

ระบบตรวจสอบสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยแสง



นายนิติ สืบวิเศษ

นายศรณรินทร์ เจริญมิตร

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2543

พ.ศ.
๒๕๔๓
๕๕๓

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 40204
วัน, เดือน, ปี ๒๐ ตุลาคม ๒๕๔๓

b. 11092428

ไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุ...
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Optical system for Aflatoxin detection

Mr. Niti Suibvises

Mr. Sornnarin Jaroenmit



A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of the

Requirement for the Degree of Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

2000

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

โดย

หลักสูตร

ภาควิชา

อาจารย์ที่ปรึกษา

ระบบตรวจสอบสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยแสง

นายนิติ สืบวิเศษ

นายศรณรินทร์ เจริญมิตร

วิทยาศาสตร์บัณฑิต

ฟิสิกส์ประยุกต์

ผศ. อนุพงษ์ สรงประภา

รศ. สุวรรณ คูสำราญ

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
อนุมัติให้นำโครงการพิเศษฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของารศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต


.....

(ผศ. วิชาญ เตชิตวีระ)


หัวหน้าภาควิชา

คณะกรรมการโครงการพิเศษ


.....

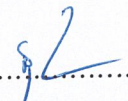
(ผศ.ดร. จิติ หนูแก้ว)

ประธานกรรมการ


.....

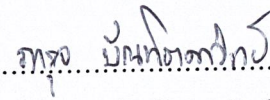
(ผศ. อนุพงษ์ สรงประภา)

กรรมการ


.....

(รศ. สุวรรณ คูสำราญ)

กรรมการ


.....

(อ. ภารุจ บัณฑิตชาวิทช์)

กรรมการ

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น. ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อ โครงการงานพิเศษ

โดย

อาจารย์ที่ปรึกษา

ภาควิชา

ปีการศึกษา

ระบบตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยแสง

นายนิติ สืบวิเศษ

นายศรณรินทร์ เจริญมิตร

ผศ. อนุพงศ์ สรงประภา

รศ. สุวรรณ คู่อำราญ

ฟิสิกส์ประยุกต์

2543


 The seal of Rajabhat Buriram University is a circular emblem. It features a central sun with rays, flanked by two traditional Thai stupas. Below the sun is a crown-like structure. The entire emblem is surrounded by a decorative border. The text 'มหาวิทยาลัยราชภัฏบุรีรัมย์' is written around the inner edge of the seal, and 'บทรักด้วย' is written in the center.

บทรักด้วย

กรรมวิธีต่าง ๆ อันเป็นที่ยอมรับในการตรวจสอบ และระบุปริมาณอะฟลาทอกซินซึ่งเป็นกลุ่มสารพิษร้ายแรงที่พบในผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรหลายชนิดนั้น ส่วนใหญ่ต้องใช้เครื่องมือซึ่งค่อนข้างมีขนาด และน้ำหนักมาก มีราคาแพง และใช้เวลาในการตรวจสอบนาน วัตถุประสงค์ของโครงการงานพิเศษนี้ เป็นการออกแบบ และประกอบระบบในการศึกษาสมบัติการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 และ G1 ซึ่งจะเป็นแนวทางในการพัฒนาต่อ ควบคู่ไปกับวิธีอีไลซ่า (ELIZA) ในการสร้างเครื่องมือแบบพกพา ราคาถูก ที่มีการทำงานแบบอัตโนมัติ แสดงผลอย่างรวดเร็วต่อไป

Special Project Title	Optical System For Aflatoxin Detection.
Name	Mr. Niti Suibvises Mr. Sornnarin Jaroenmit
Special Project Advisor	Asst. Prof. Anupong Songprapa Assoc. Prof. Suwan Kusumran
Department	Applied Physics
Academic Year	2000



Abstract

There are several different accepted measurement techniques available for detecting and quantifying aflatoxin, a group of highly toxic substances founded in various agricultural products, but most are bulky, time-consuming and costly. This special project aim was to design and implement the system for studying the fluorescent characteristics of aflatoxins B1 and G1. The system will be further developed, inconjunction with the enzyme-linked immunosorbent assays (ELISAs) method, to produce and automated-high speed, inexpensive handheld instrument.

กิตติกรรมประกาศ

โครงการนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องด้วยความอนุเคราะห์จากหลายฝ่ายด้วยกัน ดังนี้

บิดามารดา และผู้ปกครอง	ผู้ให้กำเนิด ให้กำลังใจ และความห่วงใยเสมอมา
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ อนุพงศ์ สรงประภา	ผู้ให้การสั่งสอน ถ่ายทอดวิชาความรู้ ให้คำปรึกษา และแนะนำ ตลอดมา
รองศาสตราจารย์ สุวรรณ คู่อาราม	สำหรับความรู้ในเรื่องเกี่ยวกับแสง และให้คำปรึกษา
รศ.ดร.คุณณี ณะบริพัฒน์	สำหรับคำแนะนำทางด้านชีววิทยา และตัวอย่างสารอะฟลาทอกซิน
กองโรคพิษ และจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร	ในการอนุเคราะห์การฝึกงาน และสารตัวอย่าง
กระทรวงเกษตรและสหกรณ์	
ดร.อมรา ชินภูติ	คำแนะนำในด้านการทดสอบสารอะฟลาทอกซินด้วยวิธีการต่าง ๆ
คุณศุภรัตน์ โหมยิตเจริญกุล	ที่ให้คำปรึกษา และช่วยเตรียมสารอะฟลาทอกซิน สำหรับการเปรียบเทียบให้
คุณอรุณศรี วงษ์อุไร	สำหรับความรู้เพิ่มเติมด้านสารพิษ และเชื้อราต่าง ๆ
คณาจารย์ทุกท่าน	ผู้ถ่ายทอดวิชาความรู้มาโดยตลอด
ห้องปฏิบัติการทางอิเล็กทรอนิกส์	สำหรับอุปกรณ์ที่ใช้สำหรับโครงการพิเศษ
ห้องสมุดวิทยาศาสตร์	เป็นแหล่งค้นคว้าเพิ่มเติม
เพื่อนๆ ทุกคน	ผู้ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือต่างๆ เป็นอย่างดี
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์	ที่ให้สิ่งดีๆ มาโดยตลอด 4 ปี

ท้ายที่สุดนี้ขอขอบคุณทุกๆ ท่านที่ได้กล่าวนาม และไม่ได้กล่าวนามด้วยความจริงใจ

นายนิติ สืบวิเศษ

นายศรณรินทร์ เจริญมิตร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญเรื่อง

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญเรื่อง	ง
สารบัญรูป	ฉ
สารบัญตาราง	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ที่มาของโครงการ	1
1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ	2
1.3 ขอบเขตของโครงการ	2
1.4 วิธีการดำเนินงาน	3
1.5 สิ่งที่เราคาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎี	4
2.1 สารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) ในเมล็ดพืชอาหาร	4
2.1.1 ประวัติความเป็นมา	4
2.1.2 สารพิษสำคัญในเมล็ดพืชอาหาร	5
2.1.3 สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคระบาดกับคน	7
2.1.4 สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคระบาดกับสัตว์	8
2.2 สารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins)	8
2.2.1 ที่มา และโครงสร้างทางเคมี	8
2.2.2 วิธีการตรวจหา	9
บทที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	13
3.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการศึกษา	13
3.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการทดลอง	13
3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
3.2.2 การจัดอุปกรณ์ในการทดลอง	14
3.2.3 วิธีการทดลอง	17
3.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองที่ได้	22
บทที่ 4 ผลการทดลอง	23
4.1 ผลการทดลองเพื่อหาสมบัติของแหล่งกำเนิด	23
4.2 ผลการวัดแสงจากแหล่งกำเนิดที่ผ่านตัวกรองแสง	32
4.3 ผลการวัดการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน B1	41
4.4 ผลการวัดการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน G1	50
4.5 ผลการวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B1 กับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา	59
4.6 ผลการวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิด G1 กับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา	62
บทที่ 5 สรุปผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล	65
5.1 สรุปผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล	65
5.1.1 แหล่งกำเนิดแสงกระตุ้น	65
5.1.2 ตัวกรองแสง	65
5.1.3 การเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน	66
5.1.4 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการเรืองแสงกับปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซิน	67
ภาคผนวก	
ภาคผนวก ก. ภาพโครงสร้างของสารพิษ และลักษณะของเชื้อราต่างๆ	
ภาคผนวก ข. โปรแกรมที่ใช้ควบคุมเครื่องโมนิโครเมตร	
ภาคผนวก ค. ข้อมูลเพิ่มเติม	
ภาคผนวก ง. Deuterium Lamps Model 66171 Instruction Manual	

เอกสารอ้างอิง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

	หน้า	
รูปที่ 2.1	โครงสร้างทางเคมีของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดต่างๆ	9
รูปที่ 2.2	ภาพของมินิคอลัมน์ และส่วนประกอบต่างๆ	10
รูปที่ 2.3	ภาพแสดงกระบวนการ ELISA ของ NEOGEN TEST KIT	12
รูปที่ 3.1	ไดอะแกรมการจัดวางอุปกรณ์ในการทดลอง	15
รูปที่ 3.2	ภาพการจัดอุปกรณ์โดยรวมในการทดลอง	15
รูปที่ 3.3	ภาพการจัดวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงในการทดลอง	15
รูปที่ 3.4	ภาพการจัดวางตำแหน่งของสารพิษอะฟลาทอกซินในการทดลอง	16
รูปที่ 3.5	ภาพสารพิษอะฟลาทอกซินที่ใช้ในการทดลอง	16
รูปที่ 3.6	ภาพการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซินในการทดลอง	17
รูปที่ 4.1	Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 1	25
รูปที่ 4.2	Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 2	28
รูปที่ 4.3	Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 3	31
รูปที่ 4.4	Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 1 ที่ผ่านตัวกรองแสง	34
รูปที่ 4.5	Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 2 ที่ผ่านตัวกรองแสง	37
รูปที่ 4.6	Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 3 ที่ผ่านตัวกรองแสง	40
รูปที่ 4.7	การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ครั้งที่ 1	43
รูปที่ 4.8	การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ครั้งที่ 2	46
รูปที่ 4.9	การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ครั้งที่ 3	49
รูปที่ 4.10	การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน G1 ครั้งที่ 1	52
รูปที่ 4.11	การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน G1 ครั้งที่ 2	55
รูปที่ 4.12	การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน G1 ครั้งที่ 3	58
รูปที่ 4.13	ความสัมพันธ์ระหว่างการเรืองแสงกับความเข้มข้นของอะฟลาทอกซิน B1	61
รูปที่ 4.14	ความสัมพันธ์ระหว่างการเรืองแสงกับความเข้มข้นของอะฟลาทอกซิน G1	64
รูปที่ 5.1	เปรียบเทียบระหว่างกราฟของแหล่งกำเนิด UV กับกราฟการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน	66
รูปที่ 5.2	กราฟแสงการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน B1 และ G1	67

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 4.1	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 (UV source 1)	23
ตารางที่ 4.2	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)	24
ตารางที่ 4.3	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 (UV source 2)	26
ตารางที่ 4.4	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)	27
ตารางที่ 4.5	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 (UV source 3)	29
ตารางที่ 4.6	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)	30
ตารางที่ 4.7	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 + ตัวกรองแสง	32
ตารางที่ 4.8	กระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)	33
ตารางที่ 4.9	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 + ตัวกรองแสง	35
ตารางที่ 4.10	กระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)	36
ตารางที่ 4.11	ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 + ตัวกรองแสง	38
ตารางที่ 4.12	กระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)	39
ตารางที่ 4.13	ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 1	41
ตารางที่ 4.14	ค่าการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 1 ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์	42
ตารางที่ 4.15	ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 2	44
ตารางที่ 4.16	ค่าการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 2 ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์	45
ตารางที่ 4.17	ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 3	47
ตารางที่ 4.18	ค่าการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 3 ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์	48
ตารางที่ 4.19	ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 1	50
ตารางที่ 4.20	ค่าการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 1 ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์	51
ตารางที่ 4.21	ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 2	53
ตารางที่ 4.22	ค่าการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 2 ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์	54
ตารางที่ 4.23	ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 3	56
ตารางที่ 4.24	ค่าการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 3 ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์	57
ตารางที่ 4.25	ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ก่อนการทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง)	59
ตารางที่ 4.26	ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากอะฟลาทอกซิน B1 (ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร)	59
ตารางที่ 4.27	ค่าความเข้มแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ที่ใช้เป็นตัวทดสอบความสัมพันธ์	60
ตารางที่ 4.28	ค่าความเข้มแสงที่วัดได้ก่อนการทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง)	62

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

	หน้า
ตารางที่ 4.29 ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากอะฟลาทอกซินG1(ที่ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร)	62
ตารางที่ 4.30 ค่าความเข้มแสงของอะฟลาทอกซิน G1ที่ใช้เป็นตัวทดสอบความสัมพัทธ์	63



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาของโครงการ

สารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) เป็นสิ่งเจือปนตามธรรมชาติที่อยู่ในอาหารของมนุษย์ เราจะพบสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหาร และพืชผลทางการเกษตรจำพวก ถั่ว ข้าวโพด เมล็ดพืช และนม ที่มีเชื้อราชนิดแอสเปอร์จิลลัสฟลาวัส (Aspergillus flavus) เจริญเติบโตอยู่ เนื่องจากสารพิษอะฟลาทอกซินจะถูกสร้างขึ้นจากเชื้อราชนิดนี้ โดยเราจะพบได้มากที่สุดในการอาหารจำพวกถั่ว เชื้อราชนิดนี้จะเจริญเติบโตได้ดีในที่ที่มีความชื้นอยู่ด้วยประมาณ 14-30% ถ้าพบเชื้อราชนิดนี้มาก แนวโน้มที่จะพบสารพิษอะฟลาทอกซินก็จะมีมากขึ้นตามไปด้วย จะสังเกตเห็นเชื้อราชนิดนี้ได้ด้วยตาเปล่า จะมีสีเขียวอมเหลือง หรือสีเขียวเข้ม

สารพิษอะฟลาทอกซินนี้ถูกพบเมื่อประมาณ 40 ปีที่ผ่านมา พบว่าสารพิษอะฟลาทอกซินเมื่อบริโภคเข้าไปจะทำอันตรายต่อตับ ทำให้เนื้อตับมีไขมันสะสมมาก เซลล์ตับถูกทำลายจนอักเสบ มีเลือดออกในตับ จนตับแข็ง หากได้รับสารพิษในปริมาณมากระดับหนึ่งก็จะเกิดมะเร็งตับ ซึ่งจะทำให้ถึงแก่ชีวิตได้ นอกจากนี้ยังก่อให้เกิดการกลายพันธุ์ด้วย สารพิษอะฟลาทอกซินนั้นทนความร้อนได้ดี สามารถทนความร้อนได้ถึง 260°C ดังนั้นในการหุงต้มแบบธรรมดาทั่วไป จึงไม่สามารถทำลายสารพิษอะฟลาทอกซินได้ ดังนั้นปัญหานี้จึงเป็นปัญหาทางด้านสาธารณสุข ได้มีการกำหนดปริมาณของสารพิษอะฟลาทอกซินจากกระทรวงสาธารณสุขไว้ว่า ห้ามมีสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารเกิน 20 ส่วนในหนึ่งพันล้านส่วน หรือ พีพีบี (ppb)

ตั้งแต่มีการค้นพบสารอะฟลาทอกซินเป็นต้นมาได้มีการศึกษาวิธีการ และพัฒนาเครื่องมือตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซิน เพื่อจำกัดระดับของสารพิษอะฟลาทอกซินที่มีอยู่ในอาหาร และพืชผลทางการเกษตร ในปัจจุบันได้มีวิธี และเครื่องมือตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารและพืชผลทางการเกษตร อยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น Minicolumn test, Fluorotoxin meter, Thin layer chromatography (TLC), High performance liquid chromatography (HPLC) และวิธีการทดสอบ Bright Greenish Yellow Fluorescent (BGYF) เป็นต้น

แต่ในโครงการพิเศษนี้จะตัดตอนศึกษาถึงวิธีการ และสร้างเครื่องมือเพื่อใช้ในการตรวจหาอะฟลาทอกซินในอาหาร และพืชผลทางการเกษตรด้วยวิธีการทางแสง เนื่องจากวิธีนี้เป็นวิธีที่รวดเร็ว แม่นยำ และง่ายต่อการปฏิบัติ นอกจากนี้ยังต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เร็วถึงแม้ยังอาจจะไม่มีระดับความละเอียดมากนักก็ตาม โดยอาศัยหลักการการเรืองแสงของตัวสารพิษอะฟลาทอกซินเอง เพื่อให้เกษตรกรสามารถนำมาใช้ได้ โดยจะออกแบบให้มีระดับความละเอียดมากขึ้น สามารถใช้งานได้ง่าย เนื่องจากในปัจจุบันเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหาร และพืชผลทางการเกษตรด้วยวิธีการทางแสงนั้นยังมีราคาสูง และต้องนำเข้าจากต่างประเทศ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการ

1. เพื่อศึกษาการทำงานของเครื่องตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยวิธีการทางแสง
2. เพื่อสามารถเข้าใจการออกแบบเครื่องตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยวิธีการทางแสงได้
3. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินกับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมาได้
4. เพื่อสามารถออกแบบการทดลอง ในการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินกับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมาได้
5. เพื่อมีแนวทางในการออกแบบเครื่องตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยวิธีการทางแสงให้มี ความละเอียด แม่นยำในการตรวจหามากขึ้น
6. เพื่อเรียนรู้การทำงานที่เป็นระบบ และวิเคราะห์ปัญหา

1.3 ขอบเขตของโครงการ

โครงการพิเศษนี้จะศึกษา และออกแบบระบบตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยวิธีการทางแสง โดยสารพิษอะฟลาทอกซินนั้นมีหลายชนิด ซึ่งในโครงการพิเศษนี้จะเป็นการศึกษา และออกแบบให้สามารถตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดบีหนึ่ง และสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดจีหนึ่ง (Aflatoxin – B1 & G1) ได้ เนื่องจากเป็นสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดที่พบมากที่สุด และออกแบบระบบให้มีความละเอียด แม่นยำในการตรวจหาให้มากที่สุดที่จะเป็นได้

1.4 วิธีการดำเนินงาน

1. ศึกษาการทำงานและสมบัติของตัวตรวจวัดแสงโฟโตมัลติพลายเออ (Photomultiplier tube)
2. ศึกษาการทำงาน และสมบัติของเครื่องโมนโครเมเตอร์ (Monochromator)
3. ศึกษาการทำงาน และสมบัติของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรมิเตอร์ (Electrometer)
4. ศึกษาการทำงาน และสมบัติของเครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออ (Lock-in amplifier)
5. ศึกษาการทำงาน และสมบัติของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลต (UV – source)
6. ศึกษาสมบัติของแผ่นกรองแสงอัลตราไวโอเลต
7. ศึกษาการปรับแต่งระบบโดยรวมในมิเซนซิวิตี (Sensitivity) สูงที่สุด
8. ศึกษาสมบัติการเรืองแสง ของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดบีหนึ่ง และสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดจีหนึ่ง (Aflatoxin – B1 & G1)
9. ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินกับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา
10. สรุป และวิเคราะห์ผล

1.5 สิ่งที่คาดว่าจะได้รับ

1. เข้าใจทฤษฎีต่างๆ ทางแสง เช่น การเรืองแสง การสะท้อน และการหักเหของแสง เป็นต้น
2. เข้าใจหลักการพื้นฐานของเครื่องมือต่างๆ ในปัจจุบัน ที่ใช้ตรวจสอบหาสารอะฟลาทอกซิน
3. เข้าใจสมบัติ และการนำไปใช้งานของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเลต (UV – source)
4. เข้าใจสมบัติ และการนำไปใช้งานของ โฟโตมัลติพลายเออ (Photomultiplier tube ; PMT)
5. เข้าใจสมบัติ และการนำไปใช้งานของเครื่องโมนโครเมเตอร์ (Monochromator)
6. เข้าใจสมบัติ และการนำไปใช้งานของเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรมิเตอร์ (Electrometer)
7. เข้าใจสมบัติ และการนำไปใช้งานของเครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออ (Lock-in amplifier)
8. สามารถหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินกับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมาได้
9. สามารถตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินด้วยวิธีการทางแสงได้ละเอียด แม่นยำมากขึ้น
10. สามารถรู้จักการทำงานที่เป็นระบบ และรู้จักการแก้ปัญหาโดยใช้เหตุผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

ทฤษฎี

2.1 สารพิษจากเชื้อรา (Mycotoxins) ในเมล็ดพืชอาหาร

สารพิษจากเชื้อรา (mycotoxins) คือ สิ่งที่เชื้อราสร้างขึ้นเมื่อมีอาหาร และสภาพแวดล้อมเหมาะสม ซึ่งก่อให้เกิดความเจ็บป่วยในคน และสัตว์ ที่บริโภค หรือได้รับสารที่เชื้อราสร้างขึ้นนั้น

การที่เมล็ดพืชอาหารมีสารพิษจากเชื้อราปนเปื้อนอยู่ ก่อให้เกิดการเสี่ยงต่อสุขภาพของทั้งคน และสัตว์ ซึ่งทำให้เกิดการสูญเสียทางเศรษฐกิจเป็นอย่างมาก และอาการเจ็บป่วยอันเนื่องจากการได้รับสารพิษจากเชื้อรา เรียกว่า “ mycotoxicosis ”

ลักษณะของความเป็นพิษขึ้นกับปริมาณที่ได้รับ ความไวการแพ้ต่อสารพิษของอวัยวะ อายุ เพศ รวมถึงชนิดพันธุ์สัตว์ การได้รับสารพิษโดยตรงในปริมาณสูงๆ จะทำให้เกิดการเจ็บป่วยอย่างเฉียบพลัน และอาจเสียชีวิตได้ ในขณะที่เดียวกันถ้าได้รับในปริมาณน้อยๆ แต่เป็นเวลานานก็จะทำให้เกิดการเจ็บป่วยเรื้อรัง

2.1.1 ประวัติความเป็นมา

ประมาณคริสต์ศตวรรษที่ 16 มีรายงานในยุโรปว่ามีผู้คนจำนวนมากเจ็บป่วยเนื่องจากบริโภคขนมปังที่ทำจากข้าวไรน์ ทำให้เกิดแผลเรื้อรังตามแขน ขา มีอาการปวด ชัก เพ้อคลั่ง และถ้าเป็นมากๆ อาจถึงตายได้ ซึ่งต่อมาในปี ค.ศ. 1875 จึงพบสาเหตุเกิดจากการปนเปื้อนของ *Sclerotia* (ergot) ของเชื้อรา *Claviceps purpurea* ในข้าวไรน์ และเชื้อรามีการสร้างสารพิษที่เรียกว่า “Ergot alkaloids” หลังจากนั้นในปี ค.ศ. 1944-1945 มีรายงานว่าในเขตตอนเหนือของประเทศรัสเซียมีคนเจ็บป่วยล้มตายจำนวนมาก เนื่องจากบริโภคเมล็ดธัญพืช โดยเฉพาะพวกมิลเลท (millet) โดยพบอาการเริ่มแรกเป็นแผลอักเสบที่ปาก และคอหอย ต่อมามีอาการไขกระดูกเสื่อม โลหิตจาง เส้นโลหิตตีบ และตาย จากการศึกษาพบว่าเกิดจากสารพิษ Alimentary toxic aleukia (ATA) ที่เชื้อรา *Fusarium sporotrichiella* สร้างขึ้นในเมล็ดธัญพืช โดยเฉพาะพวกมิลเลท (millet) ที่อยู่ข้ามฤดูหนาวในไร่ และนักวิจัยชาวรัสเซียได้ตีพิมพ์ผลงานเกี่ยวกับสารพิษนี้ไว้มากมายแต่ก็ไม่ได้ได้รับความ

สนใจเท่าที่ควรจนกระทั่งปี ค.ศ. 1960 ในประเทศอังกฤษ มีการตายของไก่วงจำนวนมากภายในเวลา 2-3 เดือนจึงทำให้คนเริ่มหันมาสนใจศึกษากันอย่างเร่งด่วน และพบว่าเกิดจากกากถั่วลิสงที่ใช้เป็นอาหารมีเชื้อรา *Aspergillus flavus* ปนเปื้อนอยู่ และจากการศึกษาพบสารพิษอะฟลาทอกซินในกากถั่วลิสงนั้น จึงเป็นการกระตุ้นให้มีการศึกษาอย่างต่อเนื่อง และพบว่ากากถั่วลิสงที่มีสารพิษอะฟลาทอกซิน ปนเปื้อนอยู่ทำให้เกิดมะเร็งที่ตับของหนูทดลอง และมีการทดลองต่อมายืนยันว่าสารพิษอะฟลาทอกซิน เป็นสารก่อมะเร็งที่ร้ายแรงชนิดหนึ่ง จากการค้นพบในครั้งนั้นทำให้หลายๆ ประเทศเริ่มให้ความสนใจในการตรวจหา และศึกษาสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์เกษตร และผลิตภัณฑ์จากสัตว์มากขึ้น ทำให้พบสารพิษอื่นๆ อีกหลายชนิดแต่การศึกษาส่วนใหญ่เป็นเรื่องของสารพิษอะฟลาทอกซิน

2.1.2 สารพิษสำคัญในเมล็ดพืชอาหาร

Aflatoxins เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Aspergillus* ที่สำคัญ คือ *Aspergillus flavus* และ *A. Parasiticus* พบในเมล็ดธัญพืชต่างๆ เช่น ถั่วลิสง ข้าวโพด ข้าวข้าวฟ่าง ข้าวสาลี ข้าวบาเลย์ ถั่วต่างๆ และมะพร้าว โดยเฉพาะถั่วลิสง และผลิตภัณฑ์จากถั่วลิสงจะพบบ่อย และพบในปริมาณสูงมาก สารพิษนี้พบในสภาพธรรมชาติ 4 ชนิด คือ B1 B2 G1 และ G2 โดย B1 มีความเป็นพิษสูงสุด รองลงมาคือ G1 B2 และ G2 ตามลำดับ และยังพบ M1 และ M2 ซึ่งเป็นอนุพันธ์ของ B1 และ B2 ในน้ำมันของคน และสัตว์ที่บริโภคอาหารที่มีสารพิษนี้ปนเปื้อนอยู่และสารพิษนี้เป็นสารพวก carcinogen คือสารก่อมะเร็ง เป็นพิษต่อตับ ทำให้เกิดตับอักเสบ เนื้องอกในตับ และมะเร็งที่ตับ

Ochratoxins เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Penicillium* แต่ที่พบบ่อย คือ *P.viridicatum* และอาจถูกสร้างจากเชื้อราในกลุ่ม *Aspergillus* ได้แต่ต้องอยู่ภายใต้สภาวะที่มีความชื้นและอุณหภูมิสูง ที่พบคือ *A.ochraceus* ในขณะที่กลุ่ม *Penicillium* จะสร้างสารพิษที่อุณหภูมิต่ำ (5 องศาเซลเซียส) สารพิษนี้มี 2 ชนิดคือ ochratoxin A และ B แต่ที่พบในธรรมชาติมีเพียง A เท่านั้น พบในข้าวโพด ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และถั่วต่างๆ นอกจากนี้ยังพบในผลิตภัณฑ์จากสัตว์ รวมทั้งเนื้อหมู เนื้อไก่ด้วย สารพิษนี้มีพิษต่อไต และอาจเป็นพิษต่อตับ ได้ถ้าได้รับในปริมาณสูงมากๆ

Citrinin เป็นสารพิษที่มีสีเหลือง ซึ่งเกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Penicillium* และ *Aspergillus* รวมถึง *P.viridicatum* ซึ่งสร้างสารพิษ ochratoxin ด้วย สารพิษนี้อาจพบเดี่ยวๆ หรือพบร่วมกับ ochratoxin ในข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และข้าวโอ๊ต มีพิษต่อไต นอกจากนี้ยังพบเชื้อรา *P.citrinum* ซึ่งสร้างสารพิษในข้าว และเชื้อราอื่นๆ อีกหลายชนิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Zearalenone เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Fusarium* ที่สำคัญ คือ *F.graminearum* (*Gibberella zeae*) และ *F.moniliforme* พบในข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และอาหารสัตว์ สารพิษนี้ไม่มีรายงานด้านความเป็นพิษอย่างร้ายแรง แต่มีคุณสมบัติเหนือฮอร์โมนเพศหญิง ทำให้มีผลต่อเต้านม มดลูก ช่องคลอด และเกิดการแท้งลูกได้ สารพิษชนิดนี้มักพบร่วมกับสารพิษที่อยู่ในกลุ่ม *Trichothecenes* เสมอ

Trichothecenes เป็นสารพิษที่เกิดขึ้นจากเชื้อราหลายๆ ชนิดในกลุ่ม *Fusarium* รวมถึง *Trichoderms*, *Myrothecium* และ *Stachybotrys* สารพิษในกลุ่มนี้มีสูตร โครงสร้างต่างๆ สัมพันธ์กันมากกว่า 100 ชนิด แต่มีที่พบตามธรรมชาติเพียงไม่กี่ชนิด เช่น *Deoxynivalenol*, *nivalenol*, *diacetoxyscirpenol* และ *T-2 toxin* พบในข้าวโพด ข้าวฟ่าง ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี และอาหารสัตว์ พวกฟางหญ้าแห้ง สารพิษกลุ่มนี้แสดงอาการความเป็นพิษได้รุนแรงเฉียบพลัน หรืออาการเล็กน้อย ขึ้นอยู่กับสูตร โครงสร้างทางเคมีของสารนั้นๆ ลักษณะอาการที่พบมีอาการคลื่นไส้ ไม่ยอมกินอาหาร แสดงอาการกระวนกระวาย และมีความผิดปกติของเม็ดโลหิต มีเลือดออกตามเนื้อเยื่ออ่อน เช่น เยื่อในปาก รวมทั้งพบว่าความต้านทานของร่างกายต่ำเนื่องจากสารพิษนี้ไปลดการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกาย และยังมีผลต่อการแบ่งตัวของเซลล์ภายในโพรงกระดูก ทำให้เกิดการผิดปกติของการสังเคราะห์โปรตีน

Pentulin เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Penicillium* และ *Aspergillus* ที่สำคัญ คือ *P.expansum* พบในผลไม้ต่างๆ โดยเฉพาะแอปเปิ้ล ทำให้พบสารพิษนี้ในน้ำแอปเปิ้ล และน้ำผลไม้ต่างๆ ลักษณะความเป็นพิษที่พบก็มี สมอองุ่นบวม น้ำ มีเลือดคั่งที่ปอด ตับ ม้าม และไต

Penicillic acid เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Penicillium* และ *Aspergillus* พบในข้าวโพด ถั่วแห้ง และใบยาสูบ ลักษณะอาการที่พบ คือ ตับและไตถูกทำลาย

Cyclopiazonic acid เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Penicillium* และ *Aspergillus* เช่น *P.cyclopium*, *P.cammenbertii*, *A.versicolor* และ *A.falvus* พบในข้าวโพด ถั่วลิสง เนยแข็ง และอาหารหมักดอง สารพิษนี้มักพบพัวพันกับสารพิษอะฟลาทอกซิน และจะส่งเสริมความเป็นสารพิษให้รุนแรงขึ้น

Ergot alkaloides เป็น complex mixture ของสารพิษ 3 ชนิดคือ *Lysergic acid derivatives*, *isolysugic acid derivatives* และ *clavine* (*dimethylergoline*) derivatives ซึ่งสร้างจากเชื้อรา *Claviceps purpurea*, *C. Paspalli* และ *C. Fusiformis* โดยเชื้อราจะสร้างสารแอลคาลอยด์อยู่ใน *sclerotia* (*ergot*) พบในข้าวไรน์ ข้าวบาร์เลย์ ข้าวสาลี ข้าวโอ๊ต และเมล็ดธัญพืชในอินเดีย ที่เรียกว่า *bajra* ทำให้เกิดแผลเรื้อรัง มีอาการปวดชั๊ก เพ้อคลั่ง และตายในที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Fumomisin เป็นสารพิษที่เกิดจากเชื้อราหลายชนิดในกลุ่ม *Fusarium* ที่สำคัญคือเชื้อรา *Fusarium moniliforme* และ *F. Proliferatum* มีรายงานเกี่ยวกับสารพิษนี้ครั้งแรกจากประเทศแอฟริกาใต้ในปี ค.ศ. 1988 และจากการศึกษาพบว่าสารพิษนี้เกิดจากเชื้อรา *Fusarium moniliforme* ที่ปนเปื้อนอยู่ในข้าวโพด ซึ่งทำให้เกิดโรค *Equine Leucoencephalomalacia (ELEM)* กับม้า อาการของโรค คือม้าจะสูญเสียการทรงตัว เดินตุ๋นตุ๋นเป๋ ชักคิ้นชักงอ และตายเนื่องจากสมองถูกทำลาย นอกจากนี้ยังพบโรค *Porcine pulmonary edema (PPE)* กับหมู อาการของโรค จะพบน้ำสีเหลืองที่ปอด รวมทั้ง *Human oesophageal cancer* คือโรคมะเร็งกับคนจากเมือง *Transkei* ในประเทศแอฟริกาใต้ และเมือง *Lin Sian* ในประเทศจีนด้วย สารพิษนี้มีหลายชนิด ที่พบเสมอคือ *Fumonisin B*, และ *Fumonisin B2* ในข้าวโพด และอาหารสัตว์

นอกจากนี้ยังมีสารพิษที่เกิดจากเชื้อราอีกหลายชนิดเช่น *Moniliformin*, *Fusaric acid*, *Sterigmatocystin*, *Citreoviridin*, *Rubratoxins* และ *Alternaria toxin* เป็นต้น

2.1.3 สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคระบาดกับคน

Ergotism พบในยุโรปมีรายงานว่ามีคนเจ็บป่วยล้มตายจำนวนมาก เนื่องจากบริโภคขนมปังที่ทำจากข้าวไรน์ อาการของโรคคือ มีแผลเรื้อรังตามแขน ขา มีอาการปวด ชัก เพ้อคลั่งและตาย ซึ่งพบว่าสาเหตุเกิดจากสารพิษ *alkaloids* ในเมล็ด *sclerotia (ergot)* ของเชื้อรา *Claviceps purpurea* ที่ปนเปื้อนอยู่ในข้าวไรน์ที่ใช้ทำขนมปัง

Alimentary toxin aleukia (ATA) พบในประเทศรัสเซีย มีรายงานว่ามีคนเจ็บป่วยล้มตายจำนวนมากเนื่องจากบริโภคเมล็ดธัญพืชโดยเฉพาะพวกมิลเลท (*millet*) อาการของโรค คือเป็นแผลอักเสบที่เยื่อปากและคอหอย โรคไขในกระดูก โลหิตจาง น้ำเหลืองคั่ง เส้นโลหิตตีบ และตาย ซึ่งพบว่าสาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Fusarium sporotrichiella* สร้างสารพิษในกลุ่ม *Trichothecenes* ในเมล็ดธัญพืชนั้น

Indian childhood cirrhosis พบในเด็กเล็กอายุประมาณ 3 ปี ในประเทศอินเดีย อาการของโรคคือ มีการขยายตัวโตขึ้นของตับ ตับมีไขมันเพิ่มสูงขึ้น เซลล์ของตับจะเป็น *fibrosis* แดงง่ายและตาย ซึ่งพบว่าสาเหตุจากการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารพิษ *aflatoxin* ในอาหาร

Reye's syndrome พบในเด็กเล็กในประเทศไทย และเคยมีรายงานในประเทศสหรัฐอเมริกา และนิวซีแลนด์ อาการของโรค คือมีอาการคลื่นไส้ ชัก หมดสติ และตายภายใน 24-48 ชั่วโมง จากการตรวจพบว่าสมองมีการบวม ตับถูกทำลายโดยมีไขมันในตับซึ่งพบว่าสาเหตุจากการปนเปื้อนของเชื้อรา และสารพิษ *aflatoxin* ในอาหาร

Oesophageal cancer มีรายงานว่า พบการระบาดของโรคมะเร็งกับคนจากเมือง Transkei ในประเทศแอฟริกาใต้ และเมือง Lin Xian ในประเทศจีน และพบว่าสาเหตุเกิดจากเชื้อรา *Fusarium moniliforme* สร้างสารพิษ Fumonisin ในข้าวโพดที่ใช้เป็นอาหาร

2.1.4 สารพิษจากเชื้อราที่ทำให้เกิดโรคระบาดกับสัตว์

Stachybotryotoxicosis มีรายงานว่าเกิดการตายของม้าจำนวนมากในเมืองยูเครน ประเทศรัสเซีย เนื่องจากกินฟางและหญ้าแห้งที่มีเชื้อรา *Stachybotrys alternans* ปนเปื้อนอยู่และเชื้อรานี้สร้างสารพิษในกลุ่มของ Trichothecenes ในฟางและหญ้าแห้งนั้น

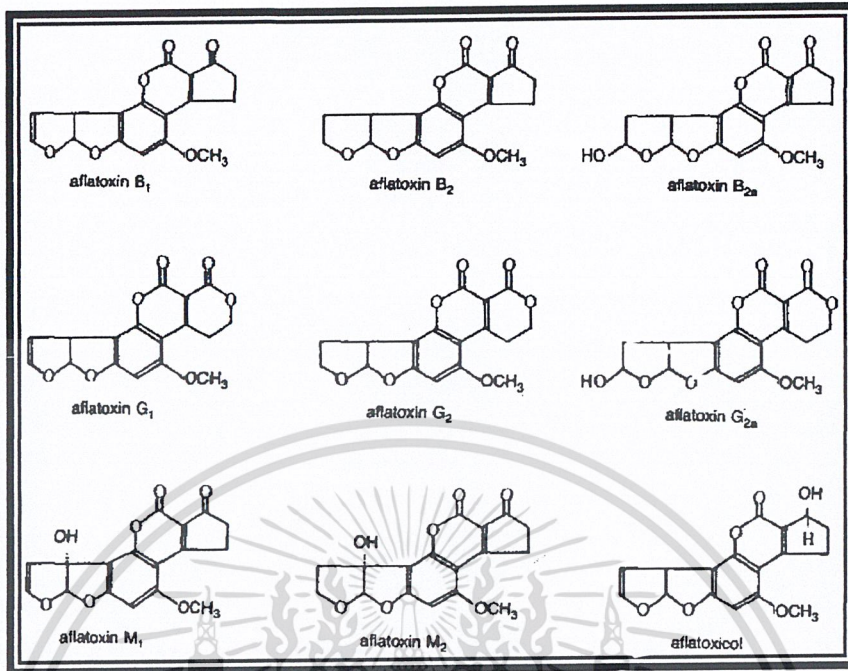
Turkey – x disease มีรายงานว่าเกิดการตายของไก่จวงจำนวนมากในประเทศอังกฤษ เนื่องจากกินอาหารที่มีกากถั่วลิสงเป็นส่วนประกอบ และพบว่าสาเหตุเกิดจากมีเชื้อรา *Aspergillus flavus* ปนเปื้อนอยู่ และเชื้อรานี้สร้างสารพิษ aflatoxin ในกากถั่วลิสง

Equine Leucoencephalomalacia (ELEM) พบการระบาดของโรคนี้กับม้า ลักษณะอาการคือ ม้าจะสูญเสียการทรงตัว เดินตุ๋นตุ๋นเป๋ ชักคั่นชักงอ และตาย เนื่องจากสมองถูกทำลาย โดยมีสาเหตุจากสารพิษ Fumonisin ซึ่งเชื้อรา *Fusarium moniliforme* สร้างขึ้นในข้าวโพดที่ใช้เป็นอาหาร

2.2 อะฟลาทอกซิน (Aflatoxins)

2.2.1 ที่มา และโครงสร้างทางเคมี

อะฟลาทอกซินเป็นสารพิษชนิดหนึ่ง เราจะพบสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหาร และพืชผลทางการเกษตรจำพวกถั่ว ข้าวโพด เมล็ดพืช และนม ที่มีเชื้อราชนิดแอสเปอร์จิลลัสฟลาวัส (*Aspergillus flavus*) เจริญเติบโตอยู่ เนื่องจากสารพิษอะฟลาทอกซินจะถูกสร้างขึ้นจากเชื้อราชนิดนี้ โดยที่สารพิษอะฟลาทอกซินนี้เกิดขึ้นจากเชื้อราชนิดแอสเปอร์จิลลัสฟลาวัสที่บูดเน่า สารพิษอะฟลาทอกซินนี้มีหลายประเภทสามารถแยกแยะได้เป็น สารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B1 B2 B2a G1 G2 G2a M1 M2 องค์ประกอบทางเคมีของสารพิษอะฟลาทอกซินมีโครงสร้างทางเคมีเป็น heterocyclic ซึ่งสามารถแยกแยะได้เป็น โครงสร้างหลัก ๆ ได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 โครงสร้างทางเคมีของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดต่าง ๆ

2.2.2 วิธีการตรวจหา

ในการตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินนั้นเราสามารถที่จะทำได้หลายวิธี ในแต่ละวิธีนั้นมีทั้งข้อดี และข้อเสียแตกต่างกันไปในเรื่องของ ความแม่นยำ ค่าใช้จ่ายในการตรวจหา และความซับซ้อนในการตรวจหา ส่วนใหญ่ก็มักประกอบด้วย 3 ขั้นตอนหลักคือ การสกัดอะฟลาทอกซินออกจากสารตัวอย่าง, การแยกหรือการทำให้บริสุทธิ์เพื่อกำจัดผลรบกวนการตรวจสอบจากสารอื่น และสุดท้ายก็คือการตรวจสอบและระบุปริมาณ ซึ่งในปัจจุบันเราอาจแบ่งวิธีการตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินได้เป็นดังนี้

2.2.2.1 Rapid screening method (minicolumn test)

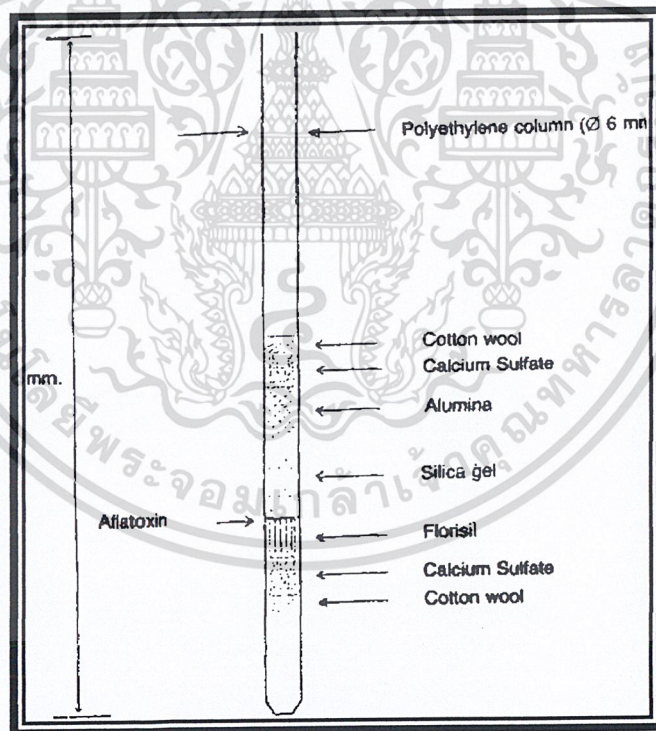
วิธีนี้จะใช้ในการตรวจสอบข้าวโพด และยังสามารถใช้ในภาคสนามได้ด้วย ซึ่งมีหลักการว่า สารพิษอะฟลาทอกซิน จะถูกแยกด้วย methanol ซึ่งสารพิษอะฟลาทอกซิน จะถูกคักจับอยู่ในชั้น florisil ในมินิคอลัมน์ ซึ่งปริมาณแสง (fluorescence) ในมินิคอลัมน์อันเนื่องมาจาก สารพิษอะฟลาทอกซินภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ต (UV) จากหลอด black light จะนำไปเปรียบเทียบกับค่ามาตรฐานเพื่อหาปริมาณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีนี้จะให้ผลเพียงแต่ว่าจะมีสารพิษอะฟลาทอกซินมากกว่า หรือน้อยกว่ามาตรฐานเท่านั้น เวลาทั้งหมดที่ใช้ในวิธีการตรวจสอบนี้ประมาณ 10 นาที

หลักการของ มินิคอลัมน์ คือ โครมาโตกราฟี โดยมีลักษณะเป็นหลอดเล็กๆ ภายในบรรจุด้วย Alumina , silica gel , florisil ดังแสดงในรูปที่ 2.2 ซึ่งถูกรวมอยู่ในคอลัมน์ ในการใช้จะใส่สารละลายระหว่างตัวอย่าง (sample) กับสารละลายอินทรีย์ ด้วยหลักการของโครมาโตกราฟีสารพิษอะฟลาทอกซิน จะถูกแยกออกมาอยู่เหนือชั้นของ florisil ด้วยการฉายแสงอัลตราไวโอเล็ต (UV ; 360 nm) ลงไปที่มินิคอลัมน์ หากมีสารพิษอะฟลาทอกซินก็จะมี การเรืองแสงเกิดขึ้นมาเหนือชั้นของ florisil โดยที่ความแม่นยำในการตรวจสอบขึ้นอยู่กับ

- ทักษะของผู้วิเคราะห์
- ความเข้มของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต
- ความมืดของสถานที่ที่ใช้ในการทดสอบ คุณผลของการ โครมาโตกราฟี



รูปที่ 2.2 ภาพของมินิคอลัมน์ และส่วนประกอบต่างๆ

2.2.2.2 Thin layer chromatography (TLC)

วิธีนี้จะทำการทดสอบหาอะฟลาทอกซินซึ่งจะทำคล้ายๆกับแบบมินิคอลัมน์แต่มีความละเอียดสูงมาก และเป็นที่ยอมรับมากกว่า วิธีการนี้ใช้เวลาในการตรวจหาประมาณ 3 - 4 ชั่วโมง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.2.3 High performance liquid chromatography (HPLC)

เป็นหนึ่งในเทคนิคของโครมาโตกราฟีแบบของเหลวอีกแบบหนึ่ง ที่สามารถแยกสารตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว และมีประสิทธิภาพ เพราะใช้ความดันช่วย ของแข็งที่บรรจุอยู่ในคอลัมน์มีขนาดเล็ก ซึ่งวิธีการนี้ช่วยในการวิเคราะห์สารในปริมาณน้อยๆ ได้ โดยวิธี HPLC นี้เป็นวิธีหา สารพิษอะฟลาทอกซิน ที่เชื่อถือได้เป็นอย่างมาก แต่ก็ใช้เวลานาน และค่าใช้จ่ายสูงมาก

2.2.2.4 Fluorotoxin meter

เป็นอีกวิธีการหนึ่งซึ่งสามารถหาสารพิษอะฟลาทอกซินได้อย่างรวดเร็ว แต่ไม่สามารถหามาตรฐานที่แน่นอนได้ หลักการคือ สารพิษอะฟลาทอกซินถูกแยกด้วย acetone ใน ferric gel ซึ่ง สารพิษอะฟลาทอกซิน จะถูกจับอยู่ที่ชั้น florisil และตรวจโดยใช้ Fluorotoxin meter ผลที่ได้จากวิธีนี้ค่อนข้างแม่นยำ ซึ่งใช้เวลาในการตรวจประมาณ 1 ชั่วโมง 30 นาที

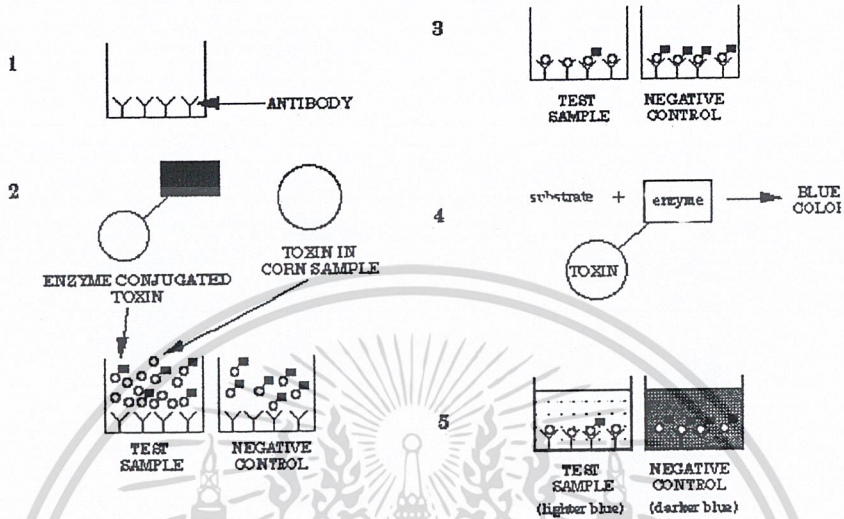
2.2.2.5 Immunochemical Methods

ในขณะที่ TLC เป็นการตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซิน ในอาหารจะต้องทำให้ห้องปฏิบัติการซึ่งกินเวลานาน และต้องการความรู้ และประสบการณ์เป็นอย่างมาก ในทางเทคโนโลยีชีวภาพได้มีการพัฒนาการทดสอบแบบที่ใช้แอนติบอดี ซึ่งมีปฏิกิริยาการจับตัวเฉพาะเจาะจงกับสารอะฟลาทอกซินต่าง ๆ ทำให้แยกตัวออกจากสารละลายที่ใช้สกัด นำไปสู่ขั้นตอนการตรวจวัดที่สามารถระบุประเภท และปริมาณของ สารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารซึ่งใช้เวลาเร็วขึ้น (น้อยกว่า 10 นาที) การทดสอบนี้มีพื้นฐานอยู่ที่ affinities ของ monoclonal หรือ polyclonal แอนติบอดี สำหรับสารพิษอะฟลาทอกซิน ซึ่งมีอยู่ 3 ประเภทของการทดสอบแบบนี้คือ radioimmunoassay (RIA) , enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) และ immunoaffinity column assay (ICA). ในส่วนของ ELISA เป็นวิธีการตรวจอะฟลาทอกซินที่ง่าย สะดวก และใช้เวลาน้อยในการตรวจสอบ โดยมีหลักการคือ การแข่งขันเข้ารวมตัวกับแอนติบอดี (Antibody) ระหว่าง Enzyme conjugated toxin กับ ตัวอะฟลาทอกซินเอง ในภาคหลุมซึ่งเคลือบด้วยแอนติบอดีดังกล่าวอยู่ซึ่งทำให้เกิดสีขึ้น โดยปริมาณการรวมตัวกับแอนติบอดีในอัตราส่วนของ Enzyme conjugated toxin กับ ตัวอะฟลาทอกซิน ที่ต่างกันจะทำให้ความเข้มของสีที่เกิดขึ้นแตกต่างกันด้วย ส่วนวิธีทดสอบว่ามีปริมาณ conjugated toxin จับอยู่กับแอนติบอดีมากน้อยเพียงใดนั้นทำโดยเคมีสารไม่มีสี (colorless substrate) ลงไปในหลุม ซึ่ง enzyme ที่อยู่ในหลุมจะเปลี่ยนเป็นสีน้ำเงิน ยังมี enzyme conjugate มาก สีก็จะเข้มมากขึ้นด้วย นั่นหมายถึงปริมาณสารพิษที่ตรวจวัดจะมีปริมาณน้อย และวิธีการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ELISA นี้ทางกองโรคพิษ และจุลชีววิทยา กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์ ได้นำมาใช้ในการตรวจสอบหาอะฟลาทอกซินในเบื้องต้นด้วย

NEOGEN TEST KIT



รูปที่ 2.3 ภาพแสดงกระบวนการ ELISA ของ NEOGEN TEST KIT

2.2.2.6 Bright Greenish-Yellow Fluoresence (BGYF) Method

จะสังเกตได้ว่า ในหลายวิธีที่ได้กล่าวมา หลังจากการสกัด และทำให้บริสุทธิ์ แยกอะฟลาทอกซินแล้ว การตรวจสอบหาปริมาณในขั้นสุดท้ายก็มักจะใช้สมบัติของปริมาณความเข้มการเรืองแสงของอะฟลาทอกซินที่ความยาวคลื่นเฉพาะเจาะจง กล่าวคือ 435 นาโนเมตรหรือสีน้ำเงินสำหรับ B toxins และ 450 นาโนเมตร หรือสีเขียวอมน้ำเงินสำหรับ G toxins ที่ความยาวคลื่นดูดกลืนแสงอัลตราไวโอเล็ตในย่าน 360 นาโนเมตร ซึ่งมีค่า molar absorptivity ราว 20,000 โดยที่ G toxins จะให้ความเข้มแสงสูงกว่า B toxins กว่า 10 เท่า ในปริมาณที่เท่ากัน ซึ่งผลที่ได้มีความแม่นยำสูงโดยไม่ต้องใช้วิธีการตรวจปริมาณที่ซับซ้อนของเครื่องมือวัดสเปกตรัมของมวล (mass spectrometer) ปัจจุบันวิธีการตรวจสอบทางแสงนี้ ก็มีใช้ร่วมกับวิธีการคัดแยกอะฟลาทอกซินทางชีวภาพจากสารตัวอย่างด้วย อย่างไรก็ตามถ้าพิจารณาถึงการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย (non destructive testing) วิธีการตรวจสอบการเรืองแสงของสารตัวอย่างในรูปของวัตถุดิบที่ไม่ได้ผ่านขั้นตอนการสกัดใด ๆ หรือที่เรียกว่าวิธี BGYF นั้น ก็จัดได้ว่าเป็นบรรทัดฐานขั้นต้นในการตัดสินใจ สุ่มตัวอย่างมาทำการวิเคราะห์ ด้วยวิธีการอื่น ๆ ซึ่งมีความแม่นยำกว่า ทั้งนี้ก็เพราะสารตัวอย่างอาจปะปนด้วยสารบางชนิด ที่เรืองแสงในย่านเดียวกันกับอะฟลาทอกซิน แต่ไม่เป็นอันตรายต่อผู้บริโภค ความเข้มการเรืองแสงที่ปรากฏจึงอาจมิได้เป็นตัวแทนของการมีอยู่ของอะฟลาทอกซิน หรือบ่งบอกถึงปริมาณได้ แต่บ่งชี้ถึงความน่าจะเป็นที่จะมีอะฟลาทอกซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ในโครงการพิเศษนี้ เราได้ทำการแบ่งการดำเนินการวิจัยออกเป็น 3 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ คือ

3.1 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการศึกษา

เป็นการศึกษาค้นคว้า และรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับสารพิษอะฟลาทอกซินที่มีอยู่ในปัจจุบัน เช่น สารพิษอะฟลาทอกซินเกิดมาจากอะไร มีลักษณะอย่างไร พบได้ที่ไหน มีอันตรายอย่างไร และมีคุณสมบัติต่างๆ เป็นอย่างไร รวมถึงการติดต่อหาสารพิษอะฟลาทอกซินเพื่อนำไปใช้เป็นตัวอย่างในการทดลอง และศึกษาต่อไป

ศึกษาวิธีการต่างๆ ที่สามารถใช้ตรวจหาสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหาร และพืชผลทางการเกษตรได้ (โดยเฉพาะวิธีการทางแสง) เพื่อที่จะได้นำไปใช้เป็นแนวทางและข้อมูลในการศึกษาในขั้นตอนต่อไป

3.2 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการทดลอง

เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวม และศึกษาได้จากขั้นตอนแรกมาทดลอง และนำข้อมูลที่ทดลองได้ไปวิเคราะห์ผล เพื่อที่จะยืนยันถึงข้อมูลที่เราได้ศึกษาค้นคว้ามา ในขั้นตอนนี้เราจะทำการศึกษาคุณสมบัติของแหล่งกำเนิดแสง (light source) และคุณสมบัติทางแสงของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดบีหนึ่ง และสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดจีหนึ่ง (Aflatoxin – B1 & G1)

3.2.1 การเตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

ซึ่งจะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่อไปนี้ คือ

1. แหล่งกำเนิดแสง (light source) มี 3 ชนิด ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชนิดที่ 1 หลอด Deuterium (UV source 1)

ชนิดที่ 2 หลอด Mercury (UV source 2)

ชนิดที่ 3 หลอด Mercury ; Black light (UV source 3)

2. สารพิษอะฟลาทอกซินชนิด G1

ความเข้มข้น 16.8 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 12.0 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 10.0 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 8.4 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 4.2 $\mu\text{g/ml}$

3. สารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B1

ความเข้มข้น 32.0 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 28.0 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 24.0 $\mu\text{g/ml}$

ความเข้มข้น 20.0 $\mu\text{g/ml}$

4. ชุดหลอด โชนเดียม

5. ตัวกรองแสง (Filter)

6. สลิต (Slit)

7. เลนส์นูน (Lens)

8. Photomultiplier tube (PMT)

9. โมโนโครเมเตอร์ (Monochromator)

10. เครื่องคอมพิวเตอร์ (Computer)

11. เครื่องอิเล็กทรอนิกส์ (Electrometer)

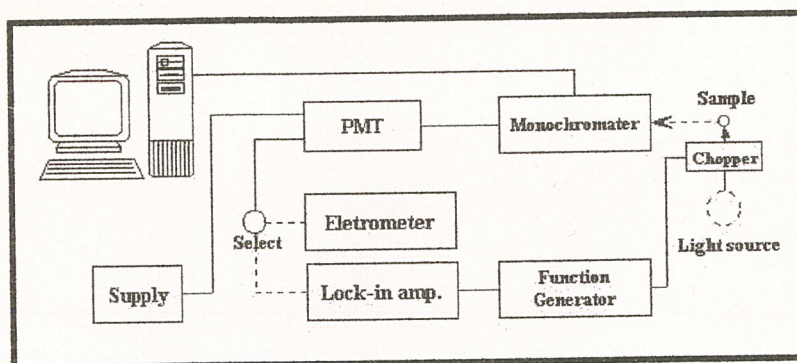
12. เครื่องปริแอมพลิไฟเออ (Pre-amplifier)

13. เครื่องล็อกอินแอมพลิไฟเออ (Lock-in amplifier)

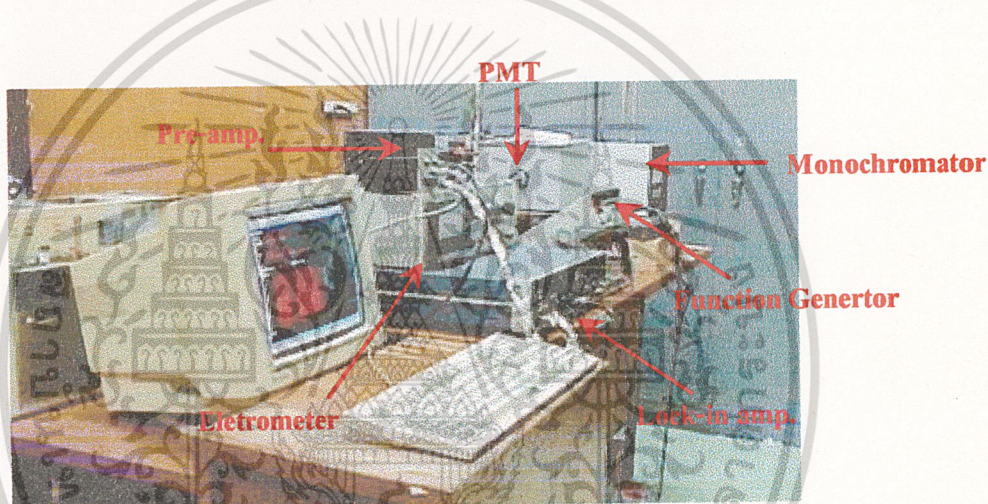
3.2.2 การจัดอุปกรณ์ในการทดลอง

การทดลองเพื่อศึกษาคุณสมบัติของแหล่งกำเนิด ตัวกรองแสง และการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดบีหนึ่ง และสารพิษอะฟลาทอกซินชนิดจีหนึ่ง (Aflatoxin – B1 & G1) จะจัดวางอุปกรณ์ต่างๆ ดังรูปไดอะแกรมต่อไปนี้

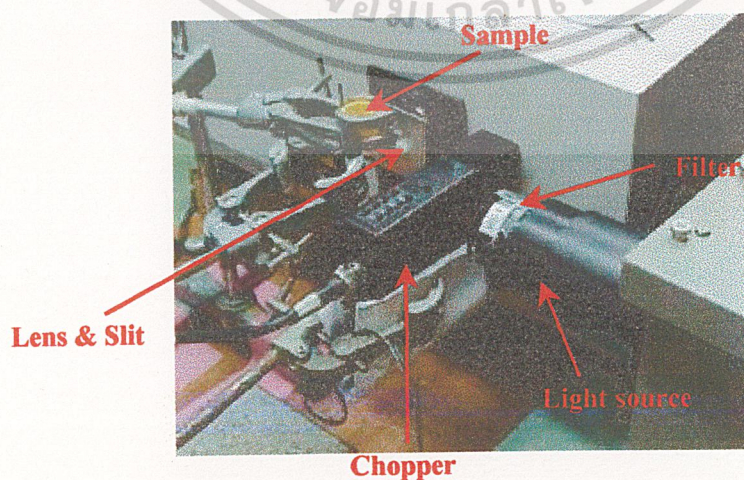
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.1 ไตอะแกรมการจัดวางอุปกรณ์ในการทดลอง

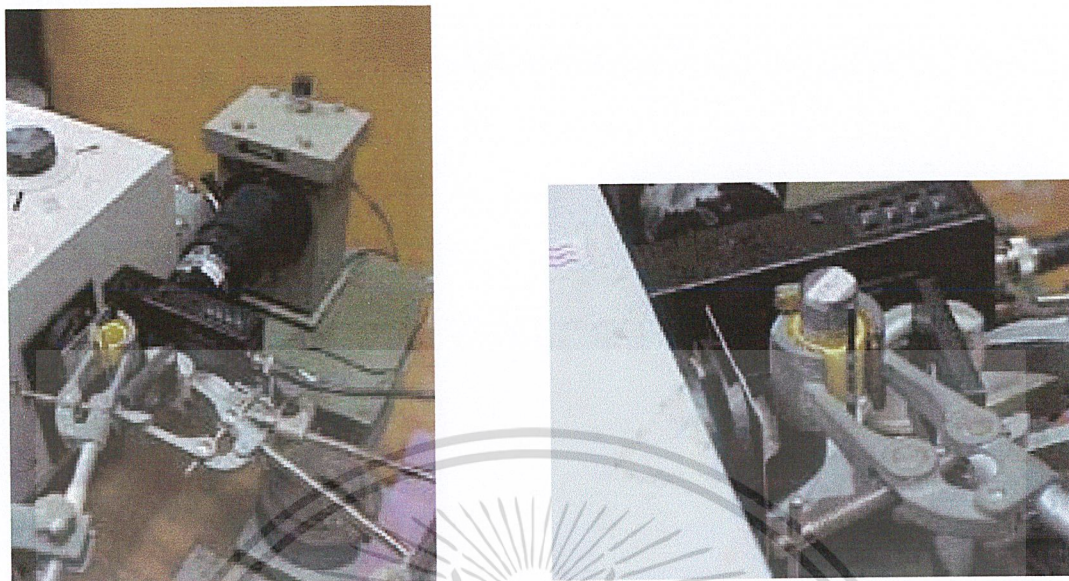


รูปที่ 3.2 ภาพการจัดวางอุปกรณ์โดยรวมในการทดลอง

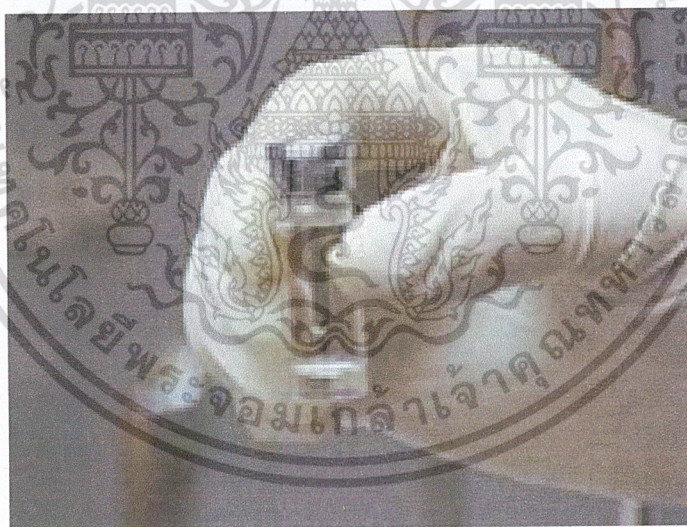


รูปที่ 3.3 ภาพการจัดวางตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสงในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.4 ภาพการจัดวางตำแหน่งของสารพิษอะฟลาทอกซินในการทดลอง

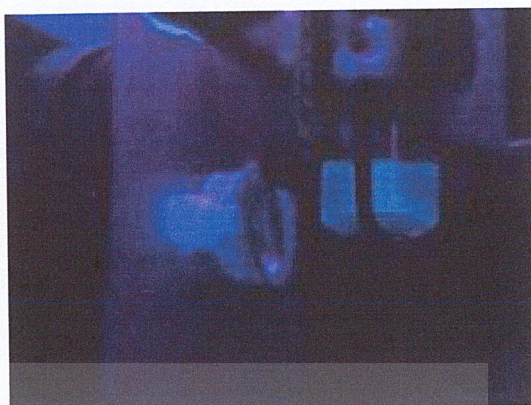


รูปที่ 3.5 ภาพสารพิษอะฟลาทอกซินที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



(a)



(b)

รูปที่ 3.6 ภาพการเรียงแสงของสารพิษอะฟลาทอกซินในการทดลอง

(a) สารพิษอะฟลาทอกซินขณะไม่เรียงแสง

(b) สารพิษอะฟลาทอกซินขณะเรียงแสง

3.2.3 วิธีการทดลอง

ในการทดลองจะแบ่งออกได้เป็น 6 ขั้นตอนใหญ่ๆ ดังนี้

3.2.3.1 ทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของแหล่งกำเนิด

1. จัดวางอุปกรณ์ดังรูป 1 โดยให้หลอดโซเดียมในการปรับเทียบให้เริ่มที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
2. ใส่สลิตเข้าไปที่ช่องทางแสงเข้าของโมโนโครมิเตอร์ และ PMT
3. เปลี่ยนจากหลอดโซเดียมมาเป็นแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1
4. เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมโนโครมิเตอร์
5. เปิดเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ และปรับสเกลในการวัดไปที่เต็มสเกล 1×10^{-6} A หรือค่าที่เหมาะสมในการวัด
6. ปรับความยาวคลื่นให้ลดลง 5 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรมที่ตั้งไว้ แล้วอ่านค่าที่ได้จากอิเล็กทรอนิกส์ และบันทึกผล
7. ทำการทดลองซ้ำข้อ 6 จนความยาวคลื่นลดลงมาที่ประมาณ 300 นาโนเมตร แล้วจึงปรับความยาวคลื่นให้กลับไป 590 นาโนเมตร เพื่อทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

10. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ และวิเคราะห์ผล

3.2.3.2 ทดลองตัวกรองแสงกับแหล่งกำเนิด

1. จัดวางอุปกรณ์ดังรูปไปอะแกรมที่ 3.1 โดยใช้หลอดโซเดียมในการปรับเทียบ ให้เริ่มที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
2. ใส่สลิตเข้าไปที่ช่องทางแสงเข้าของโมโนโครเมเตอร์ และPMT
3. เปลี่ยนจากหลอดโซเดียมมาเป็นแหล่งกำเนิดที่เลือก
4. ใส่ตัวกรองแสงเข้าไประหว่างสลิตทางเข้าโมโนโครเมเตอร์กับแหล่งกำเนิด
5. เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมโนโครเมเตอร์
6. เปิดเครื่องอิเล็กทรอนิกส์ และปรับสเกลในการวัดไปที่เต็มสเกล 1×10^{-6} A หรือค่าที่เหมาะสมในการวัด
7. ปรับความยาวคลื่นให้ลดลง 5 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรมที่ตั้งไว้ แล้วอ่านค่าที่ได้จากอิเล็กทรอนิกส์ และบันทึกผล
8. ทำการทดลองซ้ำข้อ 7 จนความยาวคลื่นลดลงมาที่ประมาณ 300 นาโนเมตร แล้วจึงปรับความยาวคลื่นให้กลับไป 590 นาโนเมตร เพื่อทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง
9. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ

3.2.3.3 ทดลองการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1

1. จัดวางอุปกรณ์ดังรูปไปอะแกรมที่ 3.1 โดยใช้หลอดโซเดียมในการปรับเทียบ ให้เริ่มที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
2. ใส่สลิตเข้าไปที่ช่องทางแสงเข้าของโมโนโครเมเตอร์ และPMT
3. เปลี่ยนจากหลอดโซเดียมมาเป็นแหล่งกำเนิดที่เลือก
4. วางสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 ไว้หน้าสลิตทางเข้าโมโนโครเมเตอร์
5. ใส่ตัวกรองแสงเข้าไประหว่างสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 กับแหล่งกำเนิด
6. จัดตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดที่ผ่านตัวกรองแสงให้ตกลงบนสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 โดยพยายามวางตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดผ่านเข้าไปในโมโนโครเมเตอร์น้อยที่สุด
7. เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมโนโครเมเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

8. เปิดเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรมิเตอร์ และปรับสเกลในการวัดไปที่เต็มสเกล 1×10^{-6} A หรือค่าที่เหมาะสมในการวัด
9. ปรับความยาวคลื่นให้ลดลง 5 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรมที่ตั้งไว้ แล้วอ่านค่าที่ได้จากอิเล็กทรอนิกส์โทรมิเตอร์ และบันทึกผล
10. ทำการทดลองซ้ำข้อ 9 จนความยาวคลื่นลดลงมาที่ประมาณ 300 นาโนเมตร แล้วจึงปรับความยาวคลื่นให้กลับไป 590 นาโนเมตร เพื่อทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง
11. ทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดให้แตกต่างจากครั้งแรก
12. ทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดให้แตกต่างจากครั้งแรก และครั้งที่สอง
13. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ

3.2.3.4 ทดลองการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1

1. จัดวางอุปกรณ์ดังรูปไดอะแกรมที่ 3.1 โดยใช้หลอดโซเดียมในการปรับเทียบ ให้เริ่มที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
2. ใส่สไลด์เข้าไปที่ช่องทางแสงเข้าของโมโนโครเมเตอร์ และPMT
3. เปลี่ยนจากหลอดโซเดียมมาเป็นแหล่งกำเนิดที่เลือก
4. วางสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 ไว้หน้าสไลด์ทางเข้าโมโนโครเมเตอร์
5. ใส่ตัวกรองแสงเข้าไประหว่างสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 กับแหล่งกำเนิด
6. จัดตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดที่ผ่านตัวกรองแสงให้ตกลงบนสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 โดยพยายามวางตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดผ่านเข้าไปในโมโนโครเมเตอร์น้อยที่สุด
7. เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมโนโครเมเตอร์
8. เปิดเครื่องอิเล็กทรอนิกส์โทรมิเตอร์ และปรับสเกลในการวัดไปที่เต็มสเกล 1×10^{-6} A หรือค่าที่เหมาะสมในการวัด
9. ปรับความยาวคลื่นให้ลดลง 5 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรมที่ตั้งไว้ แล้วอ่านค่าที่ได้จากอิเล็กทรอนิกส์โทรมิเตอร์ และบันทึกผล

10. ทำซ้ำข้อ 9 จนความยาวคลื่นลดลงมาที่ประมาณ 300 นาโนเมตร แล้วจึงปรับความยาวคลื่นให้กลับไป 590 นาโนเมตร เพื่อทำการทดลองซ้ำอีก 3 ครั้ง
11. ทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดให้แตกต่างจากครั้งแรก
12. ทำการทดลองซ้ำข้อ 9-10 แต่เปลี่ยนตำแหน่งการวางแหล่งกำเนิดให้แตกต่างจากครั้งแรก และครั้งที่สอง
13. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ

3.2.3.5 ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มของสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 กับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา

1. จัดวางอุปกรณ์ดังรูปไดอะแกรมที่ 3.1 แต่เปลี่ยนจากอิลีกโตรมิเตอร์มาเป็นลึคอินแอมพลิไฟเออร์ โดยใช้หลอดโซเดียมในการปรับเทียบ ให้เริ่มที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
2. ใส่สลิตเข้าไปที่ช่องทางแสงเข้าของโมโนโครเมเตอร์ และPMT
3. เปลี่ยนจากหลอดโซเดียมมาเป็นแหล่งกำเนิดที่เลือก
4. วางสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 ไว้หน้าสลิตทางเข้าโมโนโครเมเตอร์
5. ใส่ตัวกรองแสงเข้าไประหว่างสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 กับแหล่งกำเนิด
6. จัดตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดที่ผ่านตัวกรองแสงให้ตกลงบนสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด B1 โดยพยายามวางตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดผ่านเข้าไปในโมโนโครเมเตอร์น้อยที่สุด
7. เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมโนโครเมเตอร์
8. เปิดฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (Function generator) ขับ chopper ที่ความถี่ 3 kHz เอาความถี่ไปเป็นสัญญาณอ้างอิงให้กับลึคอินแอมพลิไฟเออร์
9. เปิดเครื่องลึคอินแอมพลิไฟเออร์ และปรับสเกลในการวัดให้เหมาะสม
10. ปรับความยาวคลื่นให้ลดลง 5 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรมที่ตั้งไว้ จนความยาวคลื่นลดลงมาที่ประมาณ 410 นาโนเมตร
11. เปลี่ยนความเข้มของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ให้ครบทั้ง 4 ความเข้ม และบันทึกค่าที่ได้จากลึคอินแอมพลิไฟเออร์ทั้ง 4 ค่าที่ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ และหาความสัมพันธ์

3.2.3.6 ทดลองหาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 กับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา

1. จัดวางอุปกรณ์ดังรูปไปอะแกรมที่ 3.1 แต่เปลี่ยนจากอิล็คโตรมิเตอร์มาเป็นลือคอินแอมพลิไฟเออ โดยใช้หลอดโซเดียมในการปรับเทียบ ให้เริ่มที่ความยาวคลื่น 590 นาโนเมตร
2. ใส่สลิทเข้าไปที่ช่องทางแสงเข้าของ โมโนโครเมเตอร์ และPMT
3. เปลี่ยนจากหลอดโซเดียมมาเป็นแหล่งกำเนิดที่เลือก
4. วางสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 ไว้หน้าสลิททางเข้าโมโนโครเมเตอร์
5. ใส่ตัวกรองแสงเข้าไประหว่างสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 กับแหล่งกำเนิด
6. จัดตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดที่ผ่านตัวกรองแสงให้ตกลงบนสารพิษอะฟลาทอกซิน (Aflatoxins) ชนิด G1 โดยพยายามวางตำแหน่งให้แสงจากแหล่งกำเนิดผ่านเข้าไปใน โมโนโครเมเตอร์น้อยที่สุด
7. เปิดโปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมโนโครเมเตอร์
8. เปิดฟังก์ชันเจเนอเรเตอร์ (Function generator) ขับ chopper ที่ความถี่ 3 kHz เอาความถี่ไปเป็นสัญญาณอ้างอิงให้กับลือคอินแอมพลิไฟเออ
9. เปิดเครื่องลือคอินแอมพลิไฟเออ และปรับสเกลในการวัดให้เหมาะสม
10. เปิดเครื่องลือคอินแอมพลิไฟเออ และปรับสเกลในการวัดให้เหมาะสม
11. ปรับความยาวคลื่นให้ลดลง 5 นาโนเมตร ด้วยโปรแกรมที่ตั้งไว้ จนความยาวคลื่นลดลงมาที่ประมาณ 440 นาโนเมตร
12. เปลี่ยนความเข้มข้นของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ให้ครบทั้ง 4 ความเข้มข้น และบันทึกค่าที่ได้จากลือคอินแอมพลิไฟเออทั้ง 4 ค่าที่ได้
13. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเขียนกราฟ และหาความสัมพันธ์

3.3 การดำเนินการวิจัยในขั้นตอนการวิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองที่ได้

ในขั้นตอนนี้เป็นการนำข้อมูล และผลการทดลองที่ศึกษาได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ผล และ
แก้ไขปรับปรุงต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

ผลการทดลอง

4.1 ผลการทดลองเพื่อหาคุณสมบัติของแหล่งกำเนิด

4.1.1 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 (UV source 1)

ตารางที่ 4.1 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 (UV source 1)

λ (nm)	กระแส (μ A)	λ (nm)	กระแส (μ A)	λ (nm)	กระแส (μ A)	λ (nm)	กระแส (μ A)
590	64.0	515	38.0	440	65.5	365	65.5
585	65.0	510	42.0	435	65.5	360	65.5
580	65.0	505	47.0	430	65.5	355	65.5
575	63.0	500	51.0	425	66.0	350	65.0
570	45.0	495	53.5	420	66.0	345	65.0
565	36.0	490	55.0	415	66.0	340	64.0
560	32.5	485	62.0	410	66.0	335	64.0
555	32.0	480	64.0	405	66.0	330	63.0
550	33.0	475	62.5	400	66.0	325	59.0
545	33.5	470	62.0	395	66.0	320	54.0
540	34.0	465	63.5	390	66.5	315	48.0
535	33.5	460	64.5	385	66.0	310	39.0
530	33.0	455	65.0	380	66.0	305	29.0
525	33.0	450	65.0	375	66.0	300	19.0
520	35.5	445	65.5	370	66.0	295	

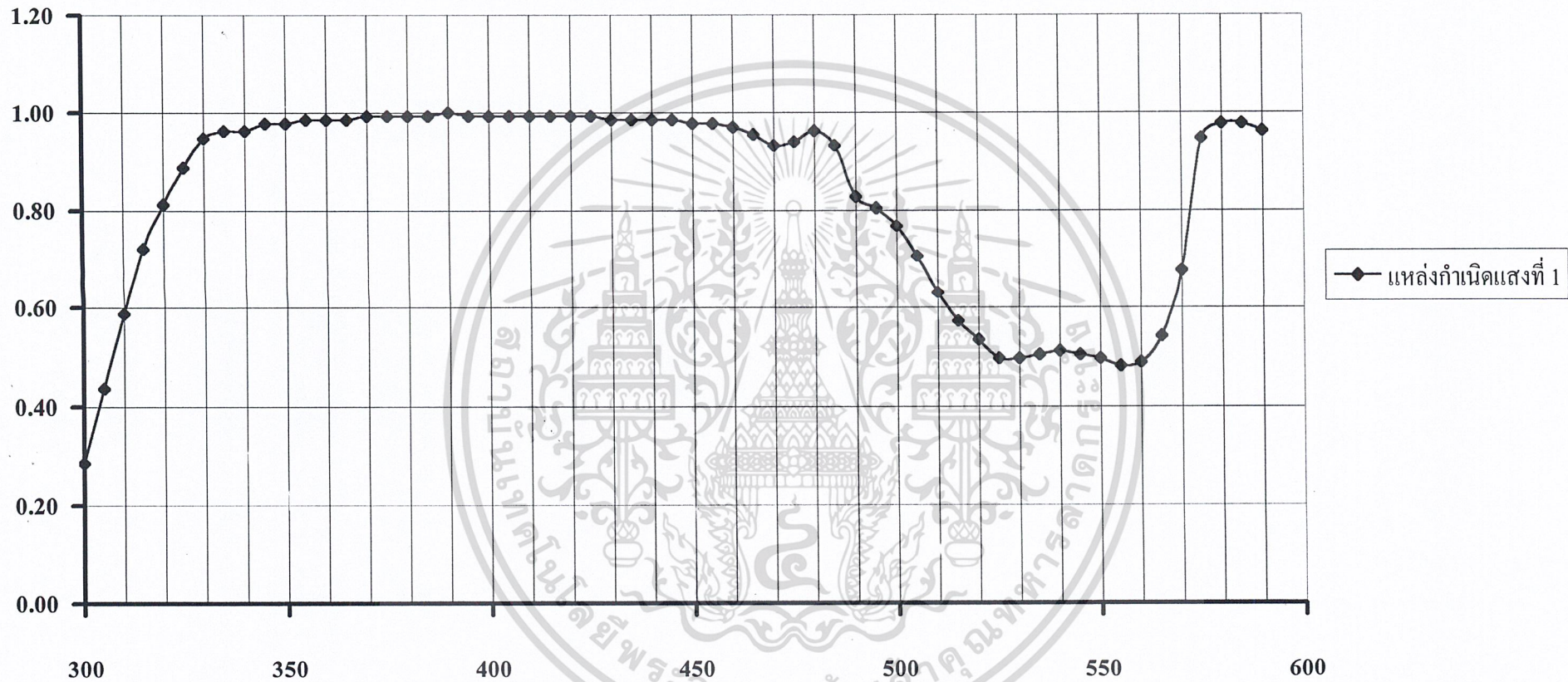
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.2 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.96	515	0.57	440	0.98	365	0.98
585	0.98	510	0.63	435	0.98	360	0.98
580	0.98	505	0.71	430	0.98	355	0.98
575	0.95	500	0.77	425	0.99	350	0.98
570	0.68	495	0.80	420	0.99	345	0.98
565	0.54	490	0.83	415	0.99	340	0.96
560	0.49	485	0.93	410	0.99	335	0.96
555	0.48	480	0.96	405	0.99	330	0.95
550	0.50	475	0.94	400	0.99	325	0.89
545	0.50	470	0.93	395	0.99	320	0.81
540	0.51	465	0.95	390	1.00	315	0.72
535	0.50	460	0.97	385	0.99	310	0.59
530	0.50	455	0.98	380	0.99	305	0.44
525	0.50	450	0.98	375	0.99	300	0.29
520	0.53	445	0.98	370	0.99	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.1 Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 1

4.1.3 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 (UV source 2)

ตารางที่ 4.3 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 (UV source 2)

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	71.0	515	74.5	440	77.5	365	77.0
585	72.0	510	74.5	435	79.0	360	77.0
580	75.0	505	74.5	430	82.0	355	80.0
575	82.0	500	74.5	425	95.0	350	91.0
570	76.0	495	75.0	420	91.0	345	81.0
565	74.0	490	75.0	415	82.0	340	78.0
560	74.5	485	75.0	410	80.0	335	76.0
555	75.0	480	75.0	405	79.0	330	75.0
550	77.0	475	75.0	400	80.0	325	74.0
545	85.0	470	75.0	395	90.0	320	74.0
540	94.0	465	75.0	390	92.0	315	74.0
535	93.0	460	75.0	385	85.0	310	73.0
530	79.0	455	75.0	380	80.0	305	72.0
525	76.0	450	76.0	375	77.5	300	71.0
520	75.0	445	77.0	370	77.0	295	

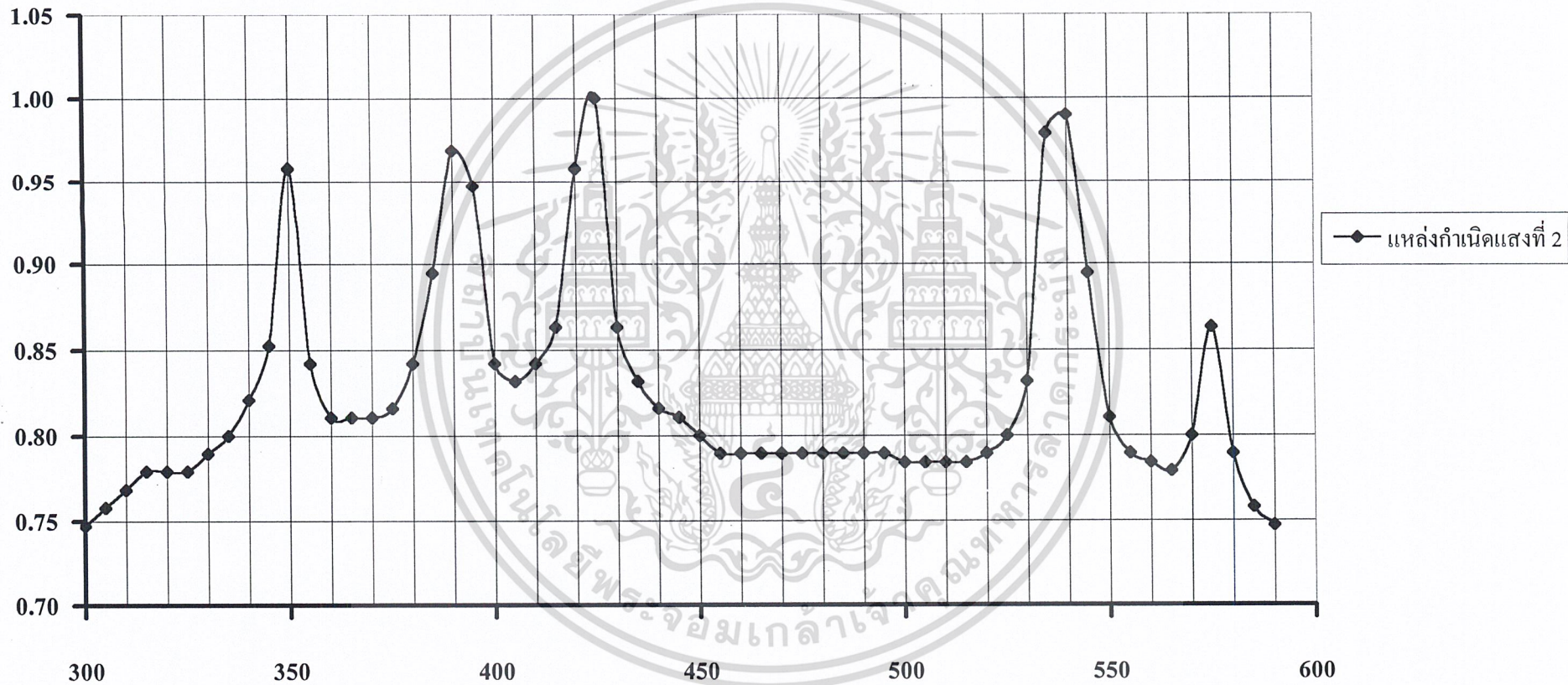
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.4 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.4 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.75	515	0.78	440	0.82	365	0.81
585	0.76	510	0.78	435	0.83	360	0.81
580	0.79	505	0.78	430	0.86	355	0.84
575	0.86	500	0.78	425	1.00	350	0.96
570	0.80	495	0.79	420	0.96	345	0.85
565	0.78	490	0.79	415	0.86	340	0.82
560	0.78	485	0.79	410	0.84	335	0.80
555	0.79	480	0.79	405	0.83	330	0.79
550	0.81	475	0.79	400	0.84	325	0.78
545	0.89	470	0.79	395	0.95	320	0.78
540	0.99	465	0.79	390	0.97	315	0.78
535	0.98	460	0.79	385	0.89	310	0.77
530	0.83	455	0.79	380	0.84	305	0.76
525	0.80	450	0.80	375	0.82	300	0.75
520	0.79	445	0.81	370	0.81	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 2

4.1.5 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 (UV source 3)

ตารางที่ 4.5 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 (UV source 3)

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	0.22	515	0.23	440	1.80	365	69.50
585	0.22	510	0.24	435	2.60	360	70.00
580	0.22	505	0.75	430	4.30	355	70.00
575	0.22	500	0.80	425	2.60	350	68.50
570	0.22	495	0.90	420	3.00	345	68.00
565	0.22	490	1.00	415	6.00	340	67.00
560	0.22	485	1.00	410	7.00	335	67.00
555	0.22	480	1.00	405	15.00	330	64.00
550	0.22	475	1.10	400	48.00	325	42.00
545	0.22	470	1.10	395	36.00	320	22.00
540	0.22	465	1.20	390	35.00	315	12.50
535	0.22	460	1.25	385	51.00	310	8.00
530	0.23	455	1.40	380	65.00	305	4.90
525	0.23	450	1.50	375	67.00	300	3.90
520	0.23	445	1.60	370	68.50	295	

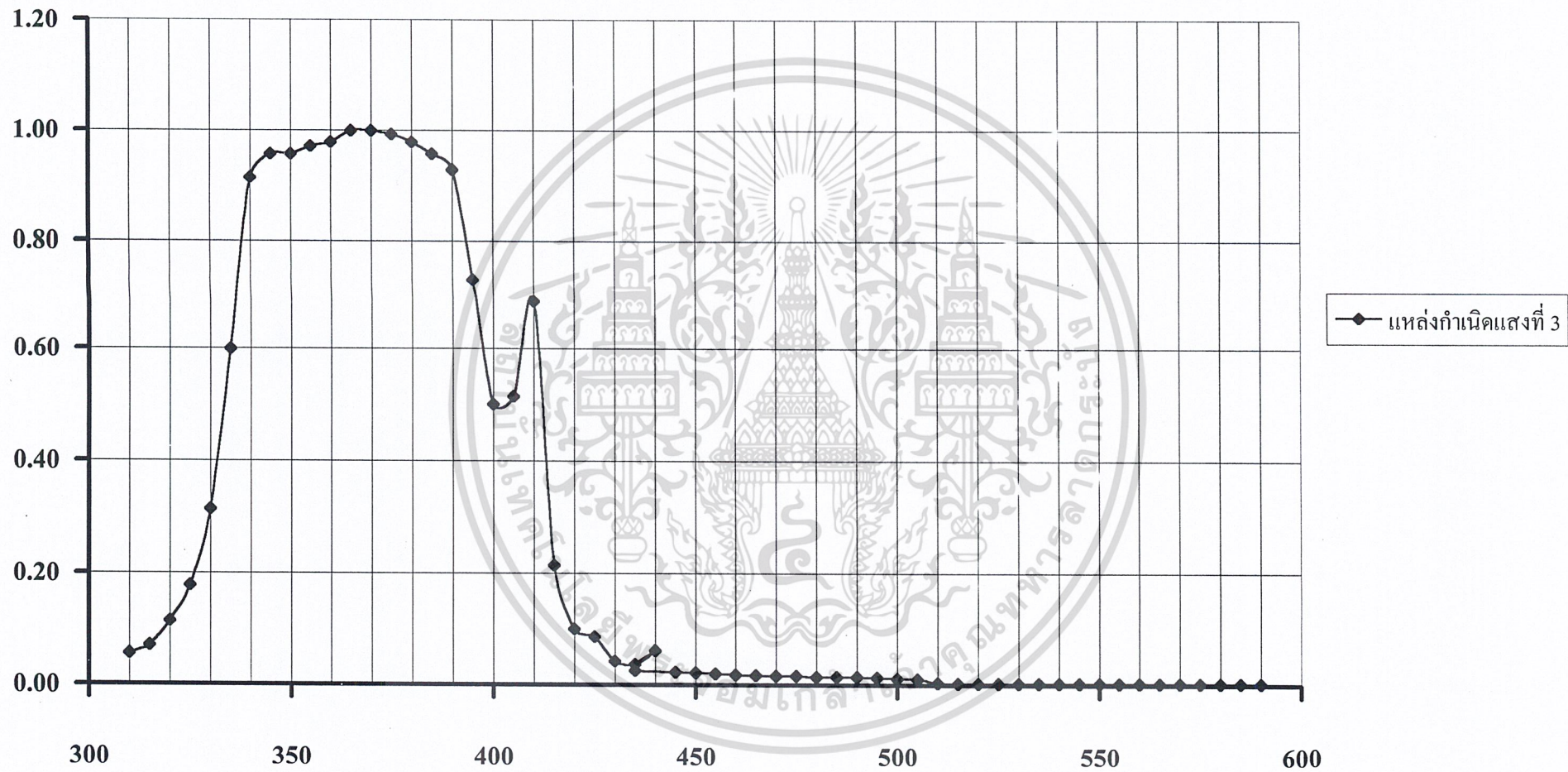
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.6 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.6 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 (ที่ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.0031	515	0.0033	440	0.0257	365	0.9929
585	0.0031	510	0.0034	435	0.0371	360	1.0000
580	0.0031	505	0.0107	430	0.0614	355	1.0000
575	0.0031	500	0.0114	425	0.0371	350	0.9786
570	0.0031	495	0.0129	420	0.0429	345	0.9714
565	0.0031	490	0.0143	415	0.0857	340	0.9571
560	0.0031	485	0.0143	410	0.1000	335	0.9571
555	0.0031	480	0.0143	405	0.2143	330	0.9143
550	0.0031	475	0.0157	400	0.6857	325	0.6000
545	0.0031	470	0.0157	395	0.5143	320	0.3143
540	0.0031	465	0.0171	390	0.5000	315	0.1786
535	0.0031	460	0.0179	385	0.7286	310	0.1143
530	0.0033	455	0.0200	380	0.9286	305	0.0700
525	0.0033	450	0.0214	375	0.9571	300	0.0557
520	0.0033	445	0.0229	370	0.9786	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต 3

4.2 ผลการวัดแสงจากแหล่งกำเนิดที่ผ่านตัวกรองแสง (filter)

4.2.1 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 + ตัวกรองแสง

ตารางที่ 4.7 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 + ตัวกรองแสง

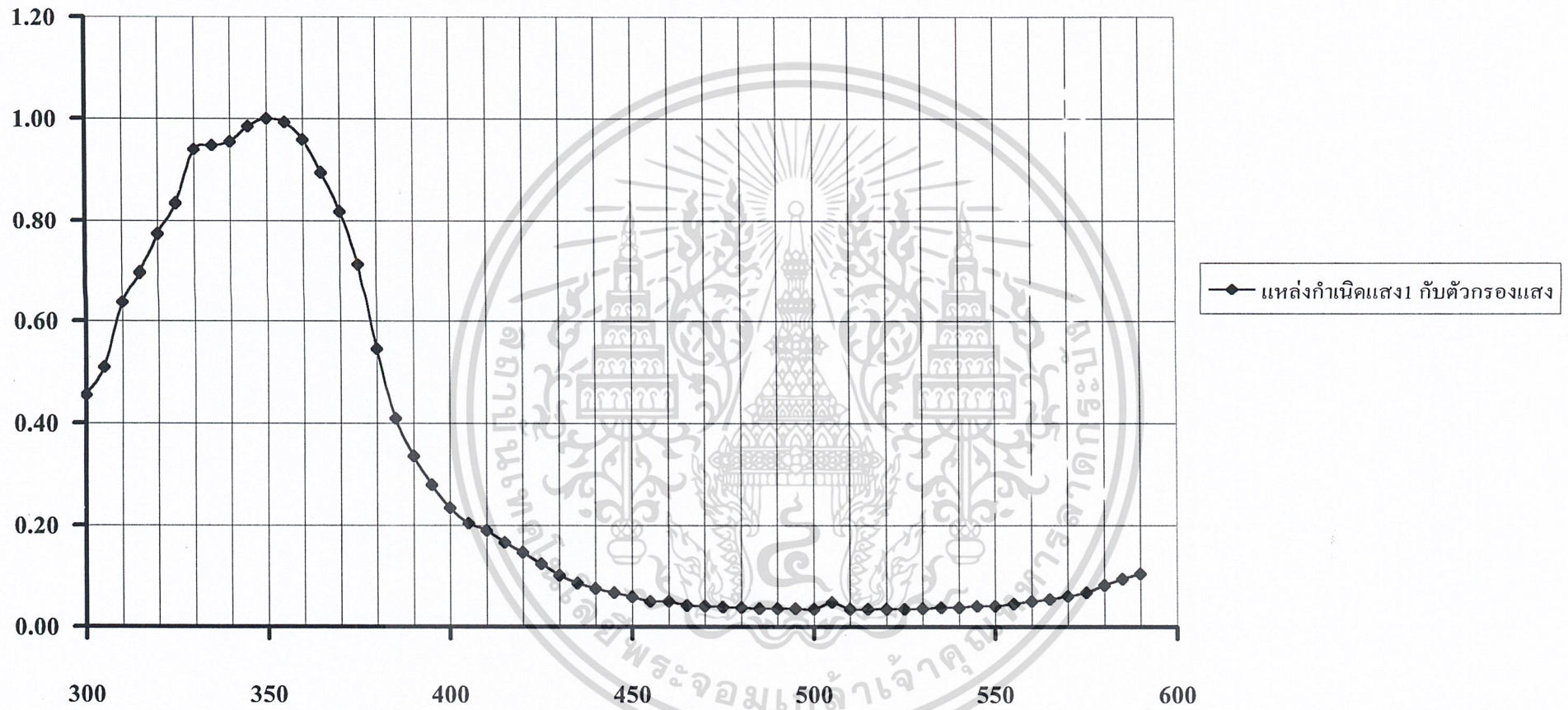
λ (nm)	กระแส (μ A)	λ (nm)	กระแส (μ A)	λ (nm)	กระแส (μ A)	λ (nm)	กระแส (μ A)
590	0.069	515	0.023	440	0.050	365	0.590
585	0.062	510	0.023	435	0.057	360	0.633
580	0.054	505	0.032	430	0.067	355	0.655
575	0.045	500	0.023	425	0.082	350	0.660
570	0.040	495	0.024	420	0.097	345	0.650
565	0.036	490	0.024	415	0.110	340	0.630
560	0.033	485	0.024	410	0.125	335	0.625
555	0.030	480	0.025	405	0.135	330	0.620
550	0.027	475	0.026	400	0.155	325	0.550
545	0.027	470	0.027	395	0.185	320	0.510
540	0.025	465	0.028	390	0.222	315	0.460
535	0.025	460	0.033	385	0.270	310	0.420
530	0.024	455	0.033	380	0.360	305	0.336
525	0.023	450	0.039	375	0.470	300	0.300
520	0.023	445	0.045	370	0.540	295	

4.2.2 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.8 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 1 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.10	515	0.03	440	0.08	365	0.89
585	0.09	510	0.03	435	0.09	360	0.96
580	0.08	505	0.05	430	0.10	355	0.99
575	0.07	500	0.03	425	0.12	350	1.00
570	0.06	495	0.04	420	0.15	345	0.98
565	0.05	490	0.04	415	0.17	340	0.95
560	0.05	485	0.04	410	0.19	335	0.95
555	0.05	480	0.04	405	0.20	330	0.94
550	0.04	475	0.04	400	0.23	325	0.83
545	0.04	470	0.04	395	0.28	320	0.77
540	0.04	465	0.04	390	0.34	315	0.70
535	0.04	460	0.05	385	0.41	310	0.64
530	0.04	455	0.05	380	0.55	305	0.51
525	0.03	450	0.06	375	0.71	300	0.45
520	0.03	445	0.07	370	0.82	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 Spectrum ของแหล่งกำเนิด1 ที่ผ่านตัวกรองแสง

4.2.3 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 + ตัวกรองแสง

ตารางที่ 4.9 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 + ตัวกรองแสง

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	0.110	515	0.105	440	0.185	365	5.200
585	0.110	510	0.105	435	0.200	360	7.000
580	0.110	505	0.105	430	0.210	355	7.800
575	0.110	500	0.120	425	0.230	350	7.000
570	0.105	495	0.120	420	0.250	345	5.000
565	0.105	490	0.125	415	0.265	340	2.900
560	0.105	485	0.125	410	0.290	335	2.000
555	0.120	480	0.130	405	0.330	330	1.500
550	0.105	475	0.140	400	0.450	325	1.800
545	0.105	470	0.140	395	0.500	320	1.200
540	0.105	465	0.150	390	0.500	315	0.700
535	0.105	460	0.150	385	0.640	310	0.600
530	0.105	455	0.160	380	1.200	305	0.500
525	0.105	450	0.170	375	2.000	300	0.500
520	0.105	445	0.180	370	3.200	295	

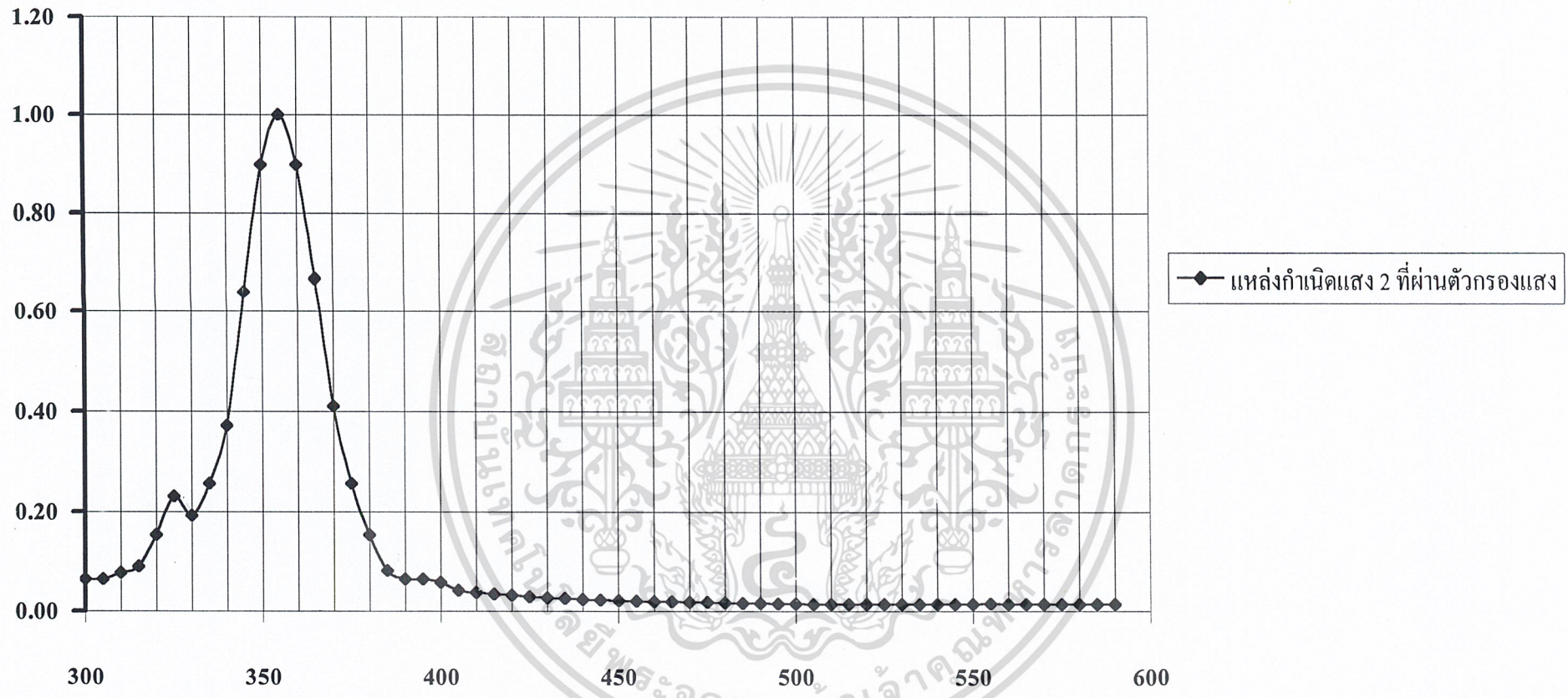
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.4 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.10 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 2 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.0	515	0.0	440	0.0	365	0.7
585	0.0	510	0.0	435	0.0	360	0.9
580	0.0	505	0.0	430	0.0	355	1.0
575	0.0	500	0.0	425	0.0	350	0.9
570	0.0	495	0.0	420	0.0	345	0.6
565	0.0	490	0.0	415	0.0	340	0.4
560	0.0	485	0.0	410	0.0	335	0.3
555	0.0	480	0.0	405	0.0	330	0.2
550	0.0	475	0.0	400	0.1	325	0.2
545	0.0	470	0.0	395	0.1	320	0.2
540	0.0	465	0.0	390	0.1	315	0.1
535	0.0	460	0.0	385	0.1	310	0.1
530	0.0	455	0.0	380	0.2	305	0.1
525	0.0	450	0.0	375	0.3	300	0.1
520	0.0	445	0.0	370	0.4	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 Spectrum ของแหล่งกำเนิดแสง 2 ที่ผ่านตัวกรองแสง

4.2.5 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 + ตัวกรองแสง

ตารางที่ 4.11 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 + ตัวกรองแสง

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	76.0	515	76.0	440	78.0	365	98.0
585	76.0	510	76.0	435	78.0	360	99.0
580	76.0	505	76.0	430	79.0	355	103.0
575	76.0	500	76.0	425	79.0	350	100.0
570	76.0	495	76.0	420	80.0	345	100.0
565	76.0	490	76.0	415	80.0	340	100.0
560	76.0	485	76.0	410	81.0	335	99.0
555	76.0	480	76.0	405	82.0	330	98.0
550	76.0	475	76.0	400	83.0	325	97.0
545	76.0	470	76.0	395	85.0	320	95.0
540	76.0	465	76.0	390	87.0	315	93.0
535	76.0	460	77.0	385	90.0	310	90.0
530	76.0	455	77.0	380	95.0	305	86.0
525	76.0	450	77.5	375	97.0	300	86.0
520	76.0	445	77.5	370	98.0	295	

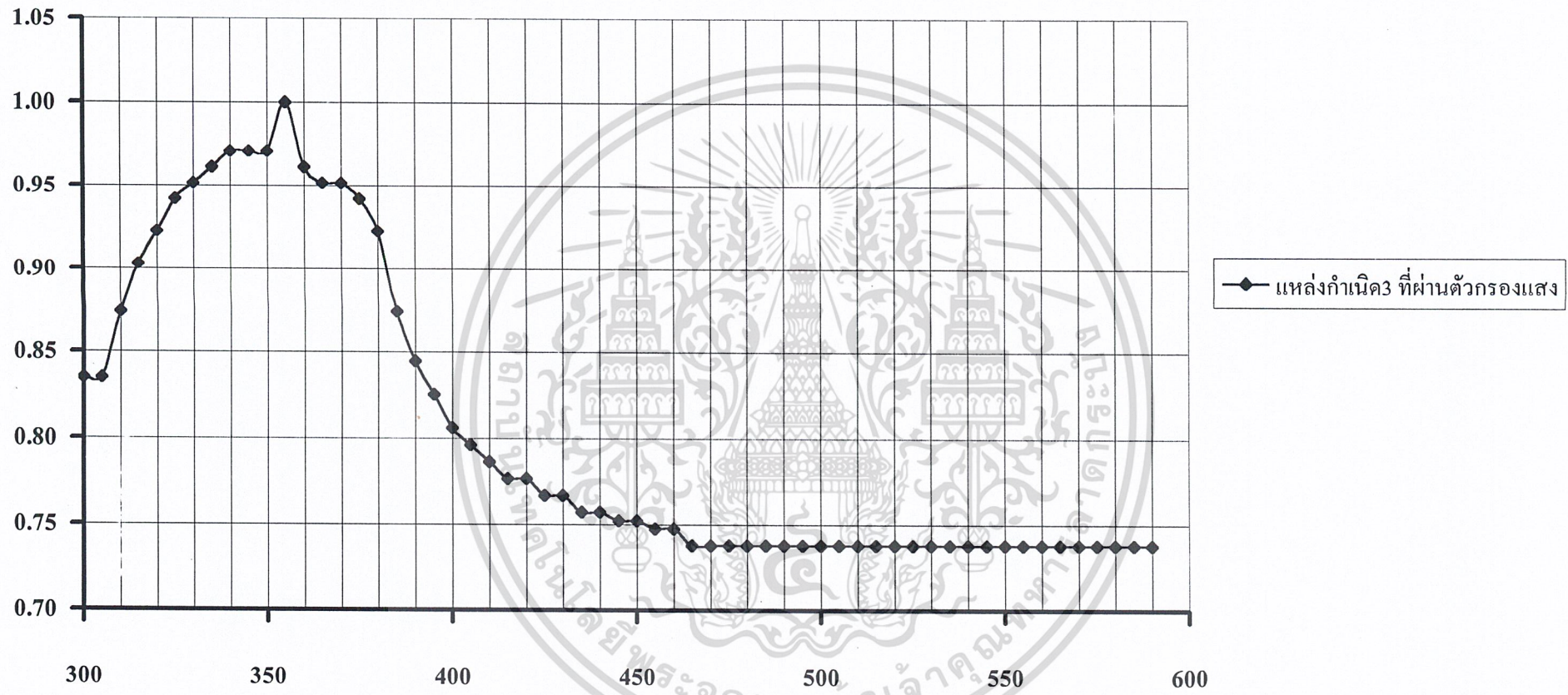
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.6 แหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.12 ค่ากระแสที่วัดได้จากแหล่งกำเนิดชนิดที่ 3 + ตัวกรองแสง (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.74	515	0.74	440	0.76	365	0.95
585	0.74	510	0.74	435	0.76	360	0.96
580	0.74	505	0.74	430	0.77	355	1.00
575	0.74	500	0.74	425	0.77	350	0.97
570	0.74	495	0.74	420	0.78	345	0.97
565	0.74	490	0.74	415	0.78	340	0.97
560	0.74	485	0.74	410	0.79	335	0.96
555	0.74	480	0.74	405	0.80	330	0.95
550	0.74	475	0.74	400	0.81	325	0.94
545	0.74	470	0.74	395	0.83	320	0.92
540	0.74	465	0.74	390	0.84	315	0.90
535	0.74	460	0.75	385	0.87	310	0.87
530	0.74	455	0.75	380	0.92	305	0.83
525	0.74	450	0.75	375	0.94	300	0.83
520	0.74	445	0.75	370	0.95	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 Spectrum ของแหล่งกำเนิด 3 ที่ผ่านตัวกรองแสง

4.3 ผลการวัดการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน B1

4.3.1 ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.13 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 1

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	9.00	515	14.50	440	85.00	365	110.00
585	9.00	510	16.00	435	90.00	360	115.00
580	9.00	505	18.50	430	97.00	355	120.00
575	9.00	500	23.00	425	110.00	350	120.00
570	6.00	495	25.00	420	115.00	345	115.00
565	6.00	490	28.50	415	136.00	340	110.00
560	6.00	485	32.00	410	135.00	335	100.00
555	6.00	480	38.00	405	132.00	330	90.00
550	6.00	475	46.00	400	131.00	325	65.00
545	7.20	470	51.00	395	130.00	320	50.00
540	7.20	465	56.00	390	128.00	315	45.00
535	7.80	460	62.00	385	125.00	310	40.00
530	8.80	455	70.00	380	120.00	305	40.00
525	11.00	450	73.00	375	110.00	300	38.00
520	12.50	445	78.00	370	110.00	295	

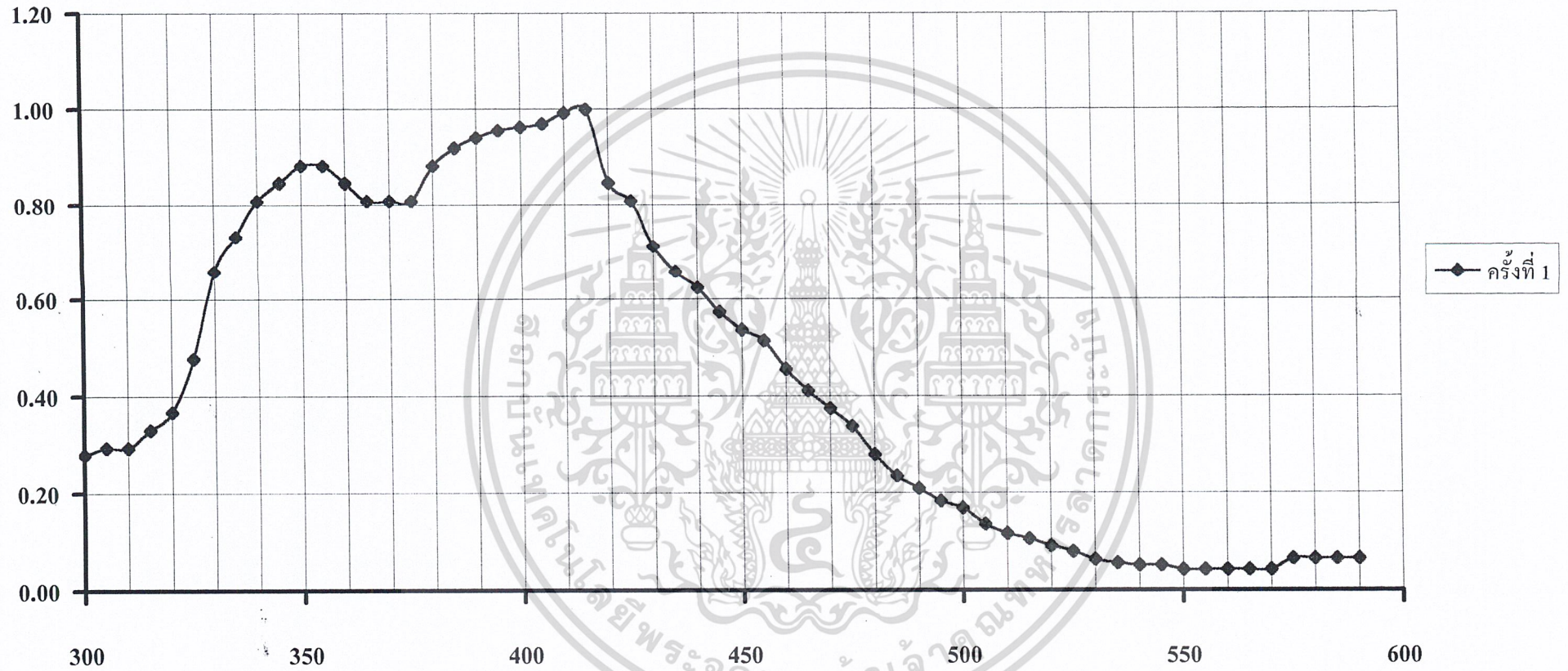
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ครั้งที่ 1 (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.14 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 1
(ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.07	515	0.11	440	0.63	365	0.81
585	0.07	510	0.12	435	0.66	360	0.85
580	0.07	505	0.14	430	0.71	355	0.88
575	0.07	500	0.17	425	0.81	350	0.88
570	0.04	495	0.18	420	0.85	345	0.85
565	0.04	490	0.21	415	1.00	340	0.81
560	0.04	485	0.24	410	0.99	335	0.74
555	0.04	480	0.28	405	0.97	330	0.66
550	0.04	475	0.34	400	0.96	325	0.48
545	0.05	470	0.38	395	0.96	320	0.37
540	0.05	465	0.41	390	0.94	315	0.33
535	0.06	460	0.46	385	0.92	310	0.29
530	0.06	455	0.51	380	0.88	305	0.29
525	0.08	450	0.54	375	0.81	300	0.28
520	0.09	445	0.57	370	0.81	295	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ครั้งที่ 1

4.3.3 ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.15 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 2

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	0.95	515	1.35	440	3.75	365	3.20
585	0.95	510	1.45	435	4.00	360	3.50
580	0.95	505	1.50	430	4.15	355	3.60
575	0.97	500	1.60	425	4.35	350	3.60
570	1.00	495	1.65	420	4.40	345	3.50
565	1.00	490	1.80	415	4.50	340	3.15
560	1.02	485	1.95	410	4.55	335	2.80
555	1.02	480	2.05	405	4.50	330	2.40
550	1.05	475	2.15	400	4.25	325	2.00
545	1.07	470	2.30	395	4.00	320	1.70
540	1.10	465	2.70	390	3.70	315	1.40
535	1.15	460	2.90	385	3.35	310	1.20
530	1.17	455	3.20	380	3.15	305	1.20
525	1.22	450	3.35	375	3.00	300	1.00
520	1.25	445	3.50	370	3.00	295	

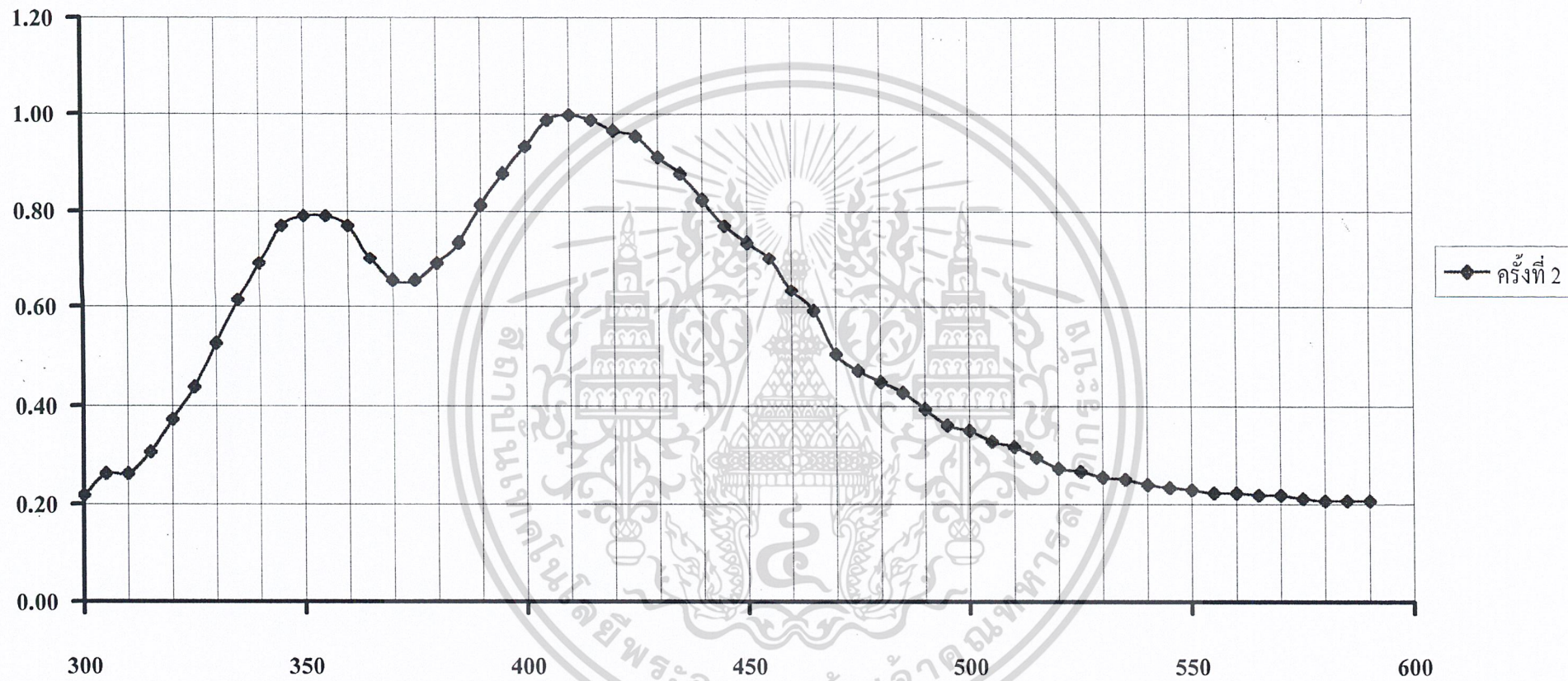
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.4 ครั้งที่ 2 (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.16 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 2
(ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.21	515	0.30	440	0.82	365	0.70
585	0.21	510	0.32	435	0.88	360	0.77
580	0.21	505	0.33	430	0.91	355	0.79
575	0.21	500	0.35	425	0.96	350	0.79
570	0.22	495	0.36	420	0.97	345	0.77
565	0.22	490	0.40	415	0.99	340	0.69
560	0.22	485	0.43	410	1.00	335	0.62
555	0.22	480	0.45	405	0.99	330	0.53
550	0.23	475	0.47	400	0.93	325	0.44
545	0.24	470	0.51	395	0.88	320	0.37
540	0.24	465	0.59	390	0.81	315	0.31
535	0.25	460	0.64	385	0.74	310	0.26
530	0.26	455	0.70	380	0.69	305	0.26
525	0.27	450	0.74	375	0.66	300	0.22
520	0.27	445	0.77	370	0.66	295	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.8 การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ครั้งที่ 2

4.3.5 ครั้งที่ 3

ตารางที่ 4.17 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 3

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	1.80	515	1.80	440	2.40	365	3.00
585	1.80	510	1.80	435	2.50	360	3.60
580	1.80	505	1.90	430	2.50	355	4.00
575	1.80	500	1.90	425	2.60	350	4.10
570	1.80	495	1.90	420	2.60	345	4.00
565	1.70	490	1.90	415	2.60	340	3.90
560	1.70	485	2.00	410	2.70	335	3.50
555	1.70	480	2.00	405	2.60	330	3.30
550	1.70	475	2.00	400	2.60	325	2.95
545	1.70	470	2.10	395	2.50	320	2.70
540	1.70	465	2.10	390	2.40	315	2.45
535	1.80	460	2.20	385	2.50	310	2.20
530	1.80	455	2.20	380	2.40	305	2.05
525	1.80	450	2.30	375	2.50	300	1.95
520	1.80	445	2.30	370	2.60	295	

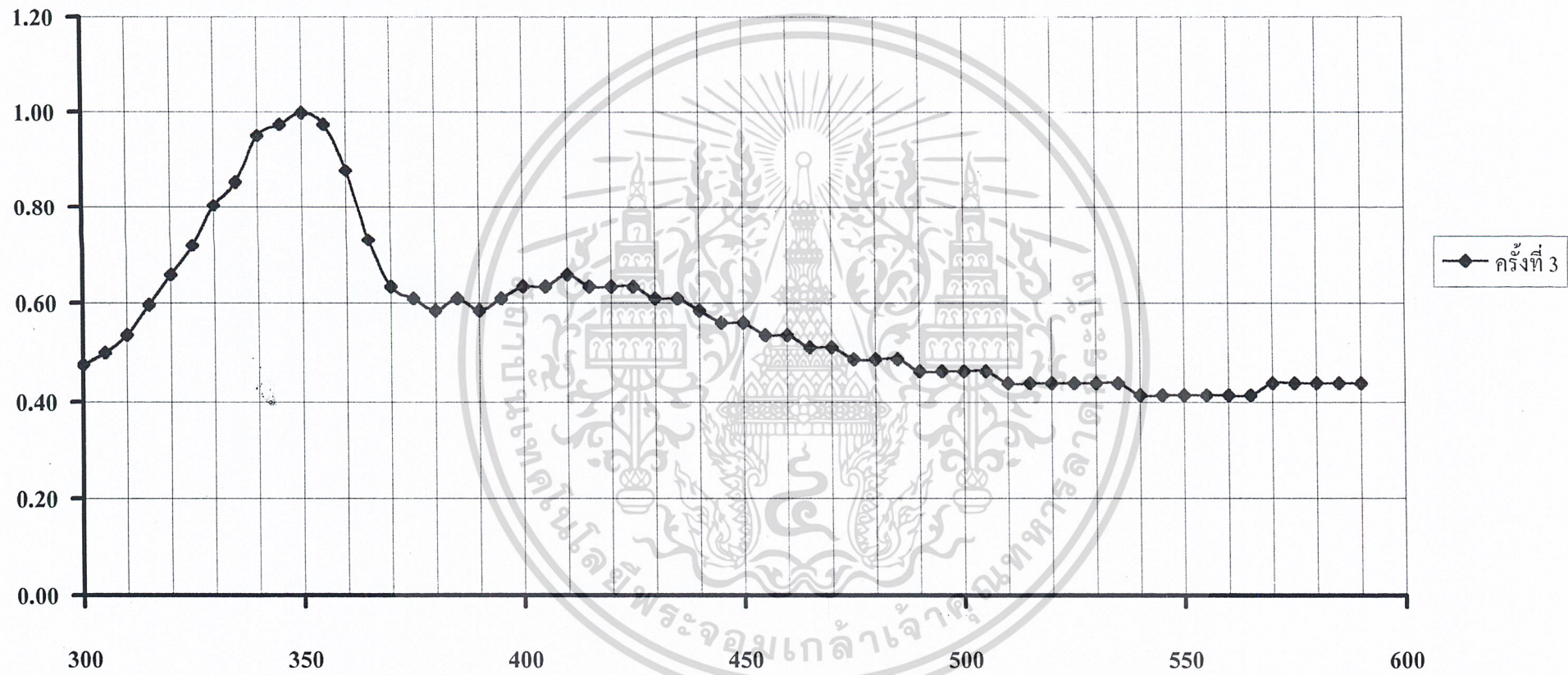
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.6 ครั้งที่ 3 (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.18 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด B1 ครั้งที่ 3
(ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.44	515	0.44	440	0.59	365	0.73
585	0.44	510	0.44	435	0.61	360	0.88
580	0.44	505	0.46	430	0.61	355	0.98
575	0.44	500	0.46	425	0.63	350	1.00
570	0.44	495	0.46	420	0.63	345	0.98
565	0.41	490	0.46	415	0.63	340	0.95
560	0.41	485	0.49	410	0.66	335	0.85
555	0.41	480	0.49	405	0.63	330	0.80
550	0.41	475	0.49	400	0.63	325	0.72
545	0.41	470	0.51	395	0.61	320	0.66
540	0.41	465	0.51	390	0.59	315	0.60
535	0.44	460	0.54	385	0.61	310	0.54
530	0.44	455	0.54	380	0.59	305	0.50
525	0.44	450	0.56	375	0.61	300	0.48
520	0.44	445	0.56	370	0.63	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 การวัดการเรียงแสงของอะฟลาทอกซิน B1 ครั้งที่ 3

4.4 ผลการวัดการเรียงแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน G1

4.4.1 ครั้งที่ 1

ตารางที่ 4.19 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรียงแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 1

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	4.40	515	15.50	440	45.00	365	16.00
585	4.50	510	17.00	435	44.00	360	17.00
580	4.60	505	18.00	430	43.00	355	17.50
575	4.90	500	21.00	425	39.00	350	18.00
570	5.20	495	24.00	420	35.00	345	17.00
565	5.50	490	26.00	415	32.00	340	17.00
560	6.00	485	28.50	410	29.00	335	14.50
555	6.20	480	31.00	405	24.00	330	13.00
550	7.20	475	34.00	400	20.00	325	11.00
545	8.00	470	38.00	395	18.00	320	10.00
540	8.50	465	40.00	390	17.00	315	9.10
535	9.30	460	42.00	385	17.00	310	9.00
530	11.00	455	43.00	380	16.00	305	8.50
525	12.50	450	45.00	375	15.00	300	8.00
520	14.00	445	46.00	370	16.00	295	

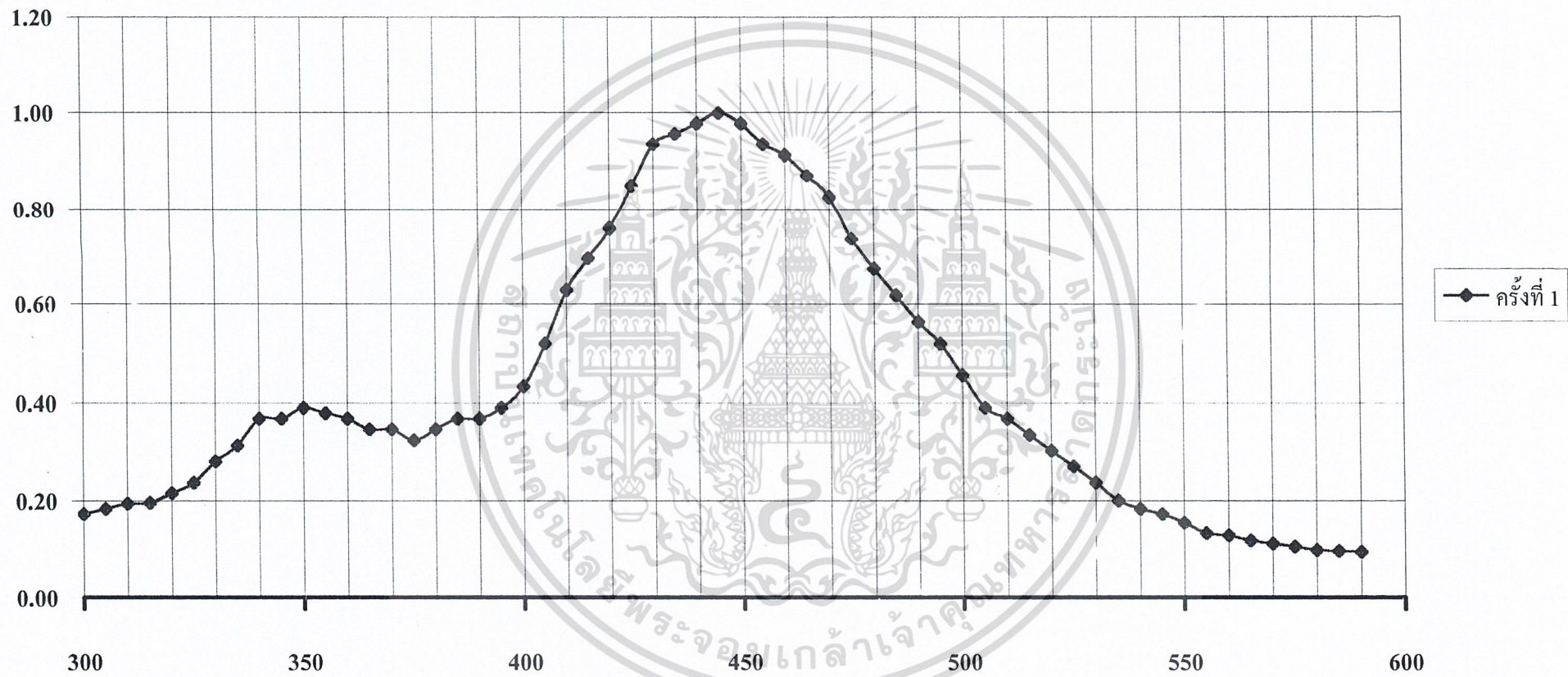
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.2 ครั้งที่ 1 (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.20 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรียงแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 1
(ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.10	515	0.34	440	0.98	365	0.35
585	0.10	510	0.37	435	0.96	360	0.37
580	0.10	505	0.39	430	0.93	355	0.38
575	0.11	500	0.46	425	0.85	350	0.39
570	0.11	495	0.52	420	0.76	345	0.37
565	0.12	490	0.57	415	0.70	340	0.37
560	0.13	485	0.62	410	0.63	335	0.32
555	0.13	480	0.67	405	0.52	330	0.28
550	0.16	475	0.74	400	0.43	325	0.24
545	0.17	470	0.83	395	0.39	320	0.22
540	0.18	465	0.87	390	0.37	315	0.20
535	0.20	460	0.91	385	0.37	310	0.20
530	0.24	455	0.93	380	0.35	305	0.18
525	0.27	450	0.98	375	0.33	300	0.17
520	0.30	445	1.00	370	0.35	295	0.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 การวัดการเรียงแสงของอะฟลาทอกซิน G1 ครั้งที่ 1

4.4.3 ครั้งที่ 2

ตารางที่ 4.21 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรียงแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 2

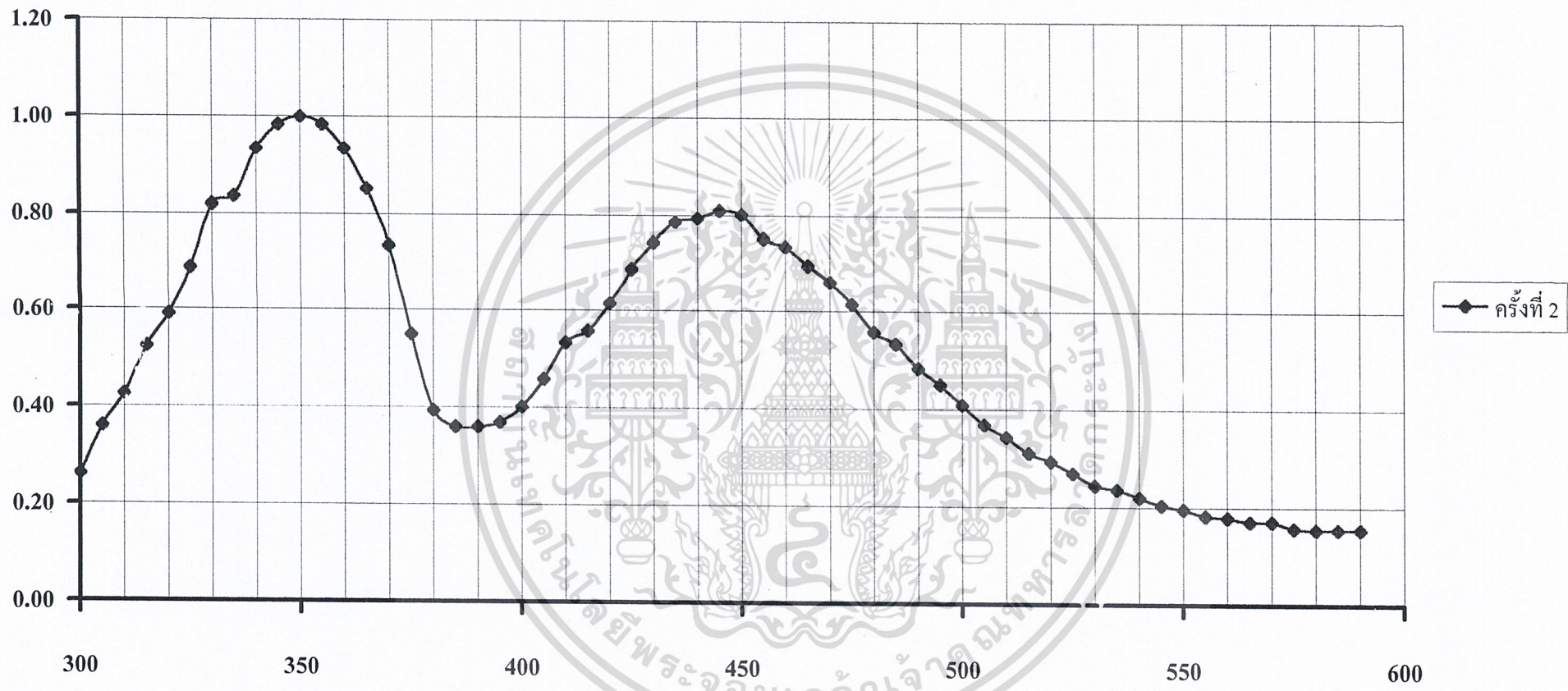
λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	0.95	515	1.90	440	4.85	365	5.20
585	0.95	510	2.10	435	4.80	360	5.70
580	0.95	505	2.25	430	4.55	355	6.00
575	0.97	500	2.50	425	4.20	350	6.10
570	1.05	495	2.75	420	3.75	345	6.00
565	1.05	490	2.95	415	3.40	340	5.70
560	1.10	485	3.25	410	3.25	335	5.10
555	1.12	480	3.40	405	2.80	330	5.00
550	1.20	475	3.75	400	2.45	325	4.20
545	1.25	470	4.05	395	2.25	320	3.60
540	1.35	465	4.25	390	2.20	315	3.20
535	1.45	460	4.50	385	2.20	310	2.60
530	1.50	455	4.60	380	2.40	305	2.20
525	1.65	450	4.90	375	3.35	300	1.60
520	1.80	445	4.95	370	4.50	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.4 ครั้งที่ 2 (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.22 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรียงแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 2
(ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.16	515	0.31	440	0.80	365	0.85
585	0.16	510	0.34	435	0.79	360	0.93
580	0.16	505	0.37	430	0.75	355	0.98
575	0.16	500	0.41	425	0.69	350	1.00
570	0.17	495	0.45	420	0.61	345	0.98
565	0.17	490	0.48	415	0.56	340	0.93
560	0.18	485	0.53	410	0.53	335	0.84
555	0.18	480	0.56	405	0.46	330	0.82
550	0.20	475	0.61	400	0.40	325	0.69
545	0.20	470	0.66	395	0.37	320	0.59
540	0.22	465	0.70	390	0.36	315	0.52
535	0.24	460	0.74	385	0.36	310	0.43
530	0.25	455	0.75	380	0.39	305	0.36
525	0.27	450	0.80	375	0.55	300	0.26
520	0.30	445	0.81	370	0.74	295	0.00



รูปที่ 4.11 การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน G1 ครั้งที่ 2

4.4.5 ครั้งที่ 3

ตารางที่ 4.23 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 3

λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)	λ (nm)	กระแส (nA)
590	1.20	515	1.35	440	1.82	365	3.20
585	1.20	510	1.35	435	1.82	360	3.50
580	1.20	505	1.40	430	1.80	355	3.80
575	1.20	500	1.42	425	1.75	350	3.90
570	1.20	495	1.47	420	1.70	345	3.80
565	1.20	490	1.50	415	1.65	340	3.65
560	1.20	485	1.55	410	1.60	335	3.50
555	1.20	480	1.60	405	1.55	330	3.20
550	1.20	475	1.67	400	1.50	325	2.90
545	1.22	470	1.70	395	1.47	320	2.60
540	1.25	465	1.75	390	1.60	315	2.30
535	1.25	460	1.80	385	1.65	310	2.10
530	1.27	455	1.82	380	1.75	305	1.90
525	1.27	450	1.87	375	2.30	300	1.60
520	1.30	445	1.87	370	2.80	295	

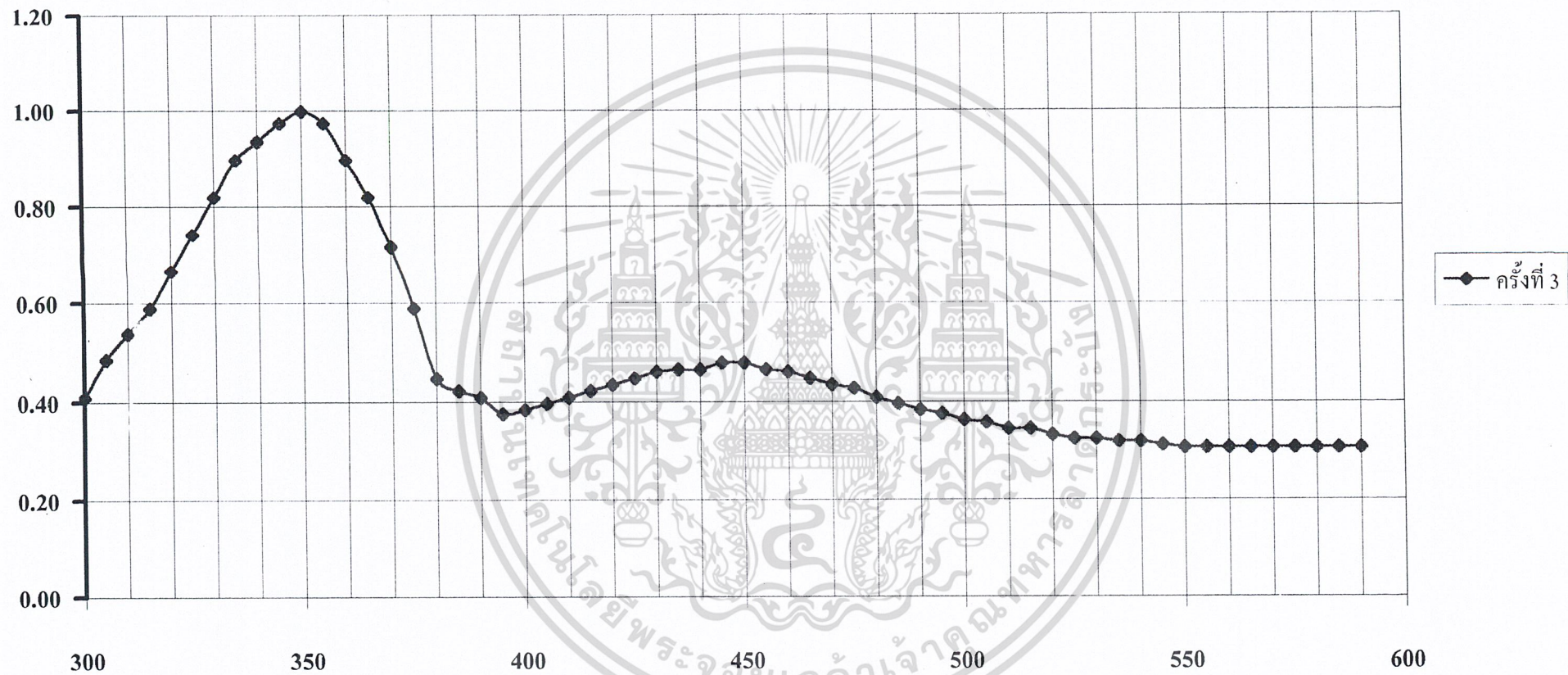
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4.6 ครั้งที่ 3 (ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

ตารางที่ 4.24 ค่ากระแสที่วัดได้จากการเรืองแสงของสารอะฟลาทอกซินชนิด G1 ครั้งที่ 3
(ผ่านการนอร์มอลไรซ์)

λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล	λ (nm)	ข้อมูล
590	0.31	515	0.35	440	0.47	365	0.82
585	0.31	510	0.35	435	0.47	360	0.90
580	0.31	505	0.36	430	0.46	355	0.97
575	0.31	500	0.36	425	0.45	350	1.00
570	0.31	495	0.38	420	0.44	345	0.97
565	0.31	490	0.38	415	0.42	340	0.94
560	0.31	485	0.40	410	0.41	335	0.90
555	0.31	480	0.41	405	0.40	330	0.82
550	0.31	475	0.43	400	0.38	325	0.74
545	0.31	470	0.44	395	0.38	320	0.67
540	0.32	465	0.45	390	0.41	315	0.59
535	0.32	460	0.46	385	0.42	310	0.54
530	0.33	455	0.47	380	0.45	305	0.49
525	0.33	450	0.48	375	0.59	300	0.41
520	0.33	445	0.48	370	0.72	295	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 การวัดการเรืองแสงของอะฟลาทอกซิน G1 ครั้งที่ 3

4.5 ผลการวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซิน ชนิด B1 กับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา

4.5.1 ค่าที่วัดได้ก่อนการทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง)

ตารางที่ 4.25 ค่าที่วัดได้ก่อนการทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง)

สภาวะก่อนทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง) (mV)					
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
18.9	15.1	10.3	9.7	9.6	12.7

4.5.2 ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากการทดลอง (ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร)

ตารางที่ 4.26 ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากการทดลอง (ความยาวคลื่น 410 นาโนเมตร)

ความเข้มข้น mg/ml	ความสว่างการเรืองแสง (mV)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
32.0	55.5	55.1	56.6	26.6	25.7	43.9
28.0	50.5	51.0	31.9	31.0	31.8	39.2
20.0	39.4	31.2	29.7	31.4	30.5	32.4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

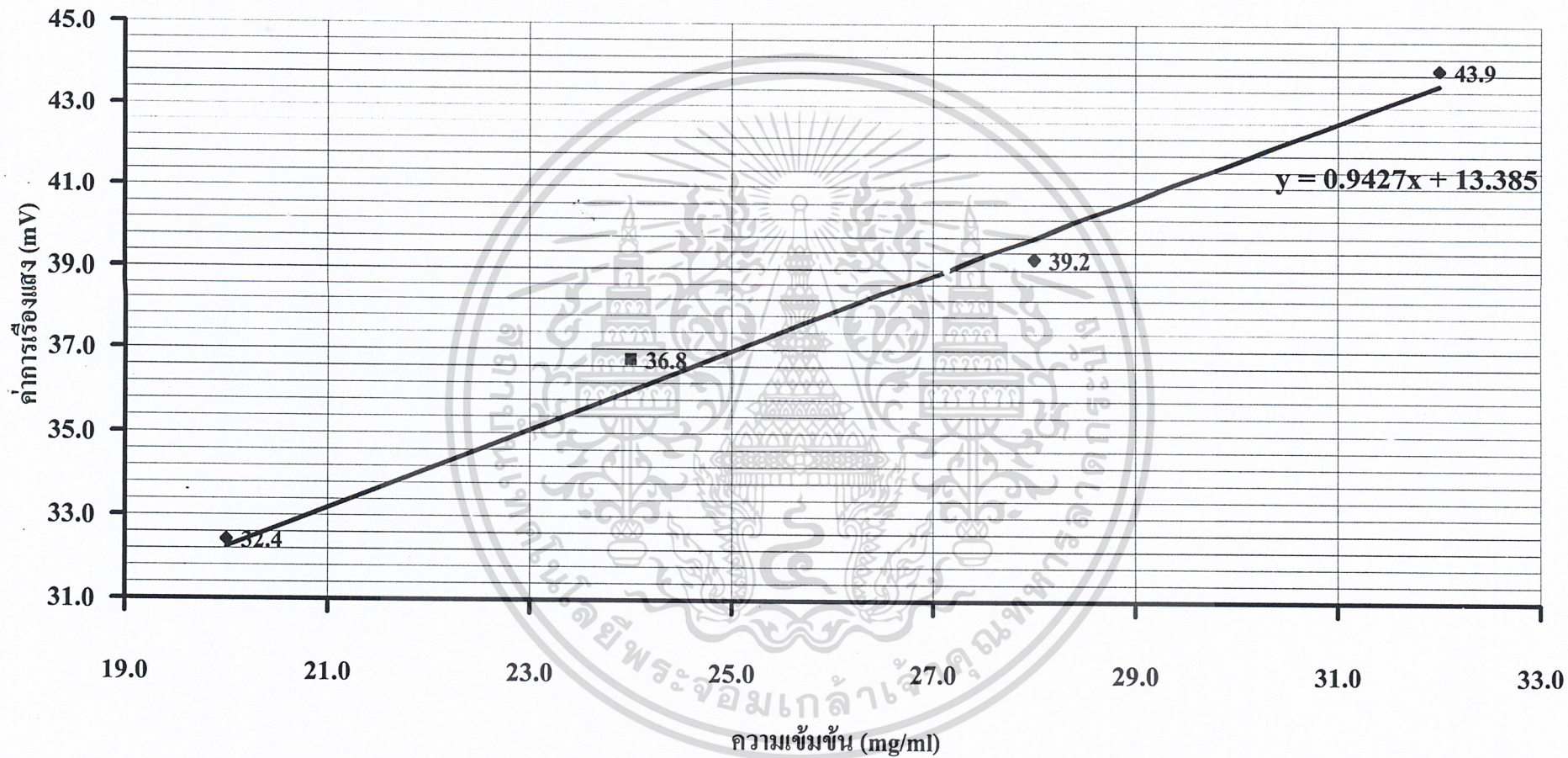
4.5.3 ค่าความเข้มแสงของสารที่ใช้เป็นตัวทดสอบความสัมพันธ์

ตารางที่ 4.27 ค่าความเข้มแสงของสารที่ใช้เป็นตัวทดสอบความสัมพันธ์

ความเข้มขึ้น mg/ml	ความสว่างการเรืองแสง (mV)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
24.0	34.3	36.7	37.2	36.9	38.7	36.8



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 ความสัมพันธ์ระหว่างการเรืองแสงกับความเข้มข้นของ Aflatoxin B1

4.6 ผลการวัดความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิด G1 กับปริมาณความเข้มแสงที่เรืองออกมา

4.6.1 ค่าที่วัดได้ก่อนการทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง)

ตารางที่ 4.28 ค่าที่วัดได้ก่อนการทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง)

สภาวะก่อนทดลอง (ไม่มีสารตัวอย่าง) (mV)					
ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
18.9	15.1	10.3	9.7	9.6	12.7

4.6.2 ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากการทดลอง (ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร)

ตารางที่ 4.29 ค่าความเข้มแสงที่วัดได้จากการทดลอง (ความยาวคลื่น 440 นาโนเมตร)

ความเข้มข้น mg/ml	ความสว่างการเรืองแสง (mV)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
16.08	41.9	37.2	32.7	32.7	38.2	36.5
12.00	28.6	33.8	26.6	21.5	19.1	25.9
8.04	26.2	28.2	27.0	19.1	16.9	23.5
4.02	13.3	12.9	15.0	23.0	20.3	16.9

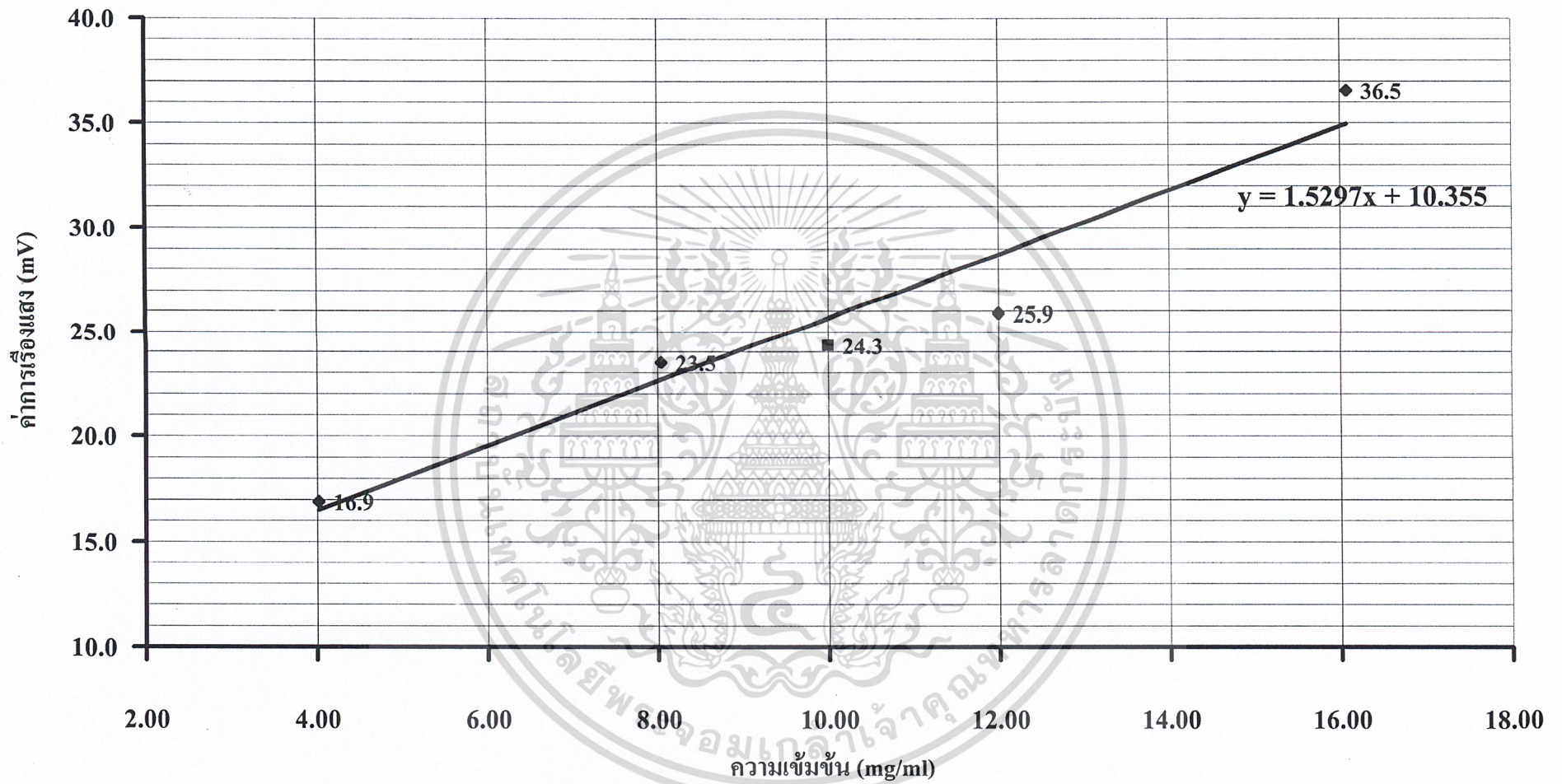
4.6.3 ค่าความเข้มแสงของสารที่ใช้เป็นตัวทดสอบความสัมพันธ์

ตารางที่ 4.30 ค่าความเข้มแสงของสารที่ใช้เป็นตัวทดสอบความสัมพันธ์

ความเข้มข้น mg/ml	ความสว่างการเรืองแสง (mV)					
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ครั้งที่ 4	ครั้งที่ 5	เฉลี่ย
10.00	27.5	22.4	25.0	25.6	20.9	24.3



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 ความสัมพันธ์ระหว่างการเรืองแสงกับความเข้มข้นของ Aflatoxin G1

บทที่ 5

สรุปผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

5.1 สรุปผลการทดลอง และวิเคราะห์ผล

5.1.1 แหล่งกำเนิดแสงกระตุ้น

การเลือกแหล่งกำเนิดแสงให้เหมาะสมกับงาน มีความสำคัญมากในการวัดการเรืองแสง เพราะจะมีผลต่อปริมาณของแสงที่เรืองออกมาจากตัวอย่าง (เข้มมากการเรืองแสงก็มาก) โดยแหล่งกำเนิดที่ใช้ในทดลองครั้งนี้มีอยู่ 3 ชนิดคือ

ชนิดที่ 1 Deuterium Source

ชนิดที่ 2 Mercury source 1

ชนิดที่ 3 Mercury source 2 (หลอด black light)

ซึ่งสามารถที่จะสรุปข้อดีข้อเสียของแหล่งกำเนิดแต่ละชนิดได้ดังนี้

ชนิดหลอด	ข้อดี	ข้อเสีย
Deuterium source	ความเข้มสูง ควบคุมความเข้มได้	ขนาดใหญ่มาก ราคาแพง
Mercury 1	ขนาดเล็ก	ความเข้มไม่สูงนัก ราคาแพง
Mercury 2 (Black Light)	ขนาดเล็ก ราคาถูก หาซื้อง่าย	ความเข้มไม่สูงนัก

แต่แหล่งกำเนิดทั้ง 3 ชนิด ยังไม่สามารถที่จะนำไปใช้เป็นแหล่งกำเนิดพลังงานกระตุ้นได้ทันที เนื่องจาก มีสเปกตรัมในช่วงที่เราจะวัดการเรืองแสง จึงจำเป็นต้องใช้ตัวกรองแสงเข้าช่วย

5.1.2 ตัวกรองแสง

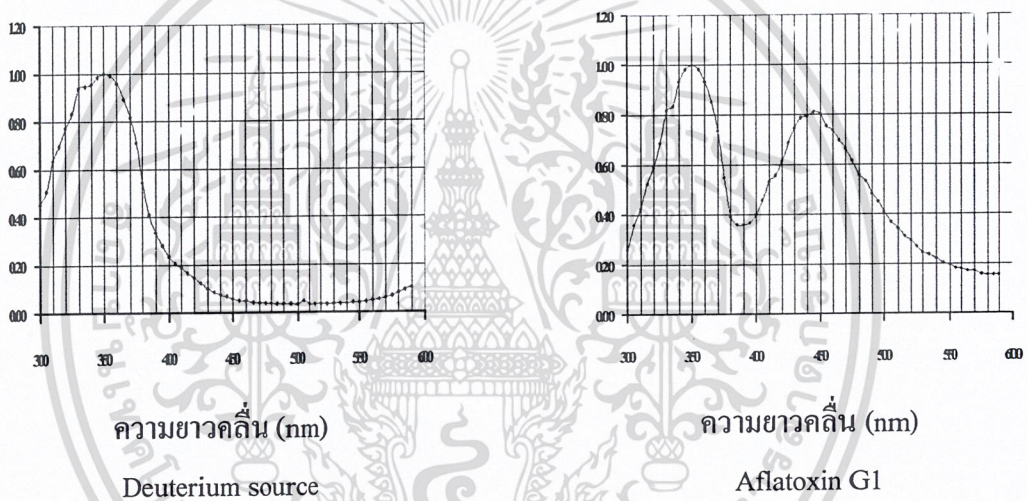
ตัวกรองแสงในการทดลองนี้ จะใช้ตัวกรองแสงที่ยอมให้แสง UV ผ่านเท่านั้น ซึ่งเมื่อนำมาใช้ร่วมกับแหล่งกำเนิดแสง UV ที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น เพื่อกรองแสงรบกวนที่เกิดจากแหล่งกำเนิด UV ออก (แสงช่วงที่ตามองเห็น) ก็สามารถที่จะนำแหล่งกำเนิดแสง UV นี้มาใช้ได้ผลที่ได้จากการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปได้ว่า ตัวกรองแสงสามารถตัดแสงในช่วงที่ตามองเห็นออกได้เป็นที่น่าพอใจ และให้ค่าความเข้มสูงสุดที่ประมาณ 350 นาโนเมตร ซึ่งเหมาะสมกับการทดลองนี้

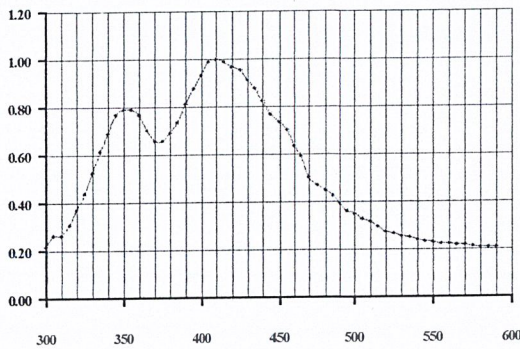
5.1.3 การเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน

จากกราฟที่ทดลองได้พบว่ากราฟจะมีจุดยอดอยู่ 2 จุด ซึ่งสามารถอธิบายได้ว่าจุดยอดทางด้านซ้ายจะเป็นค่าของแหล่งกำเนิด UV ส่วนจุดยอดทางด้านขวาจะเป็นค่าของการเรืองแสงที่เนื่องมาจากสารพิษอะฟลาทอกซิน โดยสามารถพิจารณาได้จากกราฟเปรียบเทียบกราฟระหว่างกราฟของแหล่งกำเนิด UV กับ กราฟการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซินดังรูปที่ 5.1



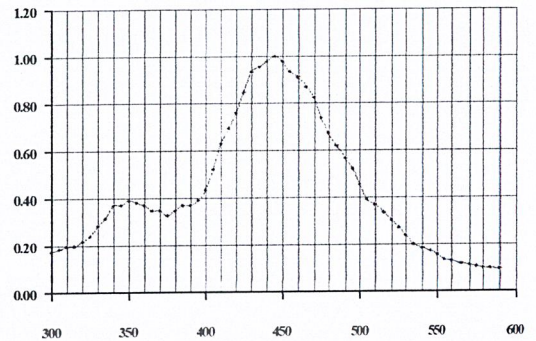
รูปที่ 5.1 เปรียบเทียบกราฟของแหล่งกำเนิด UV กับ กราฟการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน

จากกราฟ จะได้ว่าจุดยอดทางด้านขวาของกราฟการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน จะเป็นจุดที่สารพิษอะฟลาทอกซิน ทั้งสองเรืองแสงออกมามากที่สุด ซึ่งในกรณีสารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B1 จะอยู่ในช่วง 410 นาโนเมตร และในกรณีสารพิษอะฟลาทอกซินชนิด G1 จะอยู่ในช่วง 440 นาโนเมตร ดังรูปที่ 5.2



ความยาวคลื่น (nm)

Aflatoxin B1



ความยาวคลื่น (nm)

Aflatoxin G1

รูปที่ 5.2 เปรียบเทียบกราฟการเรืองแสงของสารพิษอะฟลาทอกซิน

5.1.3 ความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มของการเรืองแสงกับปริมาณความเข้มข้นของสารพิษอะฟลาทอกซิน

จากผลการทดลองที่ได้สามารถที่จะสรุปเป็นความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงที่เรืองออกมา กับปริมาณของสารพิษอะฟลาทอกซิน ได้ว่าทั้งสองมีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น แต่ในกรณีของอะฟลาทอกซิน B1 ถึงแม้สัญญาณจะออกมาเป็นเชิงเส้นก็ตาม แต่สัญญาณที่ออกมาค่อนข้างต่ำมาก ซึ่งอาจมีสาเหตุเนื่องจากสมบัติของอะฟลาทอกซิน B1 เองที่เรืองแสงออกมาได้น้อย รวมถึงการจذبระบบทางแสงที่ยังไม่สมบูรณ์ที่สุด ล้วนมีผลกับปริมาณสัญญาณที่วัดได้ทั้งนั้น ทางแก้ไขคือการจذبระบบทางแสงให้มีความสมบูรณ์มากขึ้นในแง่ของการรวบรวมแสงที่ได้ก่อนผ่านไปยังโมโนโครเมเตอร์โดยใช้ระบบเลนส์ หรือเส้นใยนำแสง รวมทั้งเปลี่ยนตัวกรองแสงอัลตราไวโอเล็ตที่มีประสิทธิภาพสูงขึ้น (เพื่อช่วยตัดสัญญาณรบกวนที่เกิดกับระบบ) ส่วนของการตรวจสอบความถูกต้องได้จากการนำสารตัวอย่างที่รู้ปริมาณที่แน่นอนอีกตัวหนึ่งมาทำการวัดการเรืองแสง และนำค่าที่อ่านได้มาเทียบบนกราฟความสัมพันธ์ที่ได้ ข้อมูลการศึกษานี้จะเป็นแนวทางในการพัฒนาระบบตรวจสอบอะฟลาทอกซิน โดยใช้สมบัติการเรืองแสงควบคู่ไปกับการคัดแยกทางชีวภาพ เพื่อได้ระบบอัตโนมัติ แบบพกพาที่มีราคาถูกในอนาคต



ภาคผนวก ก.

ภาพโครงสร้างของสารพิษ และลักษณะของเชอราต่างๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

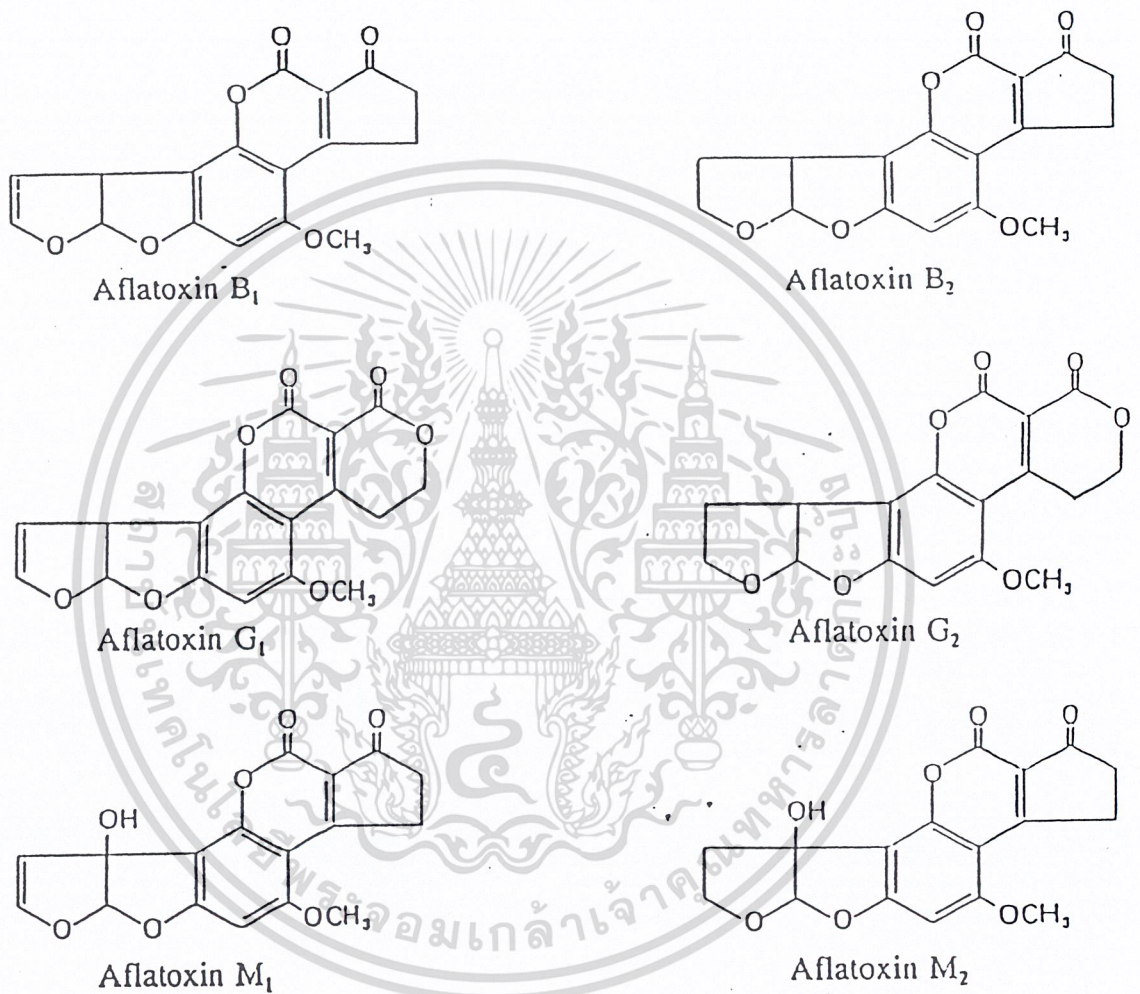
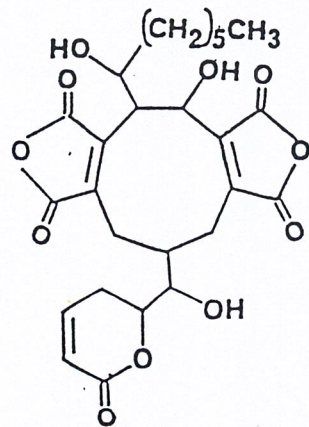
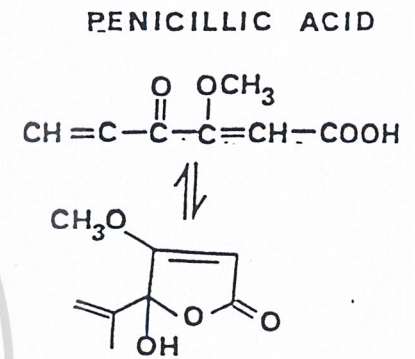
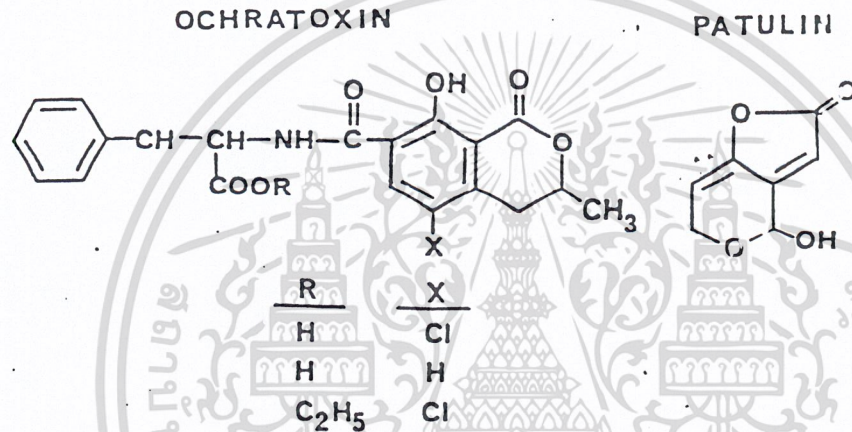
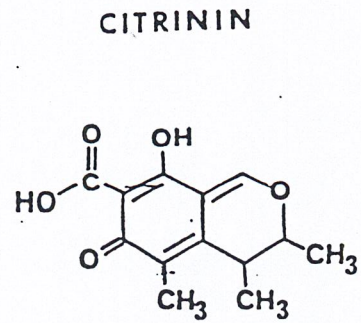


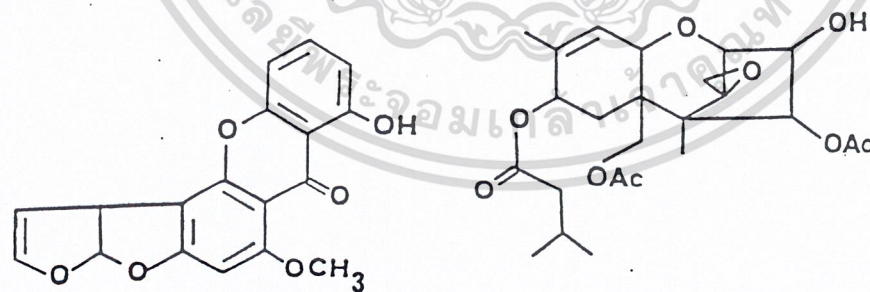
Figure 1. Structures of common aflatoxins

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

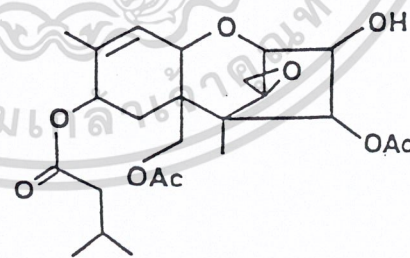
Figure 2.- CHEMICAL STRUCTURES OF SOME MYCOTOXINS OF CURRENT CONCERN TO FOOD-CONTROL AUTHORITIES.



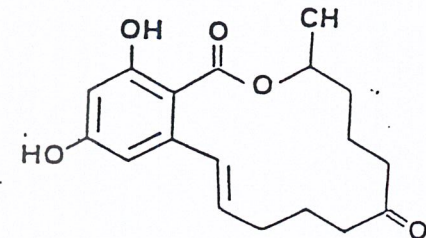
RUBRATOXIN B



STERIGMATOCYSTIN



T-2 TOXIN



ZEARALENONE

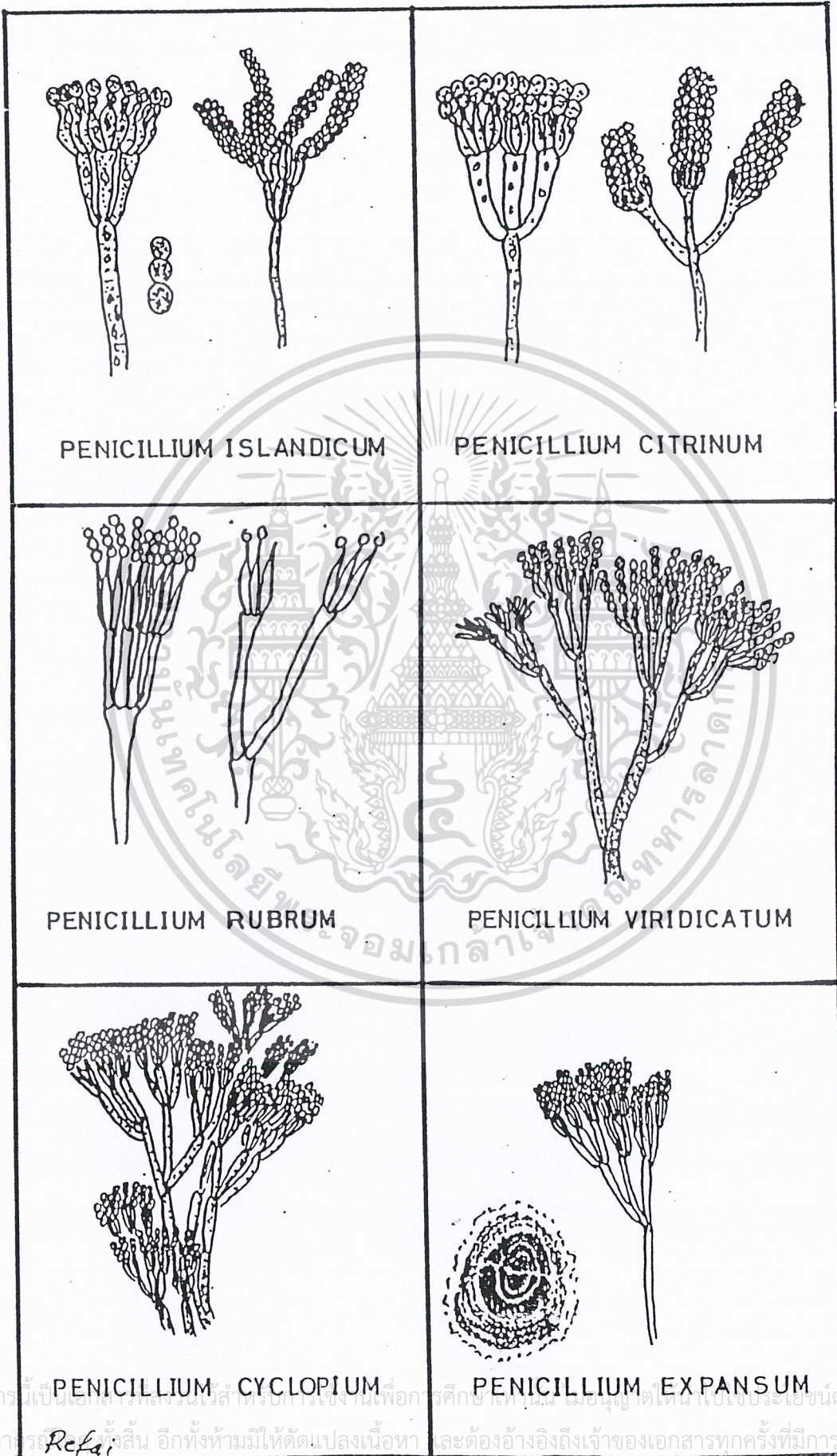
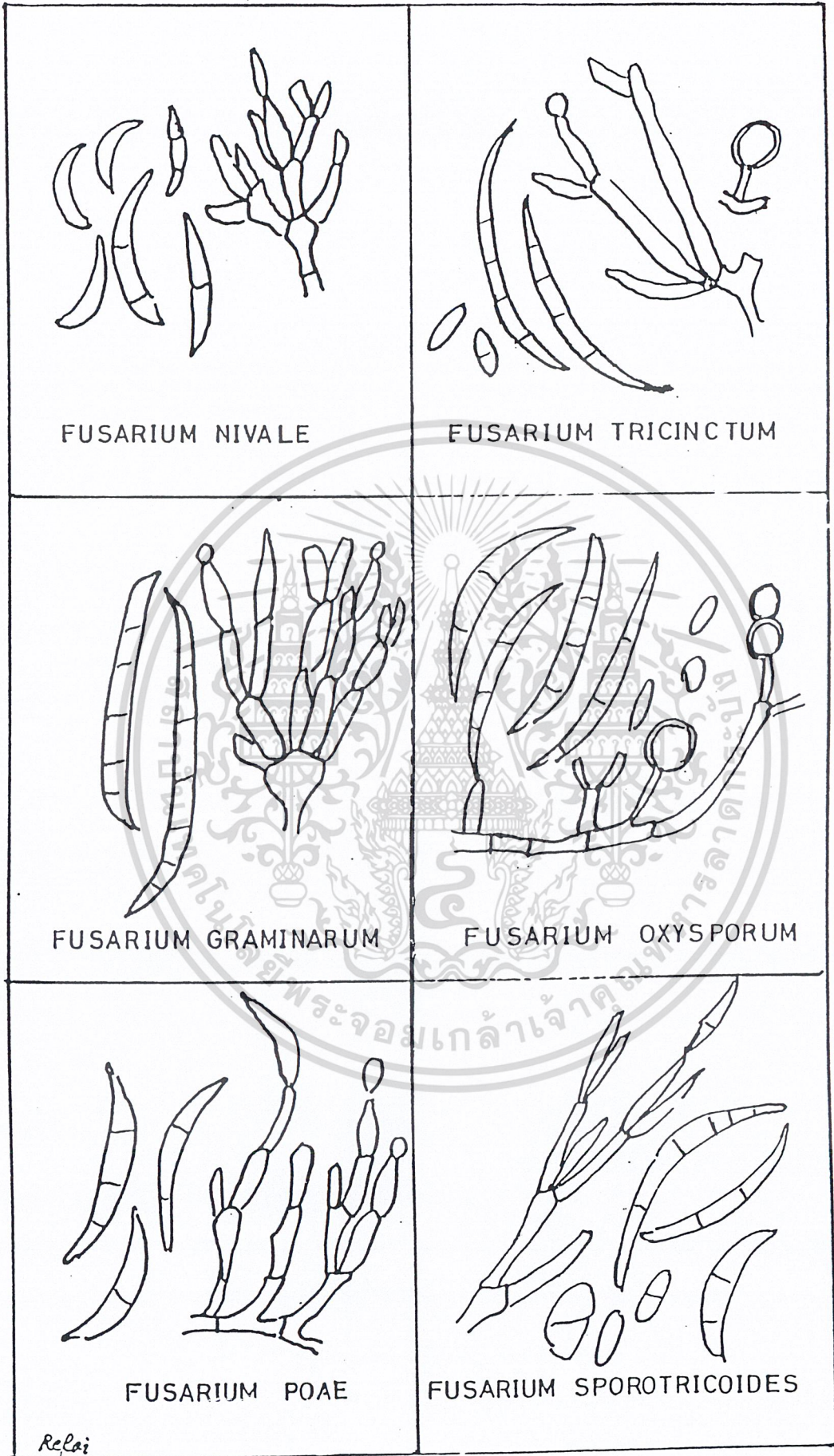


Fig.3 PENICILLIUM

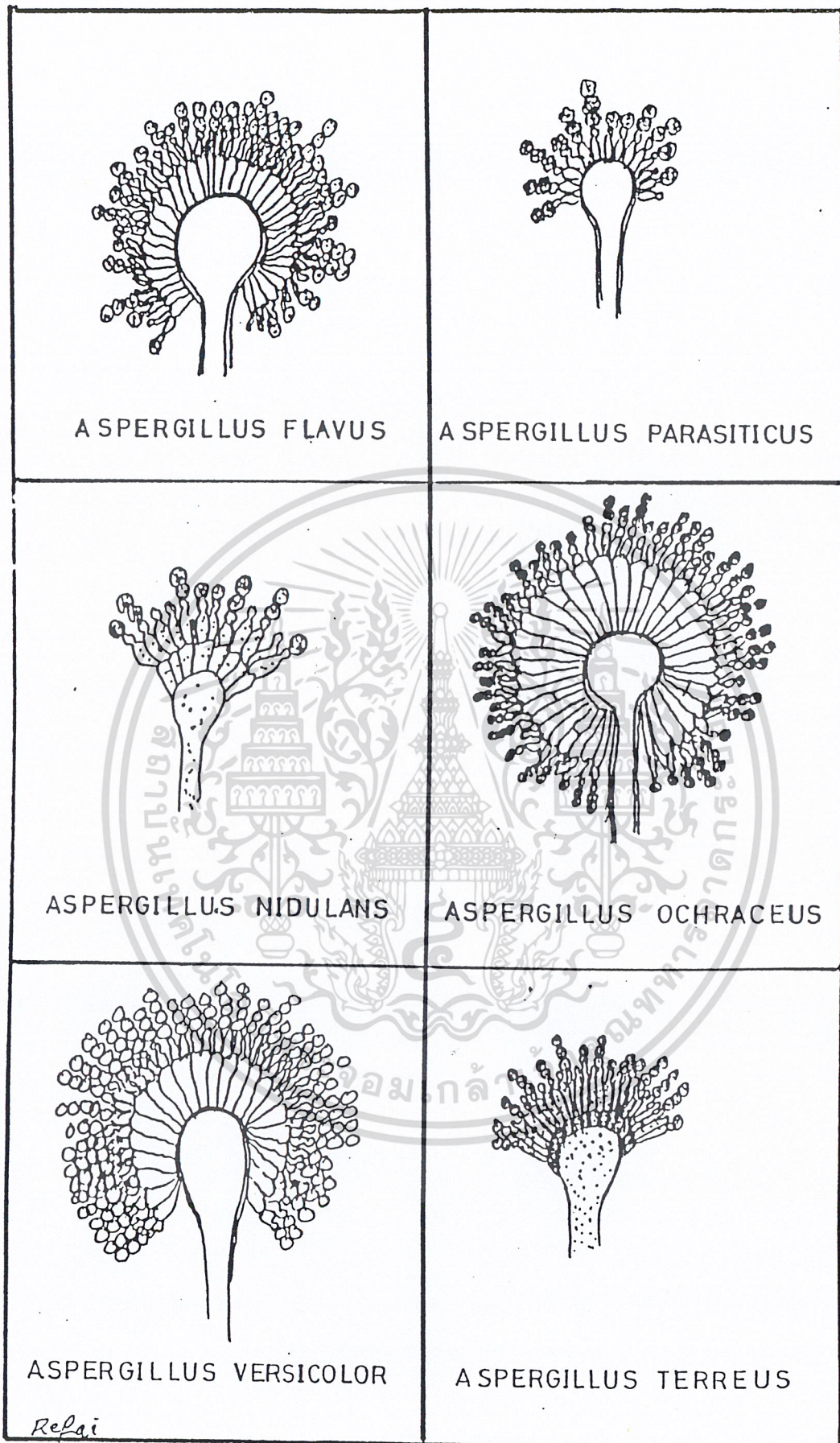
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้สำหรับการใช้ในเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้เผยแพร่โดยไม่ขออนุญาต
 ไม่ว่าในรูปแบบใดก็ตาม หากมีให้ต้นฉบับเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Refai



Relai

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับครูใช้ภายในห้องเรียนเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 Fig.4 FUSARIUM
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Relai

Fig. 5. ASPERGILLUS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Table 1 : Pathological effects of mycotoxins as observed mainly in animals and humans
(source (1) and (2); with modifications)

Mycotoxins (Producer organism)	Species affected	Effects
Aflatoxin B ₁ , B ₂ , G ₁ , G ₂ , M ₁ , M ₂ (<i>Aspergillus flavus</i> , <i>A. parasiticus</i>)	fish, birds, rat, cat, dog swine, horse, cattle, sheep monkey, man	hepatotoxic, haemorrhage (intestinal tract, kidney), bile duct hyperplasia, carcinogenic (hepatoma), mutagenic, teratogenic, immunosuppressive
Sterigmatocystin (<i>A. versicolor</i> , <i>Penicillium luteum</i> , <i>Bipolaris</i> sp)	mouse, rat	hepatic and renal necrosis; carcinogenic
Cyclopiazonic acid (<i>P. cyclopium</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. versicolor</i>)	rodents	hepatic, renal pancreatic necrosis
Ochratoxin A. (<i>A. ochraceus</i> , <i>P. viridicatum</i>)	dog, rat, swine, turkey chicken, duckling, human	nephropathy, carcinogenic, teratogenic (Balkan endemic nephropathy?)
Citrinin (<i>A. terreus</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. expansum</i> , <i>P. viridicatum</i>)	mouse, rat, dog, cattle, swine	nephropathy
Patulin (<i>P. expansum</i> , <i>P. roquefortii</i> , <i>Byssochlamys nivea</i>)	mouse, rat, rabbit, cat, dog, cattle, chicken	edema (brain, lungs), haemorrhage (lungs, liver, spleen, kidney), paralysis of motor nerves, convulsions, carcinogenic, antibiotic, teratogenic
Penicillic acid (<i>A. ochraceus</i> , <i>P. simplicissimum</i>)	mouse, rat, quail brine shrimp	liver and kidney damage, carcinogenic, antibiotic
Rubratoxin B (<i>P. rubrum</i> , <i>P. purpurogenum</i>)	swine, cattle, mouse, cat dog, rabbit, guinea pig, chicken	congestion, liver and spleen damage, haemorrhage
Yellow rice toxins – luteoskyrin, cyclochlorotine (<i>P. islandicum</i>)	chicken, mouse, man	liver damage, carcinogenic (hepatoma)
Citreoviridin (<i>P. citreo-viride</i>)	mouse, cat, dog, human	acute poisoning with neurological damage resulting in paralysis, acute cardiac beriberi
Zearalenone (<i>Fusarium graminearum</i> = <i>F. roseum</i>)	swine, dairy cattle, chicken, turkey, lamb, rat, mouse, guinea pig	estrogenic effects including vulvovaginitis, abortion
Trichothecenes, T-2 toxins, diacetoxyscirpenol, neosolanol, nivalenol, diacetyl nivalenol, 4-deoxynivalenol, HT-2 toxin, fusarenon X. (<i>F. culmorum</i> <i>F. graminearum</i> , <i>F. nivale</i> , <i>F. poae</i> , <i>F. sporotrichioides</i>)	swine, cattle, chicken, turkey, horse, rat, dog, mouse, cat, human	digestive disorder, haemorrhage, edema, oral lesions, dermatitis, blood disorders (leucopenia)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

TABLE 2, - Mycotoxin-producing moulds

MYCOTOXIN	MOULD SOURCES		
Citrinin	<i>Penicillium citrinum</i>	<i>P. citreoviride</i>	<i>P. canescens</i>
	<i>P. viridicatum</i>	<i>P. notatum</i>	<i>P. velutinum</i>
	<i>P. lividum</i>	<i>P. steckii</i>	
	<i>P. fellutanum</i>	<i>P. palitans</i>	<i>Aspergillus niveus</i>
	<i>P. implicatum</i>	<i>P. claviforme</i>	<i>A. terreus</i>
	<i>P. jenseni</i>	<i>P. expansum</i>	<i>A. candidus</i>
Ochratoxin	<i>A. ochraceus</i>	<i>A. sclerotiorum</i>	<i>A. cyclopium</i>
	<i>A. alliaceus</i>	<i>A. sulphureus</i>	<i>P. variable</i>
	<i>A. melleus</i>		<i>P. purpurescens</i>
	<i>A. ostianus</i>	<i>P. viridicatum</i>	<i>P. palitans</i>
	<i>A. petrakii</i>	<i>P. commune</i>	
Patulin	<i>P. patulum</i>	<i>P. urticae</i>	<i>P. leucopus</i>
	<i>P. claviforme</i>	<i>P. melinii</i>	<i>P. novae-zealandiae</i>
	<i>P. expansum</i>	<i>P. divergens</i>	<i>Byssochlamus fulva</i>
	<i>P. cyclopium</i>	<i>P. lapidosum</i>	<i>A. clavatus</i>
	<i>P. griseo-fulvum</i>	<i>P. equinum</i>	<i>A. giganteus</i>
			<i>A. terreus</i>
Penicillic Acid	<i>P. martensii</i>	<i>P. thomii</i>	<i>A. ochraceus</i>
	<i>P. puberulum</i>	<i>P. viridicatum</i>	<i>A. ostianus</i>
	<i>P. cyclopium</i>	<i>P. janthinellum</i>	<i>A. sulphureus</i>
	<i>P. roqueforti</i>		
Rubratoxin	<i>P. rubrum</i>		
	<i>P. purpurogenum</i>		
Sterigmatocystin	<i>A. versicolor</i>	<i>A. parasiticus</i>	<i>A. amstelodami</i>
	<i>A. nidulans</i>	<i>A. chevalieri</i>	<i>Bipolaris</i> (?)
	<i>A. flavus</i>	<i>A. ruber</i>	<i>P. luteum</i>
T-2 Toxin	<i>Fusarium tricinctum</i> (<i>F. poae</i>)	<i>F. roseum</i> "graminearum" (<i>G. zeae</i>)	
	<i>F. solani</i>	<i>F. rigidosum</i>	<i>Trichothecium viride</i>
	<i>F. sporotrichioides</i>	<i>F. lateritium</i>	<i>T. lignorum</i>
Zearalenone	<i>F. roseum</i> "graminearum" (<i>Gibberella zeae</i>)		<i>F. culmorum</i>
	<i>F. moniliforme</i>		<i>F. equiseti</i>
	<i>F. tricinctum</i>		<i>F. gibbosum</i>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

        for i := 1 to 5 do begin count_down; x_motor := -5 end;
    end else
if ch in ['t','T'] then
    begin
        for i := 1 to 10 do begin count_up; x_motor := 10 end;
    end else
if ch in ['g','G'] then
    begin
        for i := 1 to 5 do begin count_up; x_motor := 5 end;
    end else

begin count_down; x_motor := -1 end;
end;

procedure gotoBegin(start,stop : integer);
var i : integer;
begin

end;

begin
clrscr;
chh := '*';
count := 590;

writeln('Start count press control key: ');
write('Wave length is ',count,' nm ',#13);

while chh <> #27 do
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The seal of Rajabhat Buriram is a circular emblem. It features a central five-tiered umbrella (parasol) with a sunburst above it. The emblem is flanked by two traditional Thai figures (Garuda and Gajasingha) holding lotus flowers. The entire design is enclosed in a circular border with Thai text.

ภาคผนวก ข.

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โปรแกรมที่ใช้ควบคุมโมนโครเมเตอร์ (Monochromator)

```
program motor_control:  
uses crt,dos;  
const delay_1 = 200;  
  
var ch,chl : char;  
    p_count,count,j,tmp,i : integer;  
  
procedure count_up; {count up}  
begin  
    port[$378] := $00;delay(delay_1);  
    port[$378] := $01;delay(delay_1);  
    port[$378] := $02;delay(delay_1);  
    port[$378] := $04;delay(delay_1);  
    port[$378] := $08;delay(delay_1);  
    port[$378] := $01;delay(delay_1);  
    port[$378] := $02;delay(delay_1);  
    port[$378] := $04;delay(delay_1);  
    port[$378] := $08;delay(delay_1);  
    port[$378] := $00;  
  
end;
```

```
procedure count_down; {count down}  
begin  
    port[$378] := $00;delay(delay_1);  
    port[$378] := $08;delay(delay_1);  
    port[$378] := $04;delay(delay_1);  
    port[$378] := $02;delay(delay_1);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```

port[$378] := $01;delay(delay_1);
port[$378] := $08;delay(delay_1);
port[$378] := $04;delay(delay_1);
port[$378] := $02;delay(delay_1);
port[$378] := $01;delay(delay_1);
port[$378] := $00;

end;

```

```

procedure step(inp : byte);
begin
port[$378] := inp; delay(1000);
end;

```

```

procedure init;
begin
{goto 630 nm}

end;

```

```

function x_motor(ch : char) : integer;
var i : byte;
begin
if ch in ['a','A'] then
begin
for i := 1 to 10 do begin count_down; x_motor := -10 end;
end else
if ch in ['z','Z'] then
begin

```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
chh := readkey;
if chh <> #27 then
  begin
    count := count+x_motor(chh);
    write('Wave length is ',count,' nm ',#13);
  end;
end;
```

```
temp := count;
for i := 1 to 590-temp do
  begin
    count_up; inc(count);
    write('Wave length is ',count,' nm ',#13);
  end;
end.
```



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ค.

ข้อมูลเพิ่มเติม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Minimizing Aflatoxin in Corn

Aflatoxin is a naturally occurring toxic chemical by-product from the growth of the fungus *Aspergillus flavus* on corn and other crops such as peanuts and cottonseed. Grain containing aflatoxin is toxic to animals, especially young animals and poultry; therefore, facilities that handle grain routinely test loads before accepting delivery.

Aflatoxin problems are more likely in Mississippi than in the Corn Belt, because the state's hot, humid climate is ideal for fungal growth. Also, little hybrid resistance exists and few if any decontamination methods have proven successful and been granted federal approval.

Stressful Conditions

The Midsouth's climatic conditions dictate that aflatoxin potential will continue to threaten corn producers until control measures are identified. Aflatoxin problems have historically developed during years with severe high-temperature stress, particularly when coupled with water deficiency and insect ear and stalk damage. In 1977 and 1998, Mississippi had severe problems with aflatoxin-contaminated corn.

You can minimize the likelihood of developing a problem by using sound agronomic practices, properly storing and drying grain, maintaining grain quality, and sanitizing grain-handling equipment.

Aflatoxin can infect corn by airborne spores in the field during grain filling or during storage and handling. Kernel infection may occur through the silk, cob, or direct contact. Fungus spores over-

winter on plant residue on the soil. However, management practices intending to reduce the inoculum level have little impact on aflatoxin development in subsequent years, because the fungus is abundant in the Midsouth nearly every year.

Management Practices

Aflatoxin develops in the field when corn is exposed to severe environmental conditions known to stress kernel development and promote fungal infection within the ear. Management practices that improve plant health strongly discourage aflatoxin development.

Timely planting, adequate fertility, good weed and insect control, supplemental irrigation, suitable plant population, and hybrid selection should help reduce aflatoxin potential. Although hybrid evaluations conducted in Mississippi in 1998 indicated little aflatoxin resistance in commercially available hybrids, hybrids that perform well in drought conditions generally have lower aflatoxin concentration than hybrids that yield poorly in drought conditions.

Harvest Timing

Producers may reduce the likelihood of aflatoxin buildup in the field by harvesting corn before it reaches the industry standard of 15.5 percent moisture. This system reduces duration when ears may be exposed to unfavorable drying conditions that promote aflatoxin development in the field. Corn reaches physiological maturity at about 30 percent moisture and can be harvested any time thereafter.

Mississippi research indicates corn will normally lose around 0.6 percent moisture per day during the dry-down period. This rate is not influenced much by hybrid maturity. Thus, you can reduce field exposure by at least 1 to 2 1/2 weeks by harvesting corn at 20 to 25 percent moisture, compared to letting the corn dry in the field to 15 percent moisture.

The disadvantage of early harvest is that wet, warm grain is an ideal environment for rapid aflatoxin escalation if it is not handled properly. Dry your high-moisture grain (16-30 percent) to below 15 percent moisture within 24 hours after harvest or immediately haul the grain to an elevator (that will dry the grain).

Storage

Do not store grain in trucks, combines, bins, or any nonaerated site for more than 4 to 6 hours. These conditions quickly escalate aflatoxin levels and deteriorate grain quality, because fungal growth and grain respiration will rise quickly in high-moisture grain, particularly with normal Mississippi August and early September air temperatures.

Conversely, aflatoxin approaches dormant levels when grain moisture drops to about 12 percent, especially when air temperatures decline to around 55 °F. If you plan to dry the grain yourself, do not harvest more corn than you can dry within these constraints.

Aflatoxin problems often develop in grain bins being used to dry corn. You must minimize grain

depth (commonly 3-6 feet deep) to quickly dry high-moisture corn using in-bin drying system. Stirring devices may assist drying but cannot overcome aeration problems that limit the drying rate in deep-layered grain. Other drying systems, such as continuous flow and portable batch driers, normally dry grain within these constraints, if harvest capacity does not exceed volume of the drying system.

Harvest and Handling Practices

You may improve grain quality by altering harvest and handling procedures. Fungi readily invade kernels with cracked or damaged seed coats. If you suspect a problem, keep obviously stressed, stunted, or damaged areas and field edges from healthy corn.

Increasing fan speed, opening sieves, and reducing ground speed help enhance grain quality collected by a combine. Postharvest screen cleaners and gravity separators help reduce moderate aflatoxin levels (50 to 100 ppb) below the FDA standard (20 ppb).

Daily clean out corn and debris left in combines, trucks, pits, grain carts, and augers; clean bins before use because these are potential

contamination sources. Spores from fungi on infected grain may readily disperse during handling, contaminating subsequent grain. A chlorine cleaning solution (3/4 cup bleach/gallon of water) kills fungal growth on handling facilities.

Detection

Methods historically used for aflatoxin detection range from visual observations to complex lab analyses. A "black light" test uses long-wave ultraviolet light to illuminate a bright yellow-green fluorescence indicative of a fungal metabolism product that often precludes aflatoxin. This product is called Kojic acid and should not be confused with aflatoxin. The "black light" test has limited use; use only as a preliminary test to a more accurate chemical analysis.

Elevators or grain markets should use chemical analyses to determine aflatoxin content. You may also submit samples for analysis to the State Chemical Lab or buy an aflatoxin test kit from chemical supply companies.

Sampling and Testing

Substantial aflatoxin testing variability is common because few kernels are normally contaminated with aflatoxin (less than 0.1 per-

cent), but concentration in individual kernels is often very high.

You may improve sampling by increasing the sample size and using proper sampling techniques. Chemical extraction of aflatoxin requires grinding the grain sample.

Testers should grind the original sample before a subsample is removed. This improves distribution of contaminated particles to the subsample. Testers may also grind particles finer, increase the size of the subsample, and increase number of analyses per sample to reduce variability. The latter two recommendations, however, will increase the time and expense involved with the analytical procedure and may be impractical in some situations.

Action Levels

The United States Food and Drug Administration action levels for corn contaminated with aflatoxin establish guidelines for specific uses. Research indicates that aflatoxin-contaminated corn within these action levels will not injure the health of specific animals listed or humans consuming foods derived from these animals.

FDA action levels for aflatoxin-contaminated corn include the following:

Maximum level	Use
20 ppb:	Human food, feed for immature animals (including poultry) or dairy animals, or unknown destination
100 ppb:	Feed for breeding cattle, breeding swine, or poultry
200 ppb:	Feed for finishing swine of greater than 100 pounds
300 ppb:	Feed for finishing beef cattle

www.ext.msstate.edu

By Dr. Erick Larson, Extension Corn Specialist

Mississippi State University does not discriminate on the basis of race, color, religion, national origin, sex, age, disability, or veteran status. Information Sheet 1563

Extension Service of Mississippi State University, cooperating with U.S. Department of Agriculture. Published in furtherance of Acts of Congress, May 8 and June 30, 1914. RONALD A. BROWN, Director (rev-1M-3-00)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาคผนวก ง.

Deuterium Lamps Model 66171

INSTRUCTION MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ORIEL
Interchangeable Fixture
for Deuterium Lamps
Model 66171
INSTRUCTION MANUAL

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

OPERATING INSTRUCTIONS

ORIEL MODEL 66171

INTERCHANGEABLE FIXTURE FOR DEUTERIUM LAMPS

Please read these instructions completely before operating this equipment.

If there are any questions or problems regarding the use of this equipment, please contact:

ORIEL CORPORATION
250 Long Beach Boulevard
Stratford, CT 06497-0872
(203) 377-8282

- or -

ORIEL S.A.R.L.
9 Avenue De Laponie
E.A. De Courtaboeuf
91948 Les Ulis
France

ORIEL SCIENTIFIC, LTD.
1 Mole Business Park
P.O. Box 31
Leatherhead
Surrey KT22 7AU
England

- or -

The Representative from whom
this equipment was purchased.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODEL 66171 INTERCHANGEABLE FIXTURE FOR DEUTERIUM LAMPS

The Model 66171 Interchangeable Fixture is designed for use with the Model 66170 housing. Together they constitute a sturdy air cooled enclosure for a safe operation of an ORIEL Model 6313 or Model 6316 deuterium lamp.

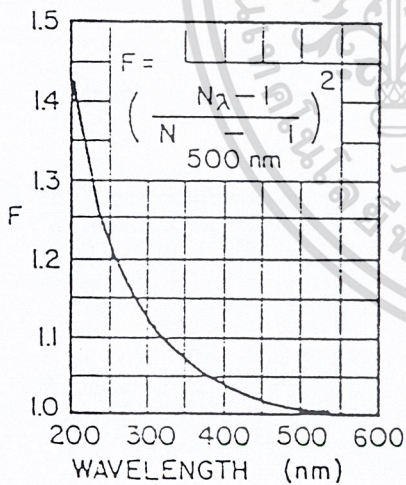
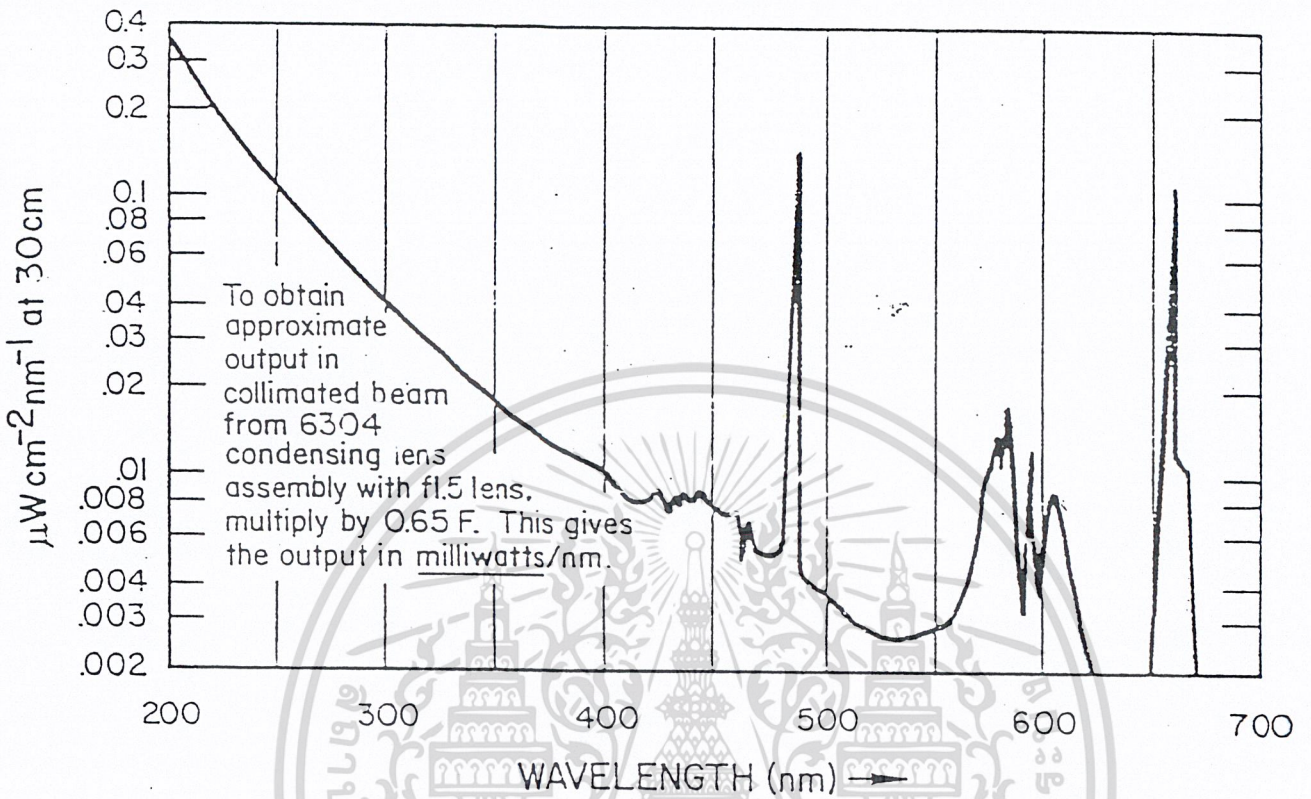
When the 66171 is operated in the 66170 the combination may be mounted in several ways. See the 66170 manual for information.

DEUTERIUM LAMPS

The ORIEL 30W deuterium lamps have the same basic electrode construction which results in an ultra stable 1mm diameter light source. The emergent light pattern depends on the window type. See the attached diagram. The 6316 is less alignment sensitive while the 6313 provides a highly directed beam. See the note on imaging if you use a 6313.

The spectral output of these deuterium lamps is the classic UV continuum so useful for spectroscopy because of the low visible and IR output. A typical spectrum for a new lamp is shown. Solarization, a loss of transmittance of the lamp glass due to irradiation by short wave UV alters the spectrum slightly with age and this mechanism alone keeps the useful life to 5-600 hours, for the extended nose 6313 type.

OUTPUT of 6313 LAMP Run at 40Watts

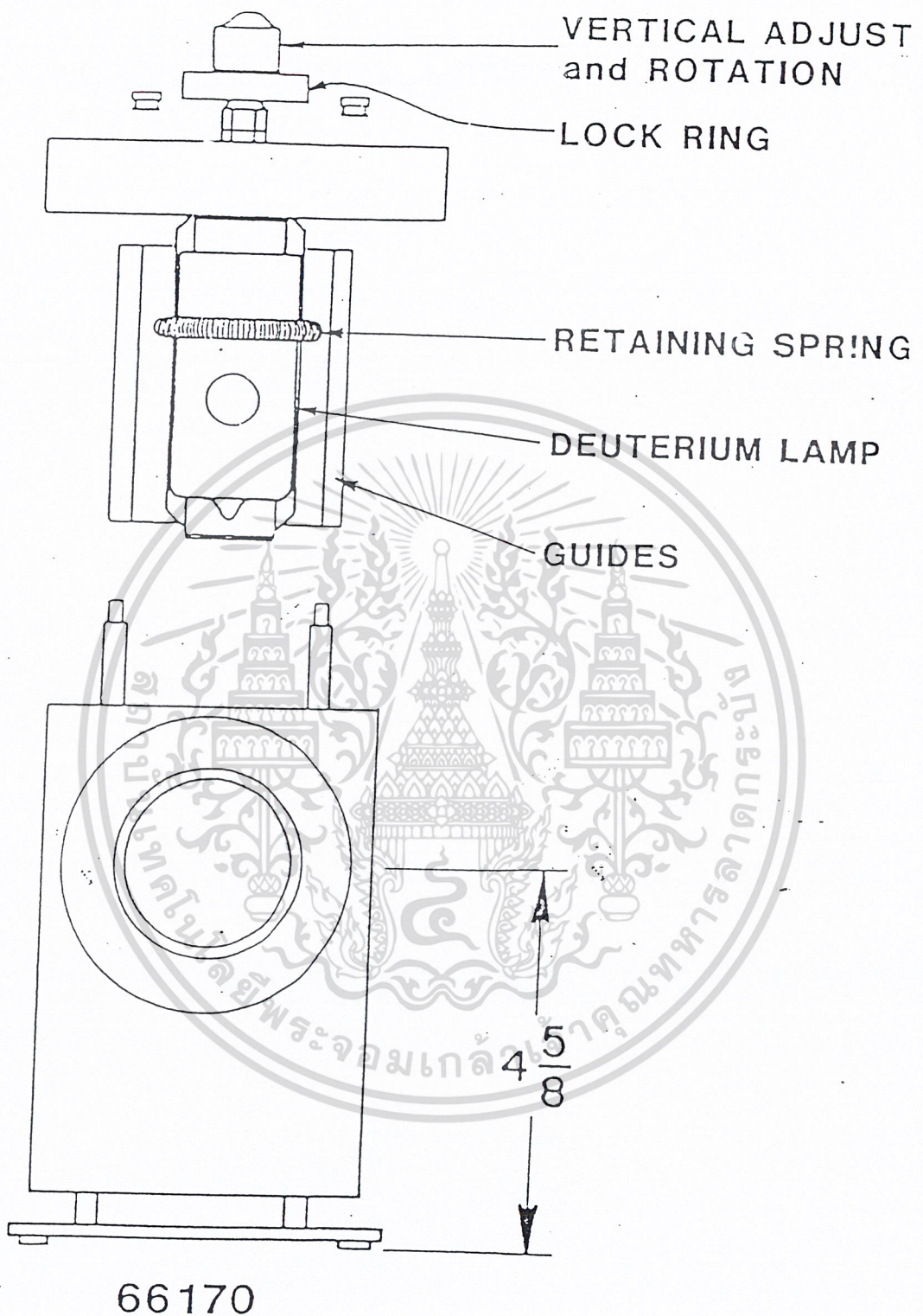


$N_{500} \sim 1.462$

WAVELENGTH (nm)	N
202.5	1.547
226.7	1.523
265.2	1.500
302.1	1.487
365.0	1.475
404.7	1.470
480.0	
546.1	1.460

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

MODEL 66171 with MODEL 66170



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

SAFETY

- . Keep clear of the electrical connections particularly on start up.
- . UV light of high intensity is produced. This light is hazardous to the eyes and skin. Above all, do not look into the direct beam. Wear protective eyeglasses. Contact ORIEL for suitable eyewear.
- . The bulb is fragile. Treat it accordingly.
- . When running, the bulb surfaces are hot.

INSTALLATION OF LAMP

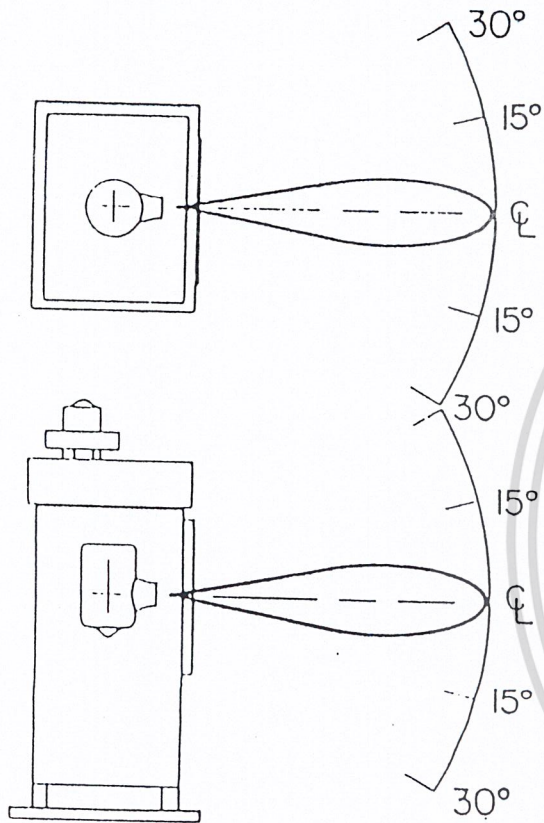
Remove the 66171 from the 66170 housing by unscrewing the four thumbscrews on the top of the combination. On the 66171 there is a mounting guide, spring retainer and terminal block.

To mount a lamp, first carefully slide the lamp up under the spring slip and next to the vertical guides. Then connect the red lamp lead to the terminal having the red-dot next to it (or the one with the red wire connected to the bottom of it). The two black leads may then be connected to the remaining two terminals in any order.

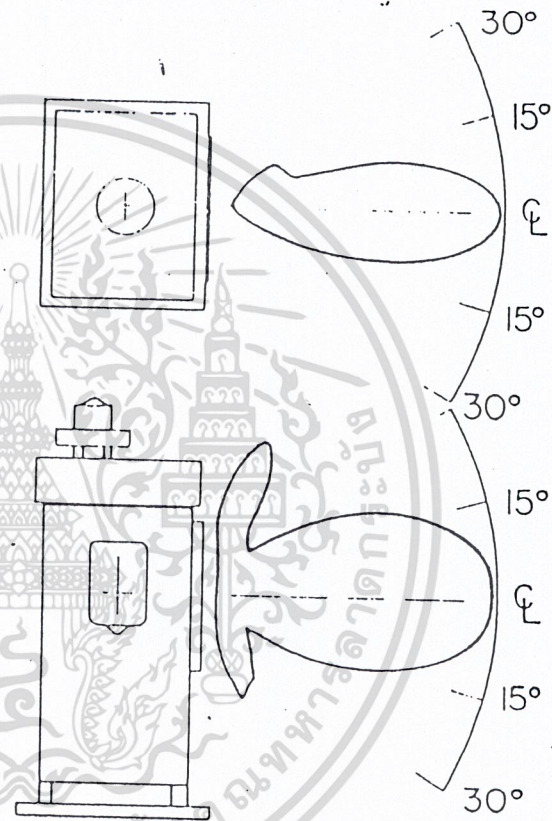
BEFORE RE-ASSEMBLING THE HOUSING, BE CERTAIN TO CLEAN THE LAMP WITH ALCOHOL OR SOME OTHER SOLVENT. Any grease or oil left on the quartz envelope of the lamp may result in dark spots or actual breakage of the lamp.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

LIGHT PATTERN with 6313 LAMP



LIGHT PATTERN with 6316 LAMP



OPERATION

For proper operation it is necessary to employ a power supply such as an ORIEL 6310. This unit will connect directly with the plug on the end of the lamp housing cable and will properly drive the lamp.

It is also necessary to connect the AC line cord from the lamp housing to a suitable source of AC (at approximately 20 watts) to operate the internal blower.

The blower must be operating when the lamp is on to adequately cool the lamp and the housing.

To adjust the lamp in a vertical or horizontal plane, it is only necessary to loosen the chrome locking ring and turn the black knob for horizontal adjustment or pull or push the black knob for vertical adjustment. Tightening the chrome knob locks the setting.

IMAGING THE DEUTERIUM LAMPS

The 1 mm deuterium arc may be imaged or collimated using the ORIEL 6304 f1.5 UV fused silica condensing lens assembly. See the 66170 manual for instructions on fixing the lens assembly to the 66170. Since the refractive index of fused silica falls off with wavelength the less focal length is shorter in the UV. What appears to be a good collimated or imaged beam in the visible may not be good in the UV. You may have to bring the lens closer.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

NOTE: WITH THE 6313 LAMP IT IS POSSIBLE TO MOVE THE LENS BACK FAR ENOUGH TO STRIKE AND DAMAGE THE LAMP. BE CAREFUL.

You may wish to cut a small piece of rod, or a pencil and drop it in the lens adjuster slot to prevent this. This can then be removed if you use the 66170 with the 6316 lamp or one of the other interchangeable sources.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WARRANTY

Oriel Corporation warrants that all goods listed in this acknowledgement (except consumables such as lamps, bulbs, filters, etc.) shall be free from defects in materials and workmanship. In cases of defects in materials and/or workmanship, such defects must become apparent within the following period:

- a. All covered products, except spare parts...one (1) year or 3000 hours of operation, whichever comes first, after delivery of the goods to buyer.
- b. Spare parts...ninety (90) days after delivery of goods to buyer.

The extent of Oriel Corporation's liability under this warranty is limited to the adjustment, repair and/or replacement of the defective part(s). During the above listed warranty period, Oriel Corporation shall provide all materials to accomplish the repaired adjustment, repair or replacement. Oriel Corporation shall provide the labor required during the above listed warranty period to adjust, repair and/or replace the defective goods at no cost to the Buyer ONLY on condition that the defective goods are returned freight prepaid to a Oriel Corporation designated facility. Oriel Corporation shall provide labor for field adjustment, repair and/or replacement at prevailing rates for such field service.

Oriel Corporation shall be relieved of all obligations and liability under this warranty if:

1. The goods are operated with any accessory, equipment or part not specifically approved or manufactured or specified by Oriel Corporation unless buyer furnishes reasonable evidence that such installations were not a cause of the defect, provided that this provision shall not apply to any accessory, equipment or part, the use of which does not affect the safety of the machine.
2. The goods are not to be operated or maintained in accordance with Oriel's instructions and specifications.
3. The goods shall have been repaired, altered or modified by other than Oriel authorized personnel.
4. Buyer does not return the defective goods, freight prepaid, to Oriel repair facility within the applicable warranty period.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

WARRANTY (continued)

IT IS EXPRESSLY AGREED THAT THIS WARRANTY SHALL BE IN LIEU OF ALL WARRANTIES OF FITNESS OR MERCHANTABILITY, AND BUYER HEREBY WAIVES ALL OTHER WARRANTIES, GUARANTEES, CONDITIONS OR LIABILITIES, EXPRESS OR IMPLIED ARISING BY LAW OR OTHERWISE AND WHETHER OR NOT OCCASIONED BY ORIEL'S NEGLIGENCE. This warranty shall not be extended, altered or varied except by a written instrument signed by both parties; provided, that in the event the provision relieving Oriel from liability for its negligence should for any reason be held ineffective the remainder of the paragraph shall remain in full force and effect.

CONSEQUENTIAL DAMAGES

Oriel Corporation shall not be responsible for consequential damages as a result of misfunctions or malfunctions of the goods listed on this acknowledgement. Oriel's total responsibility shall be limited to repairing or replacing the malfunctioning or malfunctioning goods under the terms and conditions of the above described warranty.

INSURANCE

Persons receiving goods for demonstrations, memo loan, temporary use or in any manner in which title is not transferred from Oriel, shall assume full responsibility for any and all damage while in their care, custody and control. Should damage occur unrelated to the proper and warranted use and performance of the goods, recipient of goods accepts full responsibility for restoring the goods to their conditions upon original delivery, and for assuming all costs and charges.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Before returning equipment to Oriel for repair, please call the Customer Service Department. The phone number is (203) 377-8282. You will be given a Return Material Authorization number (RMA). To save time, have the Purchase Order number used to purchase the equipment available before calling Oriel. Having this number will insure that your equipment will be properly processed and greatly shorten the time required for the repair. Equipment returned without a Return Material Authorization (RMA) may be rejected by the Oriel Receiving Department. Equipment returned under warranty will be returned with no charge for the repair or shipping. Customers will be notified of repairs not covered by warranty along with a cost for the repair, before the work is started.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. Schade et al. "Method for detecting aflatoxin in almonds" U.S. Pat. 4,535,248 Aug. 13, 1985.
2. Fraenkel et al. "Method and apparatus for sorting agricultural products" U.S. Pat. 4,203,522 May 20, 1980.
3. Hill, Jr. "Optical inspection of food products" U.S. Pat. 4,866,283 Sep. 12, 1989.
4. Oitt et al. "Analysis of aflatoxins in peanuts by high pressure liquid chromatograph" U.S. Pat. 4,285,698 Aug. 25, 1981.
5. Micah A. Carlson, C. Brent Barger, Richard C. Benson, Allan B. Fraser, John D. Groopman, Harvey W. Ko, Terry E. Phillips, Paul T. Strickland, and James T. Velky "Development of an Automated Handheld Immunoaffinity Fluorometric Biosensor" Johns Hopkins APL Technical Digest 20(3). (1999) : 372-380.
6. Dr. Erick Larson, "Minimizing Aflatoxin in Corn" <http://www.ext.msstate.edu> .
7. Nabil Saad, "AFLATOXINS: Occurrence and Health Risks " <http://www.ansci.cornell.edu/plants/toxicagents/aflatoxin/aflatoxin.html> .
8. Food and Agriculture Organization of The United Nations homepage, <http://www.fao.org> .
9. Mycotoxins and Mycotoxin Test Kits (Purdue University) homepage , <http://www.btny.purdue.edu/Extension/Pathology/BP/BP47/BP47.html>

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้