = ไม้ลัง
 10.20 T1 = ไม้ลัง
 10.21 T2 = ไม้ลัง
 10.22 D2 = ไม้สัก
 10.23 H2 = ไม้สัก
 10.24 H3 = ไม้สักสีอ่อน
 10.25 H4 = ไม้สีเข้ม

11. เครื่องสเปกโตรมิเตอร์ (Spectrometer) รุ่น MAYA PRO 2000 ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 7 แสดงสเปกโตรมิเตอร์

12. เลเซอร์ไดโอดกำลัง 2 วัตต์ ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร ชนิด TEM00 ดังภาพที่ 8



ภาพที่ 8 แสดงเลเซอร์ไดโอด

13. ไฟฉายหลอดแอลอีดี (LED , light-emitting diode) ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร ดังภาพที่ 9



ภาพที่ 9 แสดงหลอดแอลอีดี

14. ตัวกรองแสง (Laser line filter) เส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 25.4 มิลลิเมตร ช่วงความยาวคลื่น 532 ± 2 นาโนเมตร ดังภาพที่ 10



ภาพที่ 10 แสดงตัวกรองแสง

15. เลนส์นูน เส้นผ่าศูนย์กลาง 25.4 มิลลิเมตร ความยาวโฟกัส 30 มิลลิเมตร ดังภาพที่ 11



ภาพที่ 11 แสดงเลนส์นูน

16. เลนส์ใกล้วัตถุ (Objective lens, OL1 , Nikon L Plan SLWD 50X/0.45 , WD 17) ดังภาพที่ 12



ภาพที่ 12 แสดงเลนส์ใกล้วัตถุ 1

17. เลนส์ใกล้วัตถุ 2 (Objective lens, OL2, Nikon L Plan ELWD 40X/0.55, WD 2.1) ดัง
ภาพที่ 13



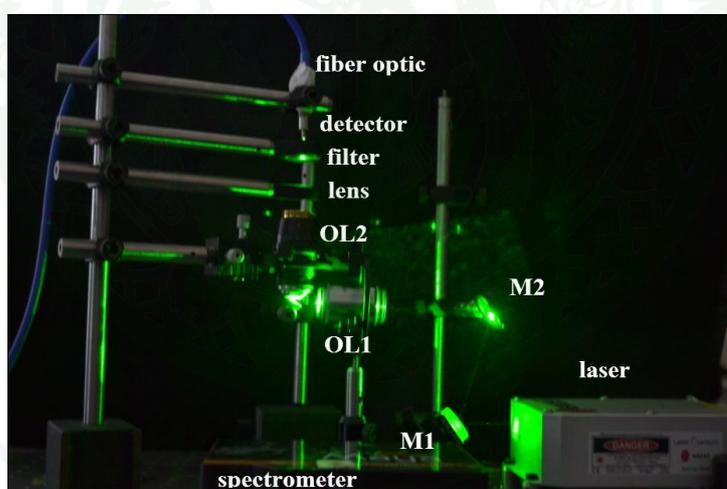
ภาพที่ 13 แสดงเลนส์ใกล้วัตถุ 2

18. หัววัด (Detector)
19. สายนำแสง (Fiber optics)
20. โตะอะอปติก
21. คอมพิวเตอร์
22. โปรแกรมสเปคต้าสูท (Spectrasuit)
23. โปรแกรมอันสแครมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 (Unscrambler X 10.1)

วิธีการ

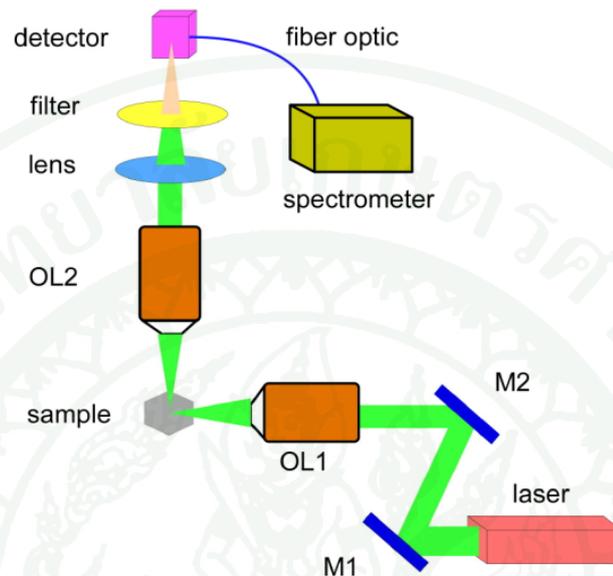
1. วิธีการทดลองโดยใช้เลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร

1.1 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ Laser Induced Fluorescence (LIF) ที่ห้องปฏิบัติการทดลองผลึกเหลว ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้เลเซอร์ไดโอดความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร วิธีจัดตั้งอุปกรณ์ เริ่มต้นโดยแสงจากเลเซอร์ผ่านเข้าสู่กระจกตัวที่ 1 และ 2 (M1 , M2) ตามลำดับ เพื่อให้แสงเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุ 1 (OL1) ในแนวระนาบลำแสงที่ออกมาจากจะถูกโฟกัสไปที่ตัวอย่างในการทดลอง แสงที่กระเจิงออกมาจากตัวอย่างจะถูกเก็บโดยเลนส์ใกล้วัตถุ 2 (OL 2) แสงที่ออกมาจะเป็นลำแสงที่ขนาน และส่งเข้าสู่เลนส์จะทำหน้าที่โฟกัสแสงไปที่หัววัด โดยแสงจะผ่านตัวกรองแสงก่อนจะเข้าหัววัด (detector) ตัวกรองแสง (filter) จะทำหน้าที่ตัดแสงที่มีความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร หัววัดจะส่งผ่านแสงโดยสายนำแสง (fiber optics) เข้าสู่สเปกโตรมิเตอร์ โดยที่สเปกโตรมิเตอร์จะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 14



ภาพที่ 14 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ LIF ของหลอดเลเซอร์ที่ห้องปฏิบัติการทดลองผลึกเหลว ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

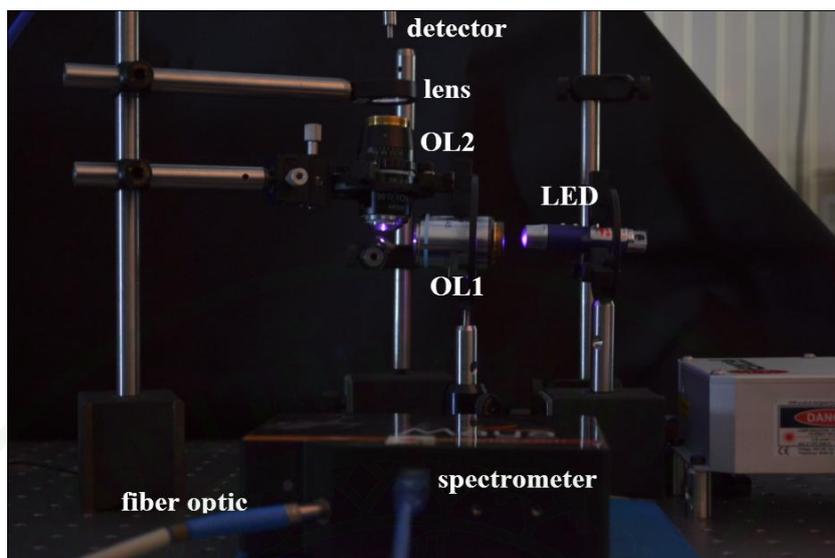
1.2 แสดงแผนภาพไออะแกรมของชุดอุปกรณ์ LIF ที่ห้องปฏิบัติการทดลองผลึกเหลว
ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ดังภาพที่ 15



ภาพที่ 15 แสดงแผนภาพไออะแกรม ของชุดอุปกรณ์ LIF

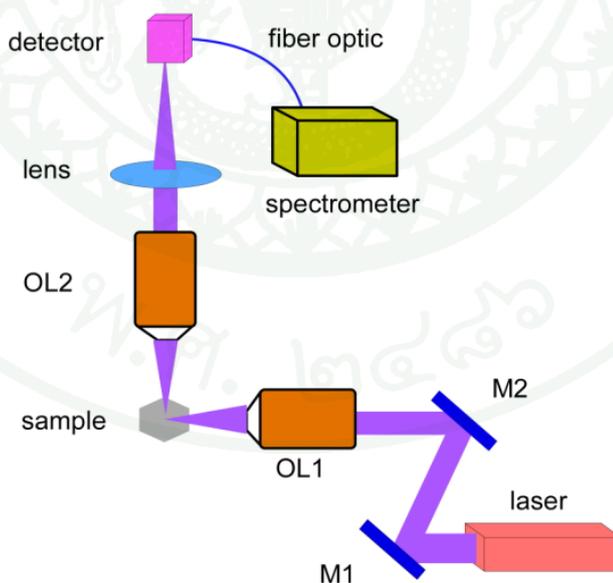
2. วิธีการทดลองโดยไฟฉายหลอดแอลอีดี ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร

2.1 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ Laser Induced Fluorescence (LIF) ที่ห้องปฏิบัติการทดลองผลึกเหลว ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ โดยใช้หลอดแอลอีดีความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร วิธีจัดตั้งอุปกรณ์ เริ่มต้นโดยแสงจากเลเซอร์ผ่านเข้าสู่กระจกตัวที่ 1 และ 2 (M1 , M2) ตามลำดับ เพื่อให้แสงเข้าสู่เลนส์ใกล้วัตถุ 1 (OL1) ในแนวระนาบลำแสงที่ออกมาจากจะถูกโฟกัสไปที่ตัวอย่างในการทดลอง แสงที่กระเจิงออกมาจากตัวอย่างจะถูกเก็บโดยเลนส์ใกล้วัตถุ 2 (OL 2) แสงที่ออกมาจะเป็นลำแสงที่ขนาน และส่งเข้าสู่เลนส์จะทำหน้าที่โฟกัสแสงไปที่หัววัด แสงจะถูกส่งผ่านโดยสายนำแสง (fiber optics) เข้าสู่สเปคโตรมิเตอร์ โดยที่ สเปคโตรมิเตอร์จะต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ ดังภาพที่ 16



ภาพที่ 16 แสดงการจัดตั้งอุปกรณ์ LIF ของหลอดแอลอีดีที่ห้องปฏิบัติการทดลองผลึกเหลว
ภาควิชาฟิสิกส์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2.2 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของชุดอุปกรณ์ LIF ที่ห้องปฏิบัติการทดลองผลึกเหลว
ภาควิชาฟิสิกส์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ดังภาพที่ 17

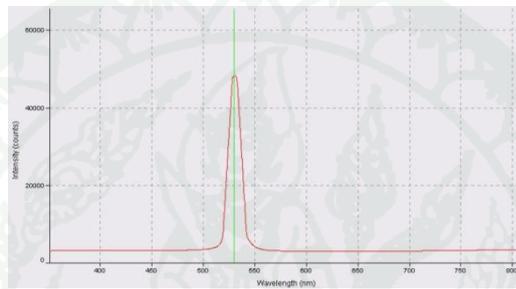


ภาพที่ 17 แสดงแผนภาพไดอะแกรมของชุดอุปกรณ์ LIF ของหลอดแอลอีดี

ผลการทดลองและวิจารณ์

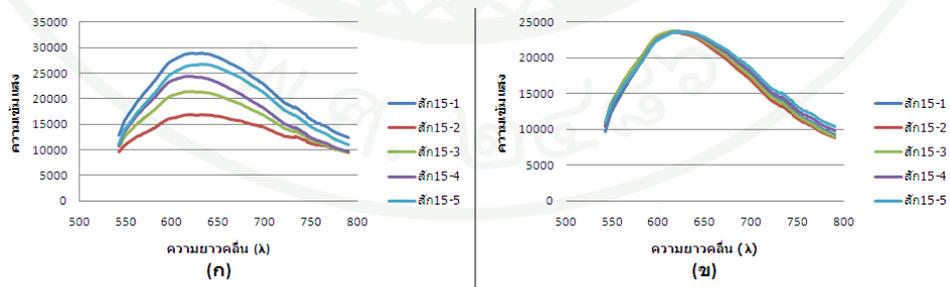
1. ผลการทดลองวัดไม้ด้วยเลเซอร์ สีเขียว (ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร, กำลังวัตต์ 0.05 มิลลิวัตต์)

1.1 วัดสเปกตรัมเลเซอร์สีเขียวโดยใช้สเปกโตรมิเตอร์ในการวัดประมวลผลโดยโปรแกรมสเปกต้าสูท ดังภาพที่ 18



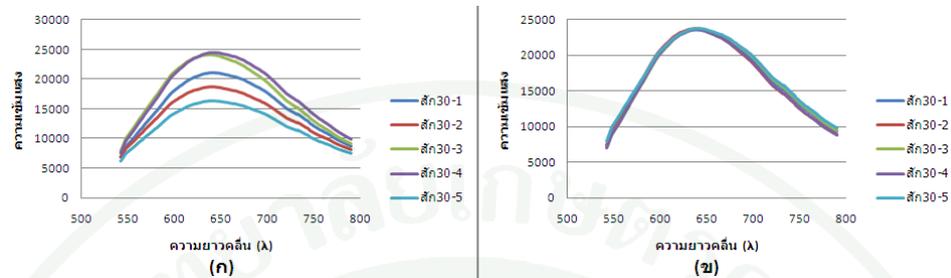
ภาพที่ 18 แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวที่ความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร วัดโดยใช้โปรแกรมสเปกต้าสูท

1.2 วัดสเปกตรัมของไม้สัก 15 ปีทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 19



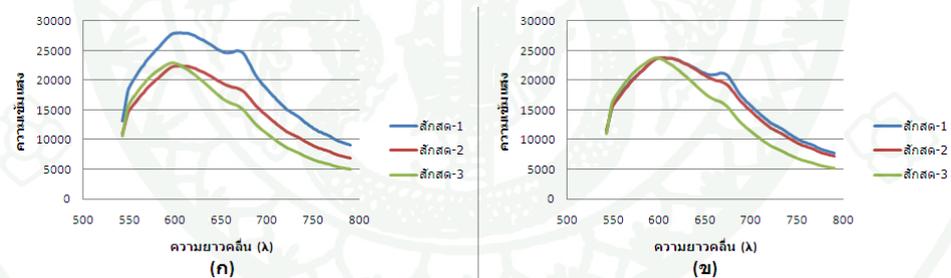
ภาพที่ 19 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สัก 15 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.3 วัตถุประสงค์ของไม้สัก 30 ปี ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 20



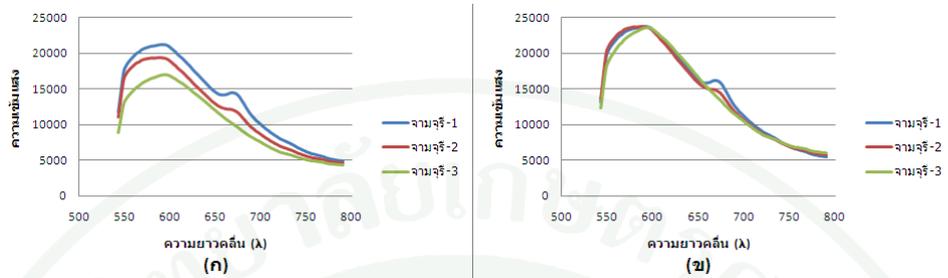
ภาพที่ 20 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สัก 30 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.4 วัตถุประสงค์ของไม้สัก ทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 21



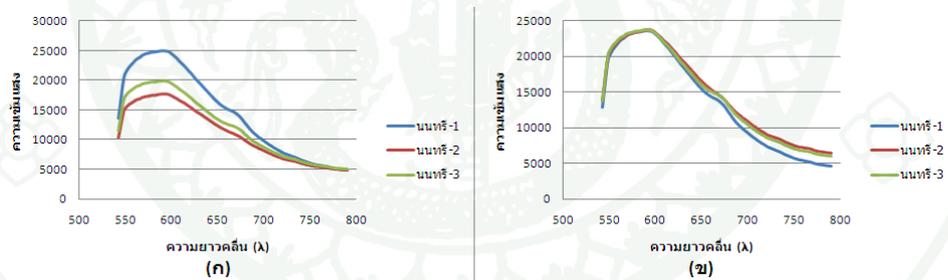
ภาพที่ 21 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สักสด (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.5 วัสดุเปคโตรัมของไม้จามจรีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 22



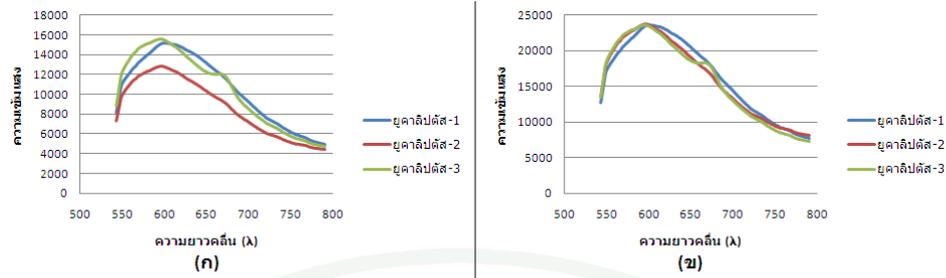
ภาพที่ 22 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้จามจรี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.6 วัสดุเปคโตรัมของไม้นนทรีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 23



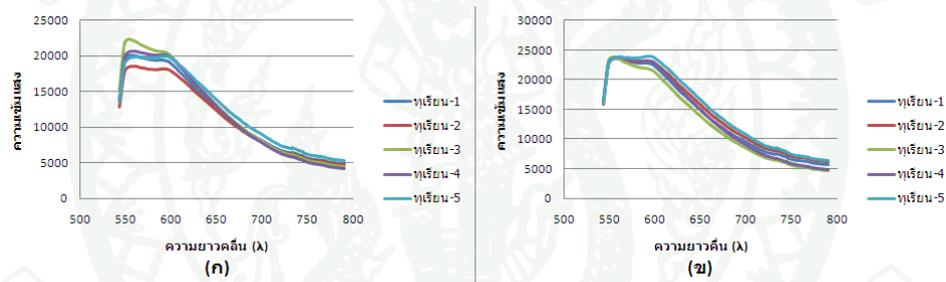
ภาพที่ 23 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้นนทรี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.7 วัสดุเปคโตรัมของไม้ยูคาลิปตัสทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 24



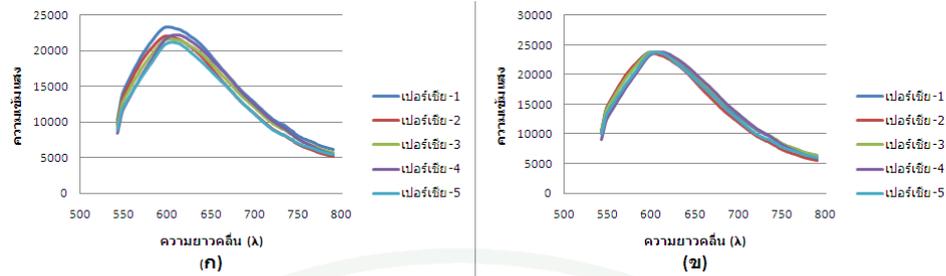
ภาพที่ 24 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ยูคาลิปตัส (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.8 วัดสเปกตรัมของไม้ทุเรียน ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 25



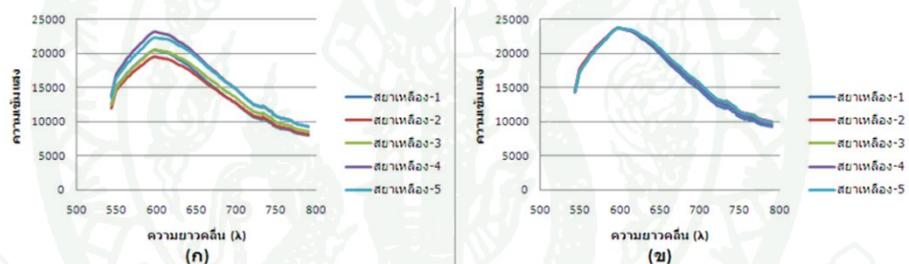
ภาพที่ 25 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ทุเรียน (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.9 วัดสเปกตรัมของไม้เปอร์เซีย ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 26



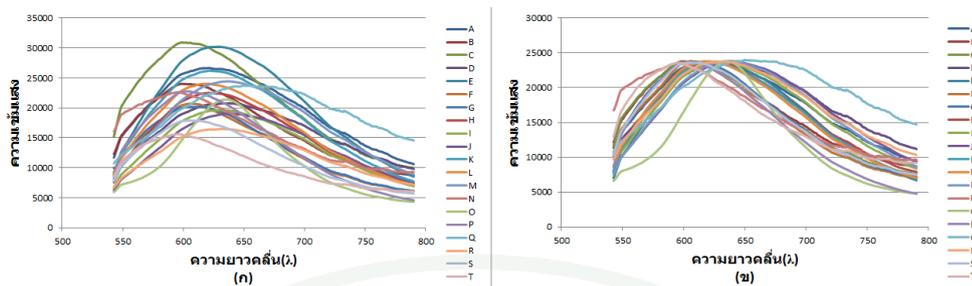
ภาพที่ 26 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้เปอร์เจีย (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.10 วัดสเปกตรัมของไม้สยาเหลือง ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 27



ภาพที่ 27 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้สยาเหลือง (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

1.11 วัดสเปกตรัมของไม้ Unknown ทั้งหมด 20 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 28

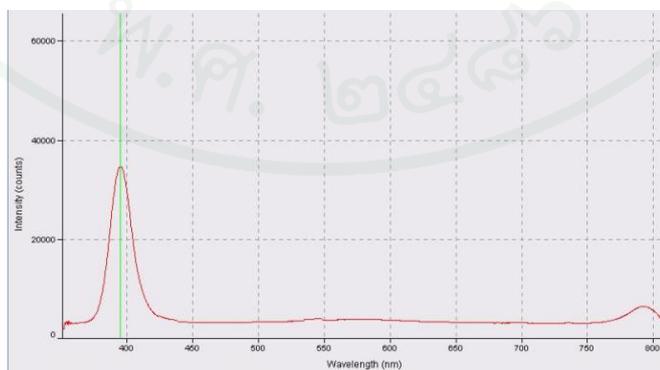


ภาพที่ 28 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีเขียวของไม้ Unknown (ก) ไม้ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

วิเคราะห์การวัดสเปกตรัมของไม้แต่ละชนิดด้วยแสงเลเซอร์สีเขียวความยาวคลื่น 532 นาโนเมตร พบว่า ไม้ชนิดเดียวกันสเปกตรัมที่วัดได้แต่ละครั้งจะมีลักษณะคล้ายกันแต่จะให้ความเข้มของแสงที่แตกต่างกันเนื่องจากการปรับเปลี่ยนตำแหน่งที่วัดสเปกตรัมคนละตำแหน่งกัน เป็นผลให้ให้ความเข้มแสงที่แตกต่างกัน ส่วนสเปกตรัมของไม้ต่างชนิดกันก็จะมีลักษณะของสเปกตรัมที่แตกต่างกันออก

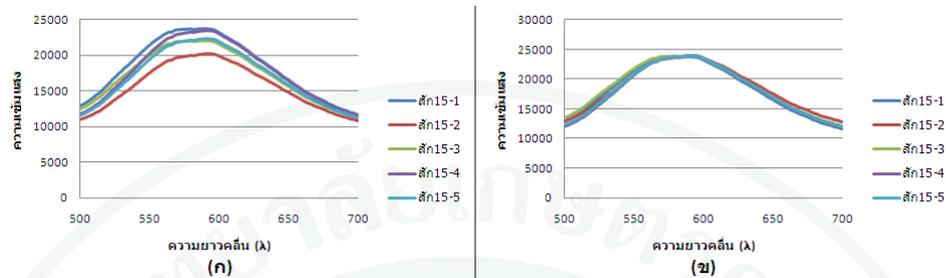
2. ผลการทดลองวัดไม้ด้วยหลอดแอลอีดี สีม่วง (ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร, กำลังวัตต์ 0.07 มิลลิวัตต์)

2.1 วัดสเปกตรัมหลอดแอลอีดีสีม่วงโดยใช้สเปกโตรมิเตอร์ในการวัดประมวลผลโดยโปรแกรม สเปคต้าสูท ดังภาพที่ 29



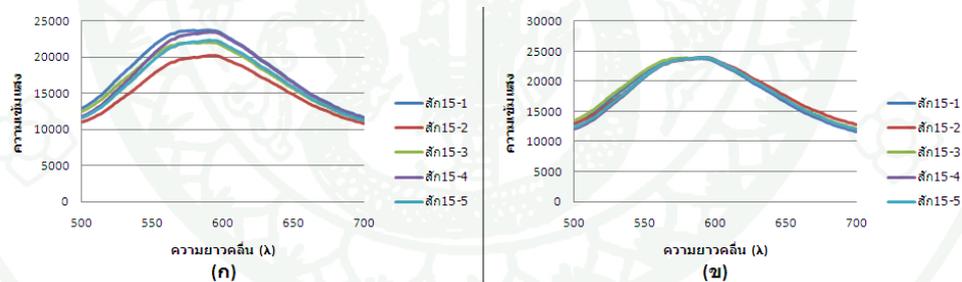
ภาพที่ 29 แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงที่ความยาวคลื่น 395 นาโนเมตร วัดโดยใช้โปรแกรม สเปคต้าสูท

2.2 วัดสเปกตรัมของไม้สัก 15 ปี ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 30



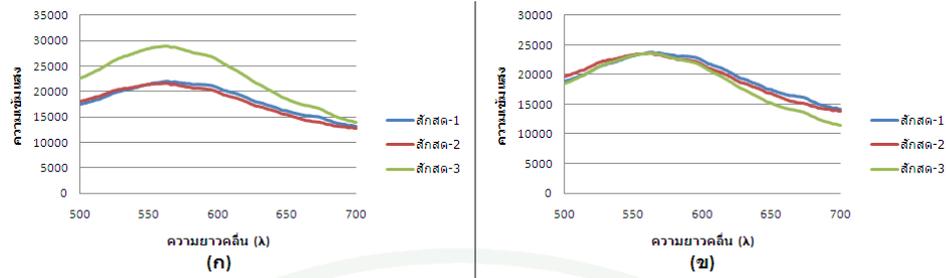
ภาพที่ 30 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สัก 15 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.3 วัดสเปกตรัมของไม้สัก 30 ปี ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 31



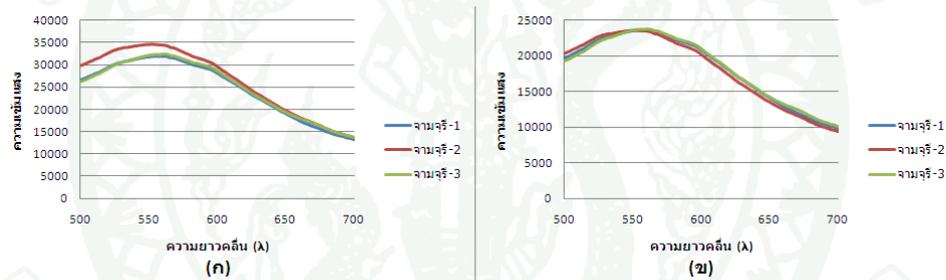
ภาพที่ 31 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สัก 30 ปี (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.4 วัดสเปกตรัมของไม้สักสดทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 32



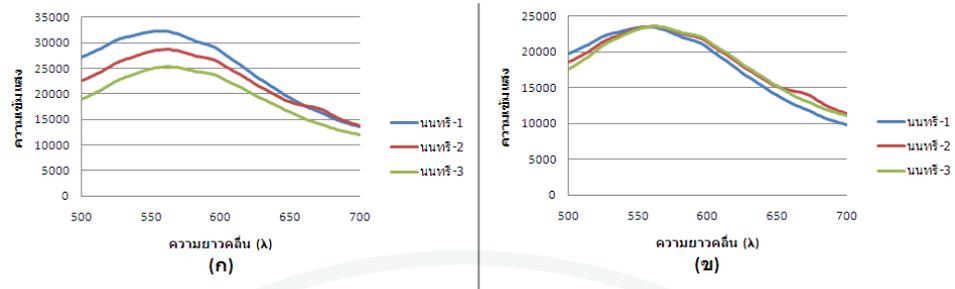
ภาพที่ 32 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สักสด
(ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.5 วัดสเปกตรัมของไม้จามจุรีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 33



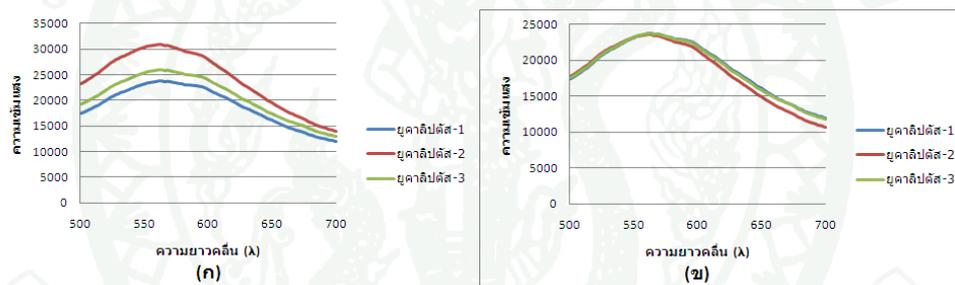
ภาพที่ 33 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้จามจุรี
(ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.6 วัดสเปกตรัมของไม้เนื้อหรีทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 34



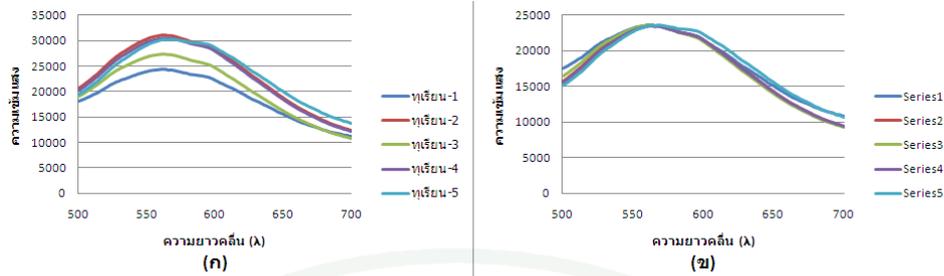
ภาพที่ 34 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของ หลอดไส้ (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.7 วัดสเปกตรัมของไม้ยูคาลิปตัสทั้งหมด 3 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 35



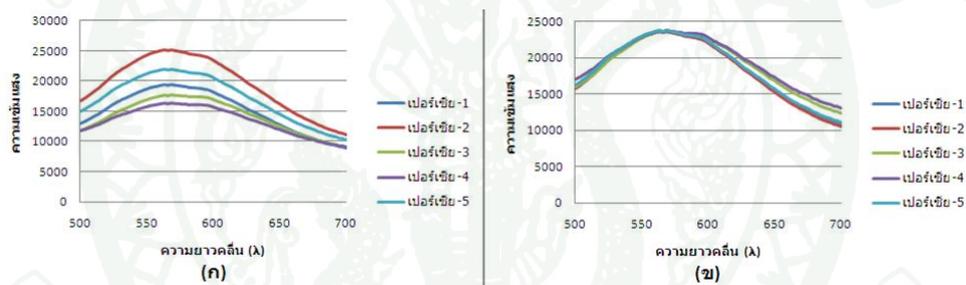
ภาพที่ 35 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของ ไม้ยูคาลิปตัส (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.8 วัดสเปกตรัมของไม้ทุเรียน ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 36



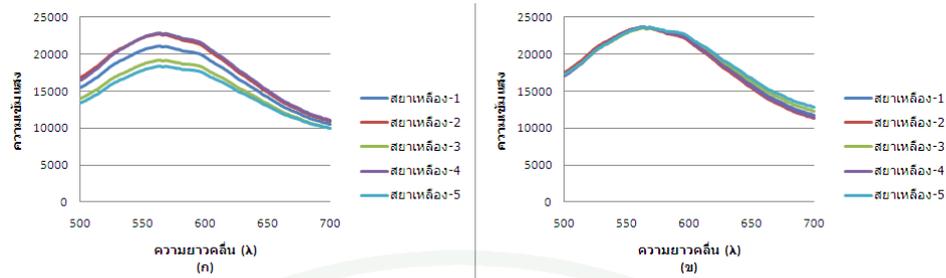
ภาพที่ 36 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้ทุเรียน
(ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.9 วัดสเปกตรัมของไม้เปอร์เซีย ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 37



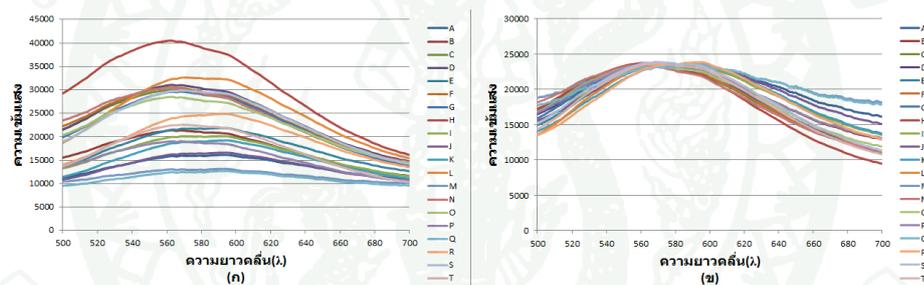
ภาพที่ 37 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้เปอร์เซีย
(ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.10 วัดสเปกตรัมของไม้สยาเหลือง ทั้งหมด 5 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 38



ภาพที่ 38 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้สายเหลือง (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

2.11 วิเคราะห์สเปกตรัมของไม้Unknown ทั้งหมด 20 ตัวอย่าง โดยแสดงความสัมพันธ์ ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่น แสดงดังภาพที่ 39

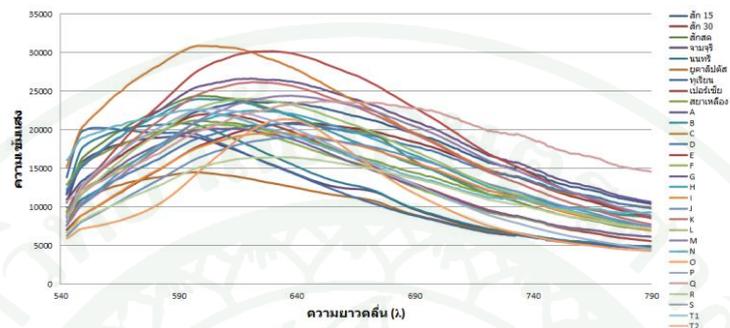


ภาพที่ 39 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสง และความยาวคลื่นแสงสีม่วงของไม้ Unknown (ก) ไม่ปรับความเข้มแสง (ข) ปรับความเข้มแสง

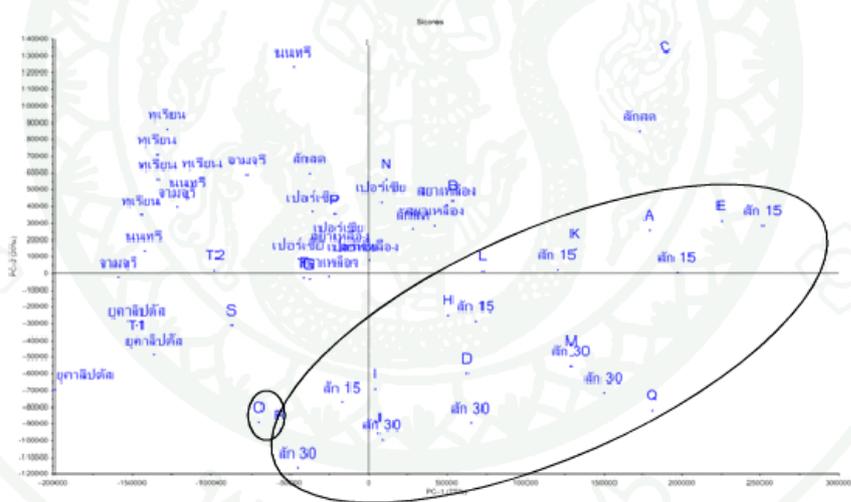
จากการวิเคราะห์ชนิดสเปกตรัมโดยวัดจากแสงสีม่วงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร พบว่าสเปกตรัมของไม้แต่ละชนิดจะมีลักษณะคล้ายกับที่วัดได้เหมือนแสงสีเขียวแต่จะมีความแตกต่างกันที่กราฟสเปกตรัมของแสงสีม่วงตำแหน่งที่ความเข้มแสงสูงสุดจะมีความยาวคลื่นน้อยกว่าแสงสีเขียวแต่ลักษณะของกราฟมีลักษณะคล้ายกัน

3. แสดงการเปรียบเทียบสเปกตรัมระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียวความยาวคลื่น 532 นาโนเมตรและแสงสีม่วงความยาวคลื่น 400 นาโนเมตร และได้มีการใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 (Unscrambler x 10.1) ในการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลัก (Principal Component Analysis : PCA)

3.1 กราฟแสดงสเปกตรัมระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียว จากค่าเฉลี่ยของทุกไม้ที่ใช้ในการทดลอง ดังภาพที่ 40 และแสดงการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบหลักโดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 41



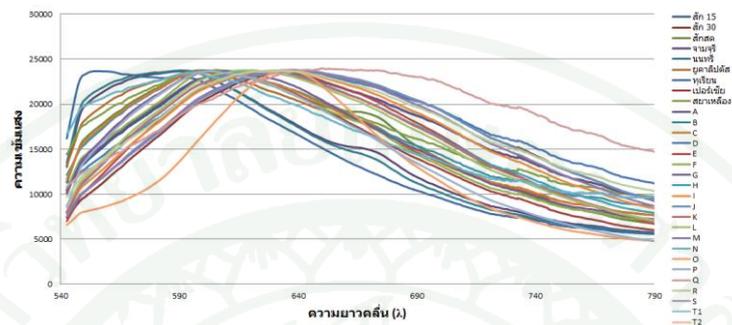
ภาพที่ 40 แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ



ภาพที่ 41 แสดงการวิเคราะห์ห้วงองค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียว

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่าไม้ชนิดตัวอย่างชนิด O ซึ่งไม่ใช่ไม้สักมาอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับกลุ่มของไม้สัก ส่วนไม้ตัวอย่างที่เป็นไม้สัก ได้แก่ A D E H I J K L M Q R อยู่รวมกลุ่มเดียวกับไม้สัก และพบว่าไม้สักสดที่ไปรวมอยู่ในกลุ่มเดียวกับไม้เนื้ออ่อนด้วย

3.2 กราฟแสดงสเปกตรัมระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียว จากค่าเฉลี่ยของทุกไม้ที่ใช้ในการทดลอง โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน ดังภาพที่ 42 และแสดงการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักโดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 43



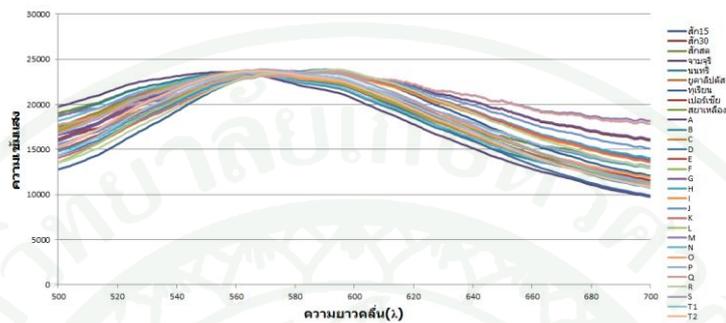
ภาพที่ 42 แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน



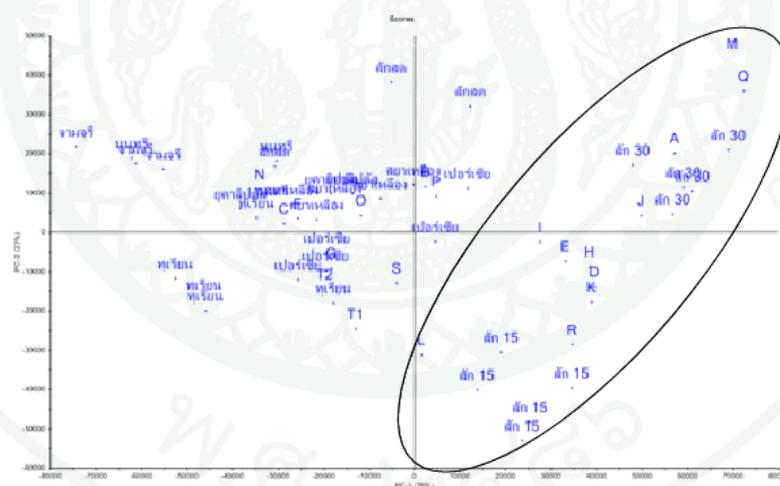
ภาพที่ 43 แสดงการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน ของแสงสีเขียว

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่าไม้ตัวอย่างที่นำมาทดสอบที่เป็นไม้สัก ได้แก่ A D E H I J K L M Q R อยู่รวมกลุ่มเดียวกับไม้สัก

3.4 กราฟแสดงสเปกตรัมระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วง จากค่าเฉลี่ยของทุกไม้ที่ใช้ในการทดลอง โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน ดังภาพที่ 46 และแสดงการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักโดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 47



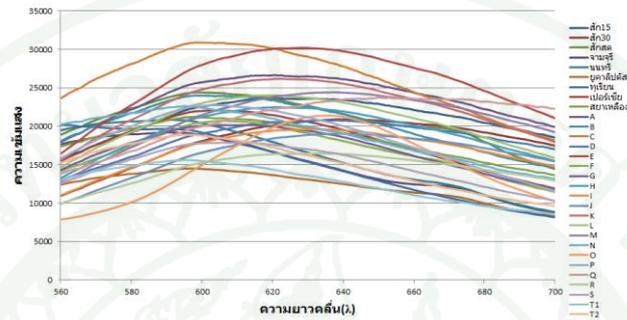
ภาพที่ 46 แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน



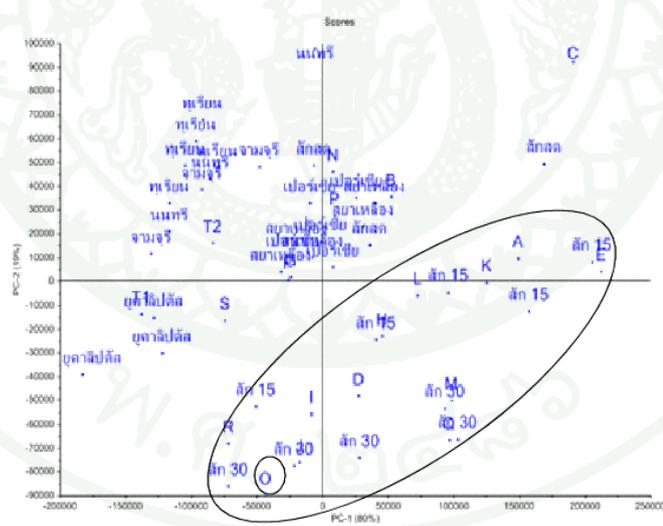
ภาพที่ 47 แสดงการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ โดยมีการปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน ของแสงสีม่วง

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่าไม้ตัวอย่างทั้งหมดที่เป็นไม้สัก ได้แก่ A D E H I J K L M Q R อยู่รวมกลุ่มเดียวกับไม้สัก

3.5 กราฟแสดงสเปกตรัมระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียว จากค่าเฉลี่ยของ ไม้ที่ใช้ในการทดลอง และเลือกเฉพาะความยาวคลื่นตั้งแต่ 560-700 นาโนเมตร ดังภาพที่ 48 และแสดงการวิเคราะห์ห้ำหึ่งค์ประกอบหลักโดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 49



ภาพที่ 48 แสดงสเปกตรัมของแสงสีเขียวระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ และเลือกสเปกตรัมที่ 560 – 700 นาโนเมตร

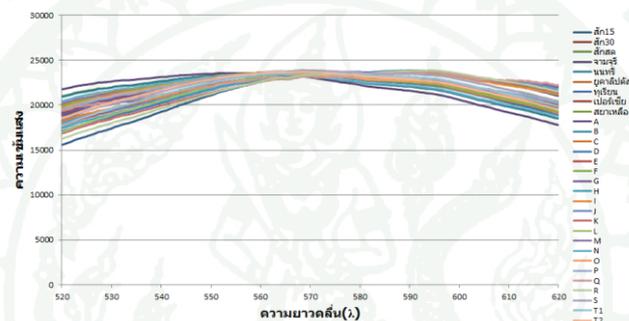


ภาพที่ 49 แสดงการวิเคราะห์ห้ำหึ่งค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีเขียว โดยเลือกสเปกตรัมที่ 560 – 700 นาโนเมตร

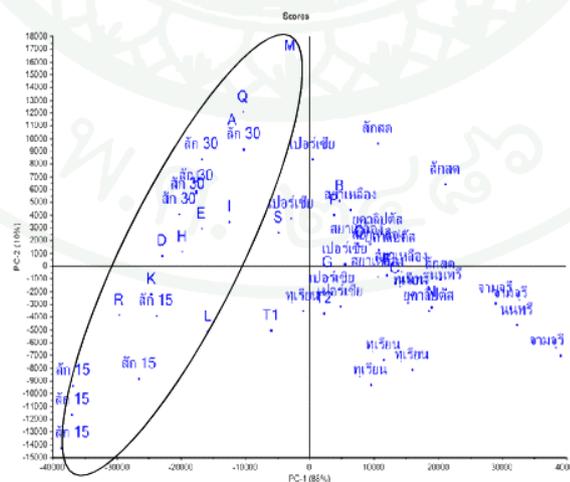
จากการวิเคราะห์ห้ำหึ่งค์ประกอบหลักพบว่าไม้ชนิดตัวอย่างชนิด O ซึ่งไม่ใช่ไม้สักมาอยู่ในกลุ่มเดียวกันกับกลุ่มของไม้สัก ส่วนไม้ตัวอย่างที่เป็นไม้สัก ได้แก่ A D E H I J K L M Q R อยู่

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักพบว่าไม้ชนิดตัวอย่างชนิด L ซึ่งเป็นไม้สักไม่ได้อยู่รวมกลุ่มเดียวกันกับกลุ่มของไม้สัก ส่วนไม้ตัวอย่างที่เป็นไม้สัก ได้แก่ A D E H I J K M Q R อยู่รวมกลุ่มเดียวกับไม้สัก

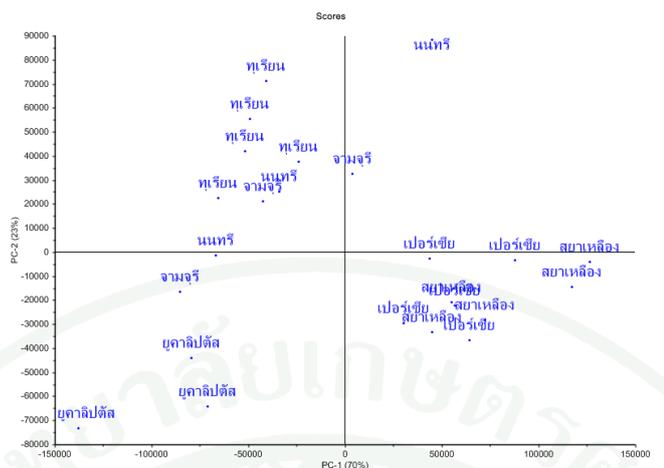
3.8 กราฟแสดงสเปกตรัมระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วง จากค่าเฉลี่ยของทุกไม้ที่ใช้ในการทดลอง โดยปรับความเข้มแสงให้เท่ากันและเลือกเฉพาะความยาวคลื่นตั้งแต่ 520-620 นาโนเมตร ดังภาพที่ 54 และแสดงการวิเคราะห์หิวเชิงองค์ประกอบหลักโดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 55



ภาพที่ 54 แสดงสเปกตรัมของแสงสีม่วงระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ และเลือกสเปกตรัมที่ 520 – 620 นาโนเมตร

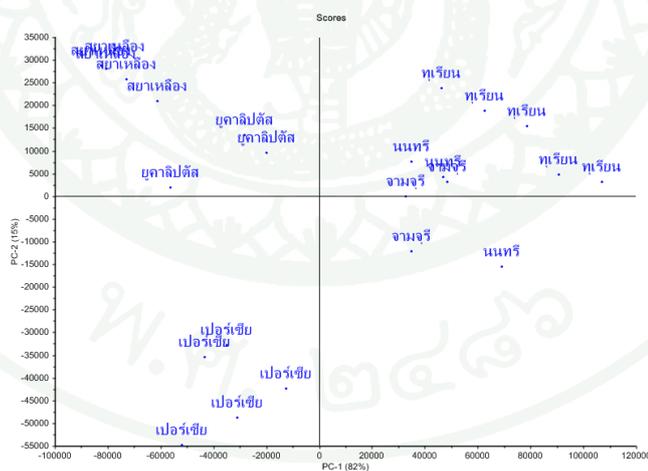


ภาพที่ 55 แสดงการวิเคราะห์หิวเชิงองค์ประกอบหลักระหว่างไม้สักกับไม้ชนิดต่างๆ ของแสงสีม่วง โดยเลือกสเปกตรัมที่ 520 – 620 นาโนเมตรและปรับความเข้มแสง



ภาพที่ 60 แสดงการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีเขียวไม่ปรับความเข้มแสง

5.2 การวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักระหว่าง ไม้เนื้ออ่อนของแสงสีเขียว ปรับความเข้มแสง โดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 61



ภาพที่ 61 แสดงการวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีม่วงปรับความเข้มแสง

5.3 การวิเคราะห์วิธีองค์ประกอบหลักระหว่าง ไม้เนื้ออ่อนของแสงสีม่วง ไม่ปรับความเข้มแสง โดยใช้โปรแกรมอันสแกรมเบอร์เอ็กซ์ 10.1 ดังภาพที่ 62

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักระหว่างไม้เนื้ออ่อนของแสงสีม่วงปรับความเข้มแสง พบว่าไม้แต่ละชนิดแยกออกจากกันอย่างไม่ชัดเจน



สรุปและข้อเสนอแนะ

สรุป

จากการศึกษากราฟสเปกตรัมที่ได้จากแสงสีเขียวและแสงสีม่วงจะมีลักษณะแตกต่างกันทั้งความยาวคลื่นและความเข้มแสง เมื่อนำข้อมูลที่ได้จากแสงทั้ง 2 ชนิดไปวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักพบว่าไม้สัก 15 ปีและไม้สัก 30 ปี จะแยกออกจากไม้เนื้ออ่อนอย่างชัดเจน แต่ในส่วนที่เป็นไม้สักสดจะไปรวมอยู่กับไม้เนื้ออ่อน ทำให้ไม้สักสดไม่สามารถแยกออกจากไม้เนื้ออ่อนได้

จากการศึกษาสีของไม้ที่มีสีแตกต่างกันคือสีอ่อนและสีเข้ม โดยเมื่อนำไม้สักสีอ่อนและไม้สักเข้มที่ได้จากไม้ตัวอย่างเดียวกันมาวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลัก พบว่าไม้สักที่มีสีอ่อนจะรวมอยู่ในกลุ่มของไม้เนื้ออ่อนและไม้สักสีเข้มจะไปรวมอยู่ในกลุ่มของไม้สัก แสดงว่าเมื่อนำไม้สักที่มีอายุไม่มากนักหรือยังมีสีอ่อนคล้ายกับไม้สักสดมาทดสอบ ไม้สักที่มีสีอ่อนจะไม่สามารถแยกออกจากไม้เนื้ออ่อนได้ เนื่องจากไม้สักสีอ่อนน่าจะมาจากส่วนที่เป็นกระพี้ของไม้ซึ่งส่วนประกอบทางเคมีน่าจะคล้ายกับไม้สักสดที่ใช้ในการทดลองซึ่งมีลักษณะสีชาคล้ายกัน

จากการศึกษาวัดสเปกตรัมแต่ละครั้งกราฟที่ได้จะมีความเข้มแสงที่แตกต่างกัน แต่จะมีความยาวคลื่นที่ใกล้เคียงกัน เมื่อนำข้อมูลมาวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักทั้งแบบไม่ปรับความเข้มแสงและปรับความเข้มแสงให้เท่ากัน พบว่าการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักของข้อมูลที่มีการปรับความเข้มแสงแล้วจะแยกไม้สักออกจากไม้เนื้ออ่อนได้ดีกว่าที่ไม่มีการปรับข้อมูลความเข้มให้เท่ากัน

จากการศึกษาโดยเลือกช่วงความยาวคลื่นให้มีความแคบลง พบว่าผลในการแยกกลุ่มไม้โดยการวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักไม่สามารถแยกได้ดีกว่าการที่วิเคราะห์โดยไม่ได้เลือกช่วงความยาวคลื่น

จากผลการทดลองในการหาสเปกตรัมของไม้ชนิดต่างๆ และวิธีวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักสามารถนำไปใช้แยกไม้สักออกจากไม้เนื้ออ่อนได้เป็นอย่างดี มีประโยชน์ต่ออุตสาหกรรมเฟอร์นิเจอร์ เหมาะสำหรับตรวจสอบ วิเคราะห์ชนิดของไม้ที่ใช้ทำเฟอร์นิเจอร์ว่าเป็นไม้สักหรือไม้

และวิธีการนี้สามารถตรวจสอบได้อย่างรวดเร็ว โดยไม่ต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับไม้มาระบุว่าไม้ที่ใช้เป็นไม้ชนิดไหน

ข้อเสนอแนะ

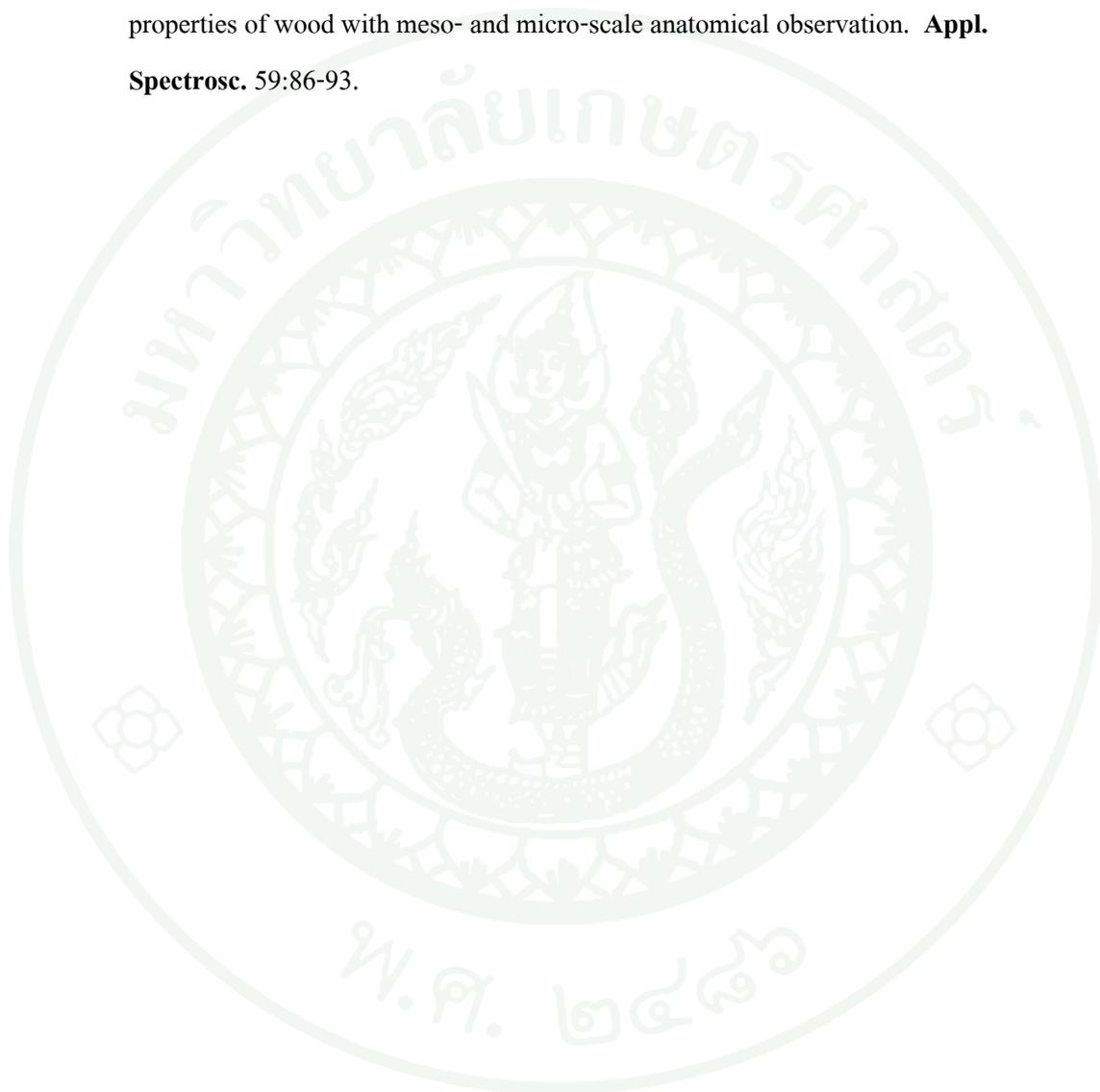
จากการศึกษาพบว่าตัวอย่างที่นำมาทดลองจะศึกษาเฉพาะเนื้อไม้ที่มีลักษณะเป็นแผ่นไม้ โดยที่ไม่มีการทดลองที่ทำตัวอย่างมาทำให้เป็นผงหรือตัวอย่างที่นำไม้มาทำการละลายในสารทำละลาย เพื่อตรวจสอบดูว่าจะได้กราฟที่มีลักษณะเหมือนกันหรือต่างกันอย่างใด และถ้านำไปวิเคราะห์ห้วงค์ประกอบหลักจะมีความเหมาะสมมากขึ้นหรือไม่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

- Alippi, C., P. Braione, V. Piuri and F. Scotti. 2001. A methodological approach to multisensor classification for innovative laser material processing unit, pp. 1762–1767. *In Proc. IEEE Instrum. Meas. Technol. Conf. (IMTC 2001)*. Budapest, Hungary.
- Camorani, P., M. Badiali, D. Francomacaro, M. Gamassi, V. Piuri, F. Scotti and M. Zanasi. 2008. A classification method for wood types using fluorescence spectra, pp. 1312 – 1315. *In Instrumentation and Measurement Technology Conference Proceedings, IMTC 2008. IEEE*. Victoria, BC, Canada.
- Lavine, B. K., C. E. Davidson, A. J. Moores and P. R. Griffiths. 2001. Raman spectroscopy and genetic algorithms for the classification of wood types. *Appl. Spectrosc.* 55(8): 960-966.
- Nystrom, J. and O. Hagman. 1999. Real-time spectral classification of compression wood in *Picea abies*. *J. Wood Sci.* 45(1): 30–37.
- Orton, C.R., D. Y. Parkinson, P.D. Evans and N. L. Owen. 2001. Fourier transform infrared studies of heterogeneity, photodegradation and lignin/hemicellulose ratios within hardwoods and softwoods. *Appl. Spectrosc.* 55: 960-966.
- Piuri, V. and F. Scotti. 2010. Design of an automatic wood types classification system by using fluorescence spectra. *IEEE transactions on systems, man, and cybernetics - part C: applications and reviews.* 40(3): 358 – 366.
- Schimleck, L. R., A. J. Michell and P. Vinden. 1996. Eucalypt wood classification by NIR spectroscopy and principal components analysis. *Appita J.* 49(5): 319–324.

Stone, H. 1921. **A text-book of woods.** William Rider & Son, Limited, London, The United Kingdom

Tsuchikawa, S. *et al.* 2005. A Near-Infrared spectroscopic study of the physical and mechanical properties of wood with meso- and micro-scale anatomical observation. **Appl. Spectrosc.** 59:86-93.



ประวัติการศึกษา และการทำงาน

ชื่อ -นามสกุล	นายจักรกฤษ นุชอยู่
วัน เดือน ปี ที่เกิด	13 มิถุนายน 2528
สถานที่เกิด	อ.ชะอำ จ.เพชรบุรี
ประวัติการศึกษา	กศ.บ.(ฟิสิกส์) มหาวิทยาลัยทักษิณ (พ.ศ.2550)
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูอัตราจ้าง
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนบดินทรเดชา(สิงห์ สิงหเสนี)
ทุนการศึกษาที่ได้รับ	ผู้ช่วยวิจัยและผู้ช่วยสอน ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์