

การตรวจสอบคราบเลือดโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์  
ตัดแปลงแบบอินฟราเรด

THE INVESTIGATION OF BLOODSTAIN USING THE  
INFRARED DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA



โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2558

การตรวจสอบคราบเลือดโดยใช้กล้องดิจิตอลเอสแอลอาร์  
ดัดแปลงแบบอินฟราเรด  
THE INVESTIGATION OF BLOODSTAIN USING THE  
INFRARED DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA



b.00265823  
i.....

โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร  
ปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต(ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ภาควิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

THE INVESTIGATION OF BLOODSTAIN USING THE  
INFRARED DIGITAL SLR MODIFIED CAMERA



A SPECIAL PROJECT SUBMITTED IN PARTIAL FULFILLMENT OF  
THE REQUIRMENT FOR  
THE DEGREE OF BACHELOR OF SCIENCE (APPLIED PHYSICS)  
DEPARTMENT OF PHYSICS, FACULTY OF SCIENCE  
KING MONGKUT'S INSTITUTE OF TECHNOLOGY LADKRABANG

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **ACADEMIC YEAR 2015** ม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ

การตรวจสอบคราบเลือดโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลง  
แบบอินฟราเรด

The Investigation of Bloodstain Using the Infrared Digital  
SLR Modified Camera

ชื่อนักศึกษา

นางสาวศิวาภรณ์ ศิริวัฒน์ รหัสนักศึกษา 55051624

ปริญญา

วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)

ภาควิชา

ฟิสิกส์

ปีการศึกษา

2558

อาจารย์ที่ปรึกษา

อ.สุรชาติ กมลติลก

คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้  
โครงการพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)  
ประจำปีการศึกษา 2558

คณะกรรมการสอบ	ลายมือชื่อ
ดร.วิฑูรย์ ยินดีสุข ประธานกรรมการ	
อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง กรรมการ	
ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ กรรมการ	
อ.สุรชาติ กมลติลก กรรมการและอาจารย์ที่ปรึกษา	

ลิขสิทธิ์ของคณะวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ส่ง สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อโครงการพิเศษ	การตรวจสอบคราบเลือดโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลง แบบอินฟราเรด
ชื่อนักศึกษา	นางสาวศิวาภรณ์ ศิริวัฒน์ รหัสนักศึกษา 55051624
ปริญญา	วิทยาศาสตร์บัณฑิต (ฟิสิกส์ประยุกต์)
ภาควิชา	ฟิสิกส์
คณะ	วิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัย	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง (สจล.)
ปีการศึกษา	2558
อาจารย์ที่ปรึกษา	อ.สุรชาติ กมลติลก

### บทคัดย่อ

จุดมุ่งหมายของโครงการพิเศษชิ้นนี้เพื่อศึกษาคุณสมบัติการดูดกลืนและสะท้อนแสงในย่านรังสีใต้แดงหรือในย่านอินฟราเรดของสารค้ำหลังที่มักพบเป็นวัตถุพยานในทางนิติวิทยาศาสตร์โดยใช้กล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว ชนิดดัดแปลงอินฟราเรด เพื่อประโยชน์ในงานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์ในการแยกแยะวัตถุพยานที่มีลักษณะที่ปรากฏแก่สายตาค้ำคลึงกับคราบเลือด โดยการเปรียบเทียบภาพที่ถ่ายด้วยกล้องดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว ชนิดดัดแปลงอินฟราเรด ของคราบชนิดต่างๆที่ปรากฏบนเนื้อผ้าว่ามีลักษณะการดูดกลืนหรือสะท้อนแสงในย่านดังกล่าวแตกต่างกันอย่างไร เพื่อใช้ประโยชน์ในการแยกแยะวัตถุพยานในเบื้องต้นของกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์

**คำสำคัญ :** กล้องดิจิทัลเอสแอลอาร์ คราบเลือด นิติวิทยาศาสตร์ อินฟราเรด

<b>Title</b>	The Investigation of Bloodstain Using the Infrared Digital SLR Modified Camera
<b>Student</b>	Ms.Siwaporn Siriwat Student ID 55051624
<b>Degree</b>	Bachelor of Science (Applied Physics)
<b>Department</b>	Physics
<b>Faculty</b>	Science
<b>University</b>	King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL)
<b>Academic Year</b>	2015
<b>Advisor</b>	Mr.Surachart Kamoldilok

### Abstract

The aim of this special project was to study the characteristic of light absorption and reflection in near-infrared wavelengths of the body fluids that usually found as forensic evidence. Infrared Digital SLR modified camera was used to identify the evidence that visibly seen as blood stains. After the pictures of various bloodstain patterns that appeared on the fabric were taken by the Infrared Digital SLR modified camera, those pictures would be compared in order to analyse the characteristics of light absorption and reflection in the particular infrared wavelengths. This evidence analysis could be effectively useful for the preliminary process of forensic science.

**Keywords** : Digital SLR camera, bloodstain, forensic evidence, Infrared

## กิตติกรรมประกาศ

งานดำเนินโครงการพิเศษเรื่องการตรวจสอบคราบเลือดโดยใช้กล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลง แบบอินฟราเรดนี้สามารถสำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความเมตตาในการสนับสนุนการดำเนินงานและคำแนะนำที่ดีจากอาจารย์สุรชาติ กมลติลก ผู้ซึ่งเป็นอาจารย์ที่ปรึกษาในโครงการพิเศษ ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ประธาน บุรณศิริ, อ.ธรรมรัตน์ แต่งตั้ง, อ.กฤษฎ์ ศรีนวลจันทร์, ดร. วิฑูรย์ ยินดีสุข อาจารย์สาขาวิชาฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ความรู้ คำปรึกษาและข้อเสนอแนะในการกำหนดทิศทางในการดำเนินโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ ผศ.ดร.ภัทริยา กิตติเดชาชาญ ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่องอัลตราไวโอเล็ต วิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ และห้องปฏิบัติการในการทำการทดลอง

ขอขอบคุณ คุณเอกชัย รัมมะรัตน์ ที่ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือในการใช้เครื่องอัลตราไวโอเล็ต วิสิเบิล สเปกโตรมิเตอร์ ในการตรวจสอบสเปกตรัมของหลอดไฟ

ขอขอบคุณ คุณวัชร พิพิธพงศ์สันต์, คุณชินวัฒน์ ทองบรรเทิง และคุณฐิติพร ผลดี ที่ช่วยให้คำปรึกษาในการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล การวิเคราะห์ผลและสรุปผลการดำเนินงานของโครงการพิเศษนี้

ขอขอบคุณ คุณดนยวรรณ จิตตินันทน์, คุณพชร พงศ์วิศิษฐ์, คุณเบญจมาล เพ็ชรเจริญมงคล และคุณบัณฑิต เลิศศรีปรียา ในการบริจาคเลือดเพื่อใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณ คุณนันทรัฐ คำกลัด ที่ให้คำปรึกษาและช่วยเหลือในการทิ้งขยะติดเชื้อ ที่เกิดจากการดำเนินโครงการพิเศษนี้ เพื่อที่จะไม่ให้แพร่กระจายเชื้อโรคไปยังผู้อื่น

ขอขอบคุณอาจารย์ในภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ทุกท่านที่ได้กรุณาอบความรู้ให้แก่ผู้จัดทำตลอดระยะเวลาที่ได้ศึกษา ซึ่งเป็นผลทำให้สามารถดำเนินงานวิจัยในโครงการพิเศษนี้ได้จนเป็นผลสำเร็จ

ขอขอบคุณพี่ เพื่อน และน้องทุกท่าน ที่ได้ให้กำลังใจและคำปรึกษาที่ดี ตลอดระยะเวลาที่ดำเนินงานวิจัยโครงการพิเศษนี้จนเป็นผลสำเร็จ

ศิวาภรณ์ ศิริวัฒน์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# สารบัญ

## หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ช
สารบัญรูป	ญ
<b>บทที่ 1 บทนำ</b>	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของงานวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย	2
1.3 ขอบเขตของงานวิจัย	2
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีในการดำเนินงาน	2
1.4.1 แผนการดำเนินงาน	2
1.4.2 ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
<b>บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง</b>	4
2.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสง	4
2.2 แสงอินฟราเรด	6
2.2.1 การค้นพบแสงอินฟราเรด	6
2.2.2 การแบ่งแสงอินฟราเรด	6
2.2.3 การประยุกต์ใช้งานอินฟราเรด	7
2.3 แหล่งกำเนิดแสง	8
2.3.1 แสงแดด (Sunlight)	8
2.3.2 แสงหลอดไส้ทังสเตน (Tungsten light)	8
2.3.3 แสงหลอดฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent light)	9
2.3.4 แสงหลอดไฟไล่ยุง	10
2.3.5 ไดโอดเปล่งแสง (light-emitting diode)	10
2.4 กล้องถ่ายรูป	10
2.4.1 หลักการทำงานของกล้อง	11
2.4.2 กลไกการทำงานของ	11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ (ต่อ)

### หน้า

2.4.3 ขนาดของเซนเซอร์รับแสงและคุณภาพของภาพ	12
2.4.4 ชนิดของเซนเซอร์รับแสง	13
2.4.5 ช่องรับแสง	14
2.4.6 ความไวแสง (ISO)	15
2.5 การประยุกต์เข้ากับนิติวิทยาศาสตร์	15
2.5.1 ความหมายและความสำคัญของนิติวิทยาศาสตร์	15
2.5.2 การถ่ายภาพกับนิติวิทยาศาสตร์	16
2.5.3 การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพอินฟราเรดกับนิติวิทยาศาสตร์	16
2.6 อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี	16
<b>บทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย</b>	19
3.1 การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการดัดแปลงกล้อง DSLR เพื่อให้ ถ่ายภาพได้ภายใต้แสงอินฟราเรด	19
3.1.1 ขั้นตอนการดัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	20
3.2 ออกแบบการทดลอง	22
3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง	23
3.4 วิธีการทดลอง	26
3.4.1 การทดลองตอนที่ 1 การหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง ชนิดต่างๆ	26
3.4.2 การทดลองตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายภาพ ด้วยแสงในย่านอินฟราเรดระหว่างกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบ อินฟราเรด และกล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดตั้งฟิลเตอร์อินฟราเรดพาส	26
3.4.3 การทดลองตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อน แสงอินฟราเรดของกาแฟที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยการ ถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	26
3.4.4 การทดลองตอนที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อน แสงอินฟราเรดของเลือดทั้ง 4 หมู่เลือด โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	26
3.4.5 การทดลองตอนที่ 5 การศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบ เลือด คราบน้ำแดง คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน โดยการ ถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ภายใต้	27

## สารบัญ (ต่อ)

หน้า

แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ	
3.4.6 การทดลองตอนที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน บนพื้นห้อง โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	27
<b>บทที่ 4 ผลการวิจัยและอภิปรายผล</b>	28
4.1 การหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ	28
4.2 ผลการทดลองตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายภาพด้วยแสงในย่านอินฟราเรดระหว่างกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด และกล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรดพาส	31
4.3 ผลการทดลองตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของกาแฟที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	35
4.4 ผลการทดลองตอนที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของเลือดทั้ง 4 หมูเลือด โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	37
4.5 ผลการทดลองตอนที่ 5 การศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบน้ำแดง คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ	47
4.6 ผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน บนพื้นห้อง โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	63
<b>บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ</b>	69
5.1 สรุปผลการทดลอง	69
5.2 ข้อเสนอแนะ	70
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	
<b>ภาคผนวก</b>	

## สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1.4	ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน	3
2.1	การแบ่งช่วงความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรดตามมาตรฐาน ISO 20473	7
4.1.1	ผลการหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ	31
4.2.1	แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดบนผ้าสีขาวและดำ ที่ถูกถ่ายโดยกล้อง ตัดแปลงอินฟราเรด	31
4.2.2	แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดบนผ้าสีขาวและดำ ที่ถูกถ่ายโดยกล้อง ปกติพร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรด	33
4.2.3	สรุปผลการทดลองตอนที่ 2	34
4.3.1	แสดงผลการเปรียบเทียบคราบกาแฟ ตามอัตราส่วนที่ต่างกัน (กาแฟ:น้ำ) ภายใต้แสงอินฟราเรด	35
4.3.2	สรุปผลการทดลองตอนที่ 3	36
4.4.1	แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)	37
4.4.2	แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	37
4.4.3	แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Cotton 100%	38
4.4.4	แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%	38
4.4.5	แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)	39
4.4.6	แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	39
4.4.7	แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Cotton 100%	40
4.4.8	แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%	40
4.4.9	แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)	41
4.4.10	แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	41
4.4.11	แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Cotton 100%	42
4.4.12	แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%	42
4.4.13	แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)	43
4.4.14	แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	43
4.4.15	แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Cotton 100%	44
4.4.16	แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%	44
4.4.17	สรุปผลการทดลองตอนที่ 4 การมองเห็นคราบเลือด โดยถ่ายภาพด้วย กล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรด	45

## สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
4.4.18	46
สรุปลผลการทดลองตอนที่ 4 การมองเห็นคราบเลือด โดยถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	
4.5.1	47
แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดปกติบนผ้าสีขาวและดำภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	
4.5.2	50
แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดโลหิตจางบนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	
4.5.3	53
แสดงการเปรียบเทียบคราบโอวัลติน บนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	
4.5.4	56
แสดงการเปรียบเทียบคราบกาแฟบนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดยกล้อง DSLR ดัดแปลงอินฟราเรด	
4.5.5	59
แสดงการเปรียบเทียบคราบน้ำตาลแดงบนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดยกล้อง DSLR ดัดแปลงอินฟราเรด	
4.5.6	62
สรุปลผลการทดลองตอนที่ 5	
4.6.1	63
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดที่เป็นเลือดจาง ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.2	64
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดปกติ ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.3	64
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบกาแฟ ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.4	65
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.5	65
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบกาแฟผสมโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.6	66
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดผสมกาแฟ ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.7	66
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดผสมโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.8	67
แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดผสมกาแฟและโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด	
4.6.9	67
สรุปลผลการทดลองตอนที่ 6	

## สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า	5
2.2 เซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล ผู้ค้นพบแสงอินฟราเรด	6
2.3 สเปกตรัมของแสงอินฟราเรด	7
2.4 สเปกตรัมของแสงอาทิตย์	8
2.5 สเปกตรัมของหลอดไส้ทั้งสแตน	9
2.6 สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด Cool White	9
2.7 ชั้นส่วนสำคัญของกล้อง DSLR	10
2.8 เส้นทางเดินของแสงภายในกล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว	11
2.9 ขนาดของเซ็นเซอร์รับภาพ	12
2.10 ส่วนประกอบของเซนเซอร์รับแสงชนิด CCD	13
2.11 เซนเซอร์รับแสงชนิด CCD	13
2.12 เซนเซอร์รับแสงชนิด CMOS	14
2.13 ความกว้างของรูรับแสงขนาดต่างๆ	14
2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวแสงกับสภาพแสง	15
2.15 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS แบบลำแสงเดี่ยว, แบบลำแสงคู่	17
3.1 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	19
3.2 โครงสร้างองค์ประกอบภายในตัวกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	20
3.3 (ก) แสดงขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	20
3.3 (ข) แสดงขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	21
3.4 ขั้นตอนการเปลี่ยนเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D	21
3.5 แสดงเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR	22
3.6 กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด	23
3.7 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D	24
3.8 หลอดไส้ทั้งสแตน	24
3.9 หลอดไฟไต้ยุง	25
3.10 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	25
3.11 ขาตั้งกล้อง Manfrotto-MT190	25

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญ

เนื่องจากในปัจจุบันมีปัญหาทางด้านอาชญากรรมมากมาย การจะค้นหาตัวผู้กระทำความผิดที่แท้จริงมาเพื่อเข้าสู่กระบวนการสืบสวนสอบสวนและกระบวนการยุติธรรมจึงจำเป็นต้องมีการรวบรวมพยานหลักฐานทั้งในและนอกที่เกิดเหตุเพื่อใช้พิสูจน์ตัวผู้กระทำความผิดอย่างชัดเจนและถูกต้องตามหลักการทางวิทยาศาสตร์ จึงจำเป็นต้องนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเครื่องมือมาผสมผสานกับหลักการทางนิติวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดความยุติธรรมแก่ทั้งสองฝ่าย

ในการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานที่พบในที่เกิดเหตุซึ่งอาจมีจำนวนพยานหลักฐานที่พบภายในที่เกิดเหตุเป็นจำนวนมากจึงทำให้ต้องใช้ทรัพยากรในการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานเป็นจำนวนมากมหาศาล ทั้งทรัพยากรบุคคล ทรัพยากรเวลาและทุนทรัพย์ อีกทั้งพยานหลักฐานบางส่วนอาจไม่มีความเกี่ยวข้องกับรูปคดีแต่ถูกจัดเก็บเป็นพยานหลักฐานเนื่องจากมีลักษณะที่มองด้วยตาเปล่าคล้ายคลึงกับพยานหลักฐานที่ต้องการจึงทำให้เกิดการเสียทรัพยากรดังกล่าวข้างต้นอย่างสูญเปล่า ดังนั้นเทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงอินฟราเรดจึงเข้ามามีส่วนสำคัญในการพิสูจน์ทราบเบื้องต้นในทางนิติวิทยาศาสตร์

เทคนิคการถ่ายภาพด้วยแสงอินฟราเรดเป็นเทคนิคหนึ่งที่สามารถช่วยแยกแยะพยานหลักฐานได้ในเบื้องต้น โดยอาศัยหลักการดูดกลืนและสะท้อนแสงในย่านรังสีได้แดงหรือในย่านอินฟราเรดของสารทางชีวภาพ เช่น คราบเลือด คราบน้ำลาย สารคัดหลั่งจากร่างกาย เป็นต้น โดยสารชีวภาพดังกล่าวจะมีคุณสมบัติในการดูดกลืนหรือสะท้อนแสงแตกต่างจากสารอื่นๆซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกันหากมองด้วยแสงในย่านที่ตามองเห็น เทคนิคดังกล่าวจึงมีส่วนสำคัญในการช่วยลดการสูญเสียทรัพยากรบุคคล เวลาและทุนทรัพย์ในการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานและมีส่วนช่วยให้การตรวจพิสูจน์หลักฐานมีความรวดเร็วซึ่งมีผลต่อรูปคดีและต่อจิตใจของผู้บริสุทธิ์ที่เกี่ยวข้อง

## 1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาการทำงานของกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด
2. เพื่อศึกษาการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด
3. เพื่อศึกษาการดูดกลืนและสะท้อนของแสงอินฟราเรดของสารชีวภาพที่มีมากพบในกระบวนการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐาน
4. เพื่อตรวจสอบและเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างคราบเลือดและคราบอื่นๆที่มีลักษณะซึ่งปรากฏภายในแสงขาวใกล้เคียงกัน

## 1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรดของกล้องถ่ายภาพดิจิทัล DSLR แบบดัดแปลงอินฟราเรด กับการใช้ฟิลเตอร์อินฟราเรด
2. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการดูดกลืนแสงอินฟราเรดของคราบเลือดและคราบอื่นที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่ใกล้เคียงกับคราบเลือด
3. เพื่อศึกษาและเปรียบเทียบการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือดและคราบอื่นที่มีคุณสมบัติหรือลักษณะที่ใกล้เคียงกับคราบเลือด

## 1.4 ขั้นตอนการวิจัยและวิธีดำเนินงาน

1. แผนการดำเนินงาน สามารถแบ่งเป็นขั้นตอนต่างๆได้ดังต่อไปนี้
 

ขั้นตอนที่ 1	เสนองานวิจัย
ขั้นตอนที่ 2	ศึกษารายละเอียด ทฤษฎี และข้อมูลต่างๆที่เกี่ยวข้องกับการงานวิจัย
ขั้นตอนที่ 3	ตั้งสมมติฐาน และเตรียมการทดลอง
ขั้นตอนที่ 4	ทำการทดลองและประเมินผลการทดลอง
ขั้นตอนที่ 5	ปรับปรุงการทดลองในส่วนที่ผิดพลาด
ขั้นตอนที่ 6	สรุปการทำวิจัย และแนวทางในการพัฒนาต่อไปในอนาคต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2. ระยะเวลาที่ใช้ในการดำเนินการแต่ละขั้นตอน

เดือน ลำดับ	ส.ค.	ก.ย.	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.
ขั้นตอน 1	■											
ขั้นตอน 2	■	■										
ขั้นตอน 3			■	■	■							
ขั้นตอน 4					■	■	■	■	■			
ขั้นตอน 5							■	■	■	■		
ขั้นตอน 6										■	■	■

## 1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. เพิ่มพูนความรู้และทักษะเกี่ยวกับการใช้กล้องถ่ายภาพดิจิทัล DSLR และกล้องถ่ายภาพดิจิทัล DSLR แบบตัดแปลงอินฟราเรด
2. เพิ่มพูนความรู้และทักษะเกี่ยวกับกระบวนการตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานทางด้านนิติวิทยาศาสตร์
3. เพิ่มพูนความรู้เกี่ยวกับคุณสมบัติการดูดกลืนและสะท้อนแสงในย่านอินฟราเรดของสารชีวภาพ
4. ต่อยอดงานวิจัยเพื่อช่วยลดขั้นตอนแก่ผู้เชี่ยวชาญในงานตรวจพิสูจน์ให้สามารถนำไปใช้ประโยชน์ในการตรวจพิสูจน์ทางด้านนิติวิทยาศาสตร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

# ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในบทนี้จะกล่าวถึงทฤษฎีต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้องดิจิทัล สท้อนภาพเลนส์เดี่ยว ชนิดดัดแปลงแบบอินฟราเรด คือ ความรู้เบื้องต้นทางแสงและการมองเห็น แสงในย่านรังสีใต้แดง กล้องถ่ายภาพดิจิทัลสท้อนภาพเลนส์เดี่ยว และกระบวนการทางนิติวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะเป็นทฤษฎีที่เกี่ยวข้องในงานวิจัย

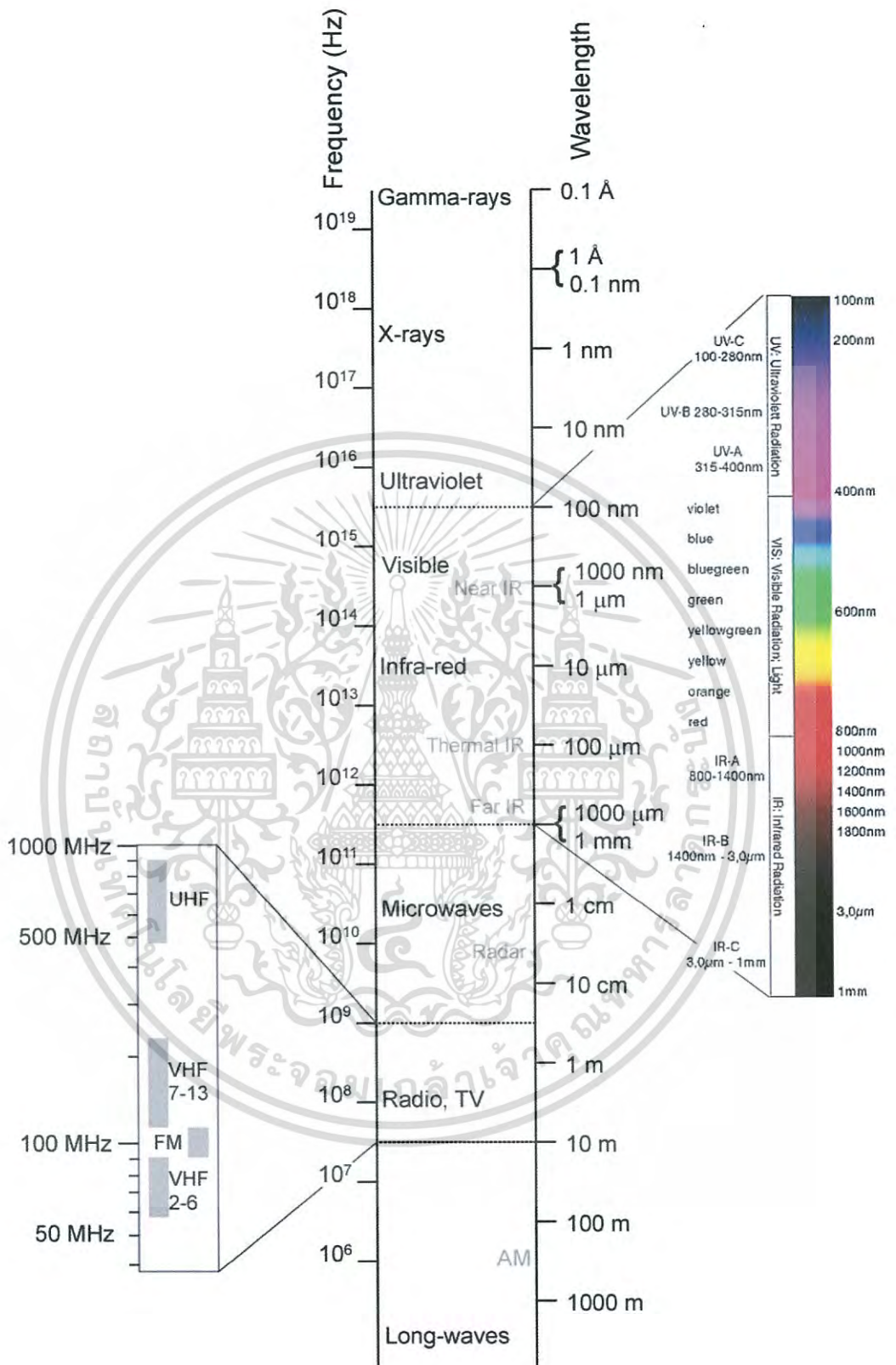
### 2.1 ความรู้เบื้องต้นทางแสงและการมองเห็น

แสง (Visible Light) คือ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านหนึ่งซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในย่านที่ดวงตาของมนุษย์สามารถมองเห็นได้ มีความยาวคลื่น ( $\lambda$ ) อยู่ในย่าน 400 นาโนเมตร ถึง 700 นาโนเมตร มีความเร็ว ( $v$ ) ในสุญญากาศประมาณ  $3 \times 10^8$  เมตรต่อวินาที มีความถี่ ( $f$ ) อยู่ในย่าน 380 THz ถึง 789 THz โดยความเร็ว ความยาวคลื่นและความถี่ของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าสอดคล้องกับสมการ

$$v = f\lambda \quad (2.1)$$

นอกจากคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านดังกล่าวแล้ว ยังมีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในย่านอื่นๆ ที่สำคัญ เช่น ในย่านรังสีเหนือม่วงหรือย่านอัลตราไวโอเล็ต (Ultra-Violet) ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 10 นาโนเมตร ถึง 400 นาโนเมตร ในย่านรังสีใต้แดงหรือย่านอินฟราเรด (Infrared) ซึ่งมีความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 700 นาโนเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร เป็นต้น

การมองเห็นของมนุษย์เกิดจากการที่อนุภาคของแสงในย่านที่ตามองเห็นซึ่งสะท้อนออกจากวัตถุมาตกกระทบบนเซลล์รูปแท่ง (Rod cell) และเซลล์รูปกรวย (Cone cell) ในจอประสาทตา (Retina) ทำให้เกิดสัญญาณประสาทส่งผ่านไปยังสมองเพื่อประมวลผลเป็นภาพ จึงทำให้มนุษย์สามารถสังเกตเห็นรูปร่างและสีของวัตถุที่อยู่รอบตัวได้



รูปที่ 2.1 สเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า [24]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาค้นคว้าเท่านั้น เมื่อผู้ญาติเห็นว่าไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 แสงในย่านรังสีได้แดงหรือย่านอินฟราเรด

### 2.2.1 การค้นพบแสงในย่านรังสีได้แดงหรือย่านอินฟราเรด

เมื่อวันที่ 11 กุมภาพันธ์ ค.ศ. 1800 เซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล (Sir Frederick William Herschel) นักวิทยาศาสตร์และนักดาราศาสตร์ชาวอังกฤษ ได้ค้นพบแสงในย่านรังสีได้แดงหรือย่านอินฟราเรดจากการทดลองการวัดอุณหภูมิของแถบสีต่างๆที่เปล่งออกมาจากแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆพบว่าอุณหภูมิความร้อนจะเพิ่มขึ้นตามลำดับจากย่านสีม่วงและสูงสุดในย่านสีแดง และยังสามารถวัดอุณหภูมิของแสงที่เกินกว่าแสงในย่านสีแดงได้ ซึ่งแสงในย่านดังกล่าวจะมีอุณหภูมิที่สูงกว่าแสงในย่านอื่นๆ ซึ่งแสงในย่านดังกล่าวเรียกว่า “ย่านรังสีได้แดงหรือย่านอินฟราเรด (Infrared)”



รูปที่ 2.2 เซอร์เฟรเดอริก วิลเลียม เฮอร์เชล ผู้ค้นพบแสงอินฟราเรด [25]

### 2.2.2 การแบ่งแสงในย่านรังสีได้แดงหรือย่านอินฟราเรด

แสงในย่านอินฟราเรดจะมีความยาวคลื่นอยู่ในย่าน 700 นาโนเมตร ถึง 1 มิลลิเมตร หรือเริ่มต้นตั้งแต่ย่านสีแดงไปจนถึงย่านที่ตามองไม่เห็น ซึ่งช่วงความยาวคลื่นดังกล่าวจะสอดคล้องกับความถี่ในย่าน 430 THz ถึง 300 GHz

องค์การมาตรฐานระหว่างประเทศหรือ ไอ เอส โอ (ISO : International Organization for Standardization) ได้ประกาศมาตรฐานไว้ที่ ISO 20473 โดยระบุให้แบ่งแสงในย่านอินฟราเรดออกเป็น 3 ช่วง ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 การแบ่งช่วงความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรดตามมาตรฐาน ISO 20473

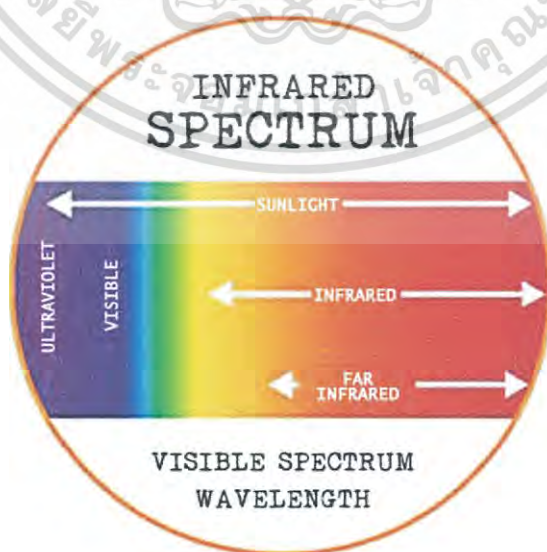
Designation	Abbreviation	Wavelength
Near-Infrared	NIR	0.78-3 $\mu m$
Mid-Infrared	MIR	3-50 $\mu m$
Far-Infrared	FIR	50-1,000 $\mu m$

### 2.2.3 การประยุกต์ใช้งานแสงในย่านอินฟราเรด

2.2.3.1 อินฟราเรดช่วงใกล้ (Near-Infrared) หรือ NIR เป็นช่วงคลื่นที่มีความยาวน้อยของรังสีอินฟราเรด มีความยาวคลื่นประมาณ 0.7 ไมโครเมตรจนถึง 3 ไมโครเมตร อินฟราเรดในช่วงนี้มักจะประยุกต์ใช้ในงานถ่ายภาพรังสีความร้อน

2.2.3.2 อินฟราเรดช่วงกลาง (Mid-Infrared) หรือ MIR เป็นช่วงคลื่นที่มีความยาวปานกลางของคลื่นในย่านอินฟราเรด มีความยาวคลื่นประมาณ 3.0 ไมโครเมตรจนถึง 50 ไมโครเมตร อินฟราเรดในช่วงนี้มักประยุกต์ใช้กับระบบนำวิถีของจรวดขีปนาวุธ (Missile)

2.2.3.3 อินฟราเรดช่วงไกล (Far-Infrared) หรือ FIR เป็นช่วงคลื่นที่มีความยาวมากของคลื่นในอินฟราเรด มีความยาวคลื่นตั้งแต่ 50 ไมโครเมตรขึ้นไป คลื่นที่มีความยาวคลื่นในช่วงดังกล่าวจะมีพลังงานความร้อนไม่มากนักจึงนิยมใช้ในการบำบัดผู้ป่วย เช่น อาการปวดเมื่อยเรื้อรัง และผู้ป่วยด้วยโรคความดันโลหิต รวมถึงการควบคุมน้ำหนัก เป็นต้น



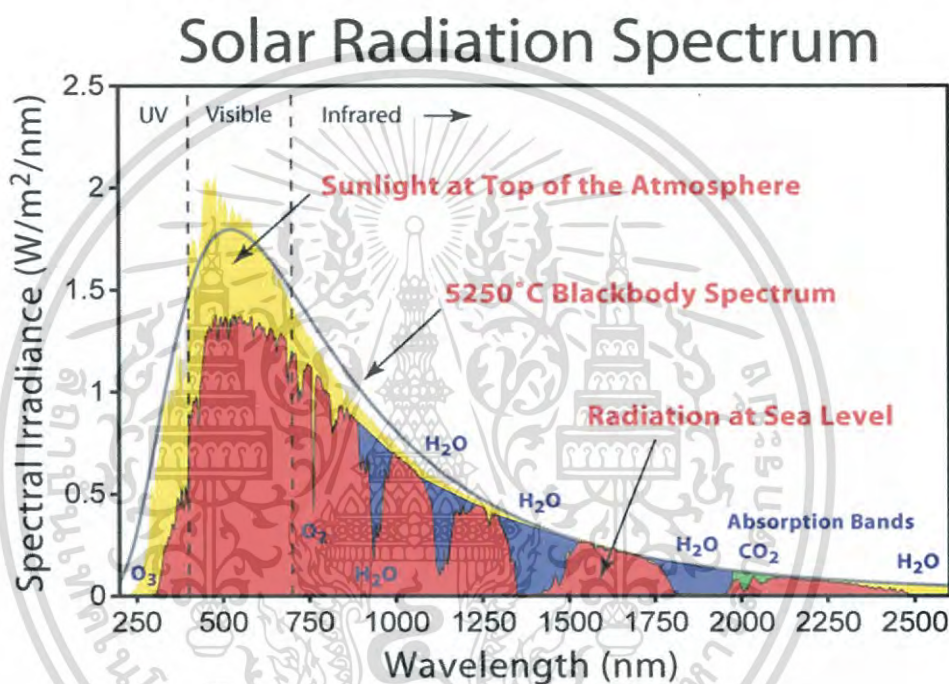
รูปที่ 2.3 สเปกตรัมของแสงอินฟราเรด [26]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเฉพาะเท่านั้น เมื่อผู้จัดทำนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.3 แหล่งกำเนิดแสง

### 2.3.1 แสงแดด (Sunlight)

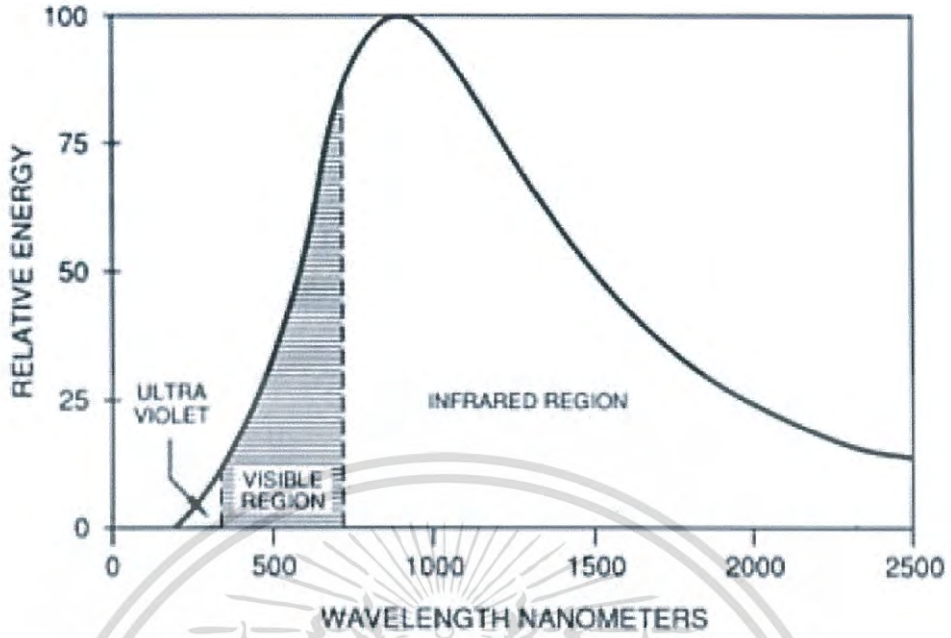
ดวงอาทิตย์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงในย่านอินฟราเรดที่มีความเข้มสูง แต่เนื่องจากการกำเนิดแสงจากปฏิกิริยานิวเคลียร์บนดวงอาทิตย์สามารถคาดเดาได้ยาก อีกทั้งสภาพบรรยากาศบนโลกสามารถก่อให้เกิดความเปลี่ยนแปลงต่อความเข้มของแสงในย่านอินฟราเรดได้ การถ่ายภาพด้วยแสงในย่านอินฟราเรดที่ดีที่สุดควรจะถ่ายบริเวณกลางแจ้ง



รูปที่ 2.4 สเปกตรัมของแสงอาทิตย์ [27]

### 2.3.2 แสงหลอดไส้ทั้งสแตน (Tungsten light)

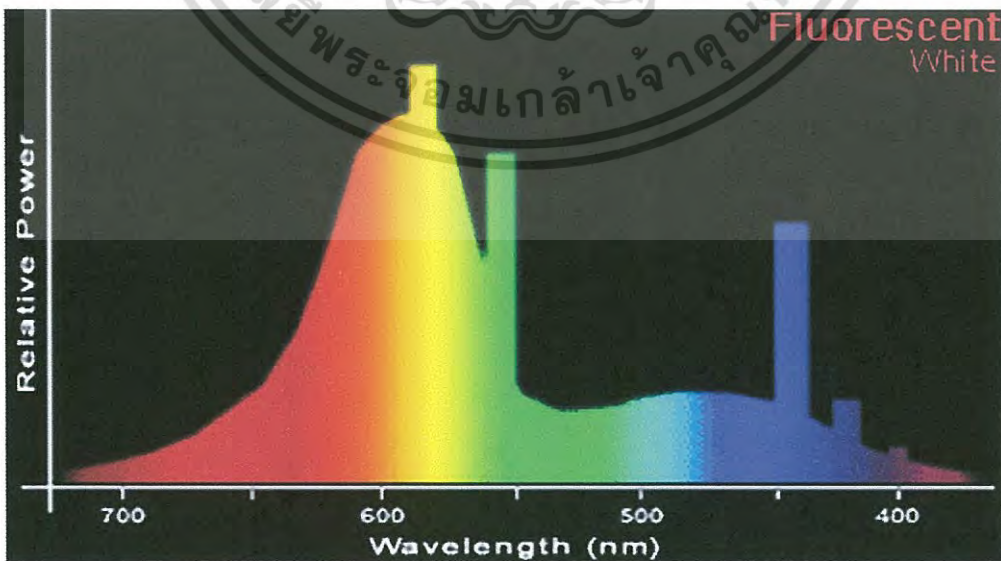
หลอดไส้ทั้งสแตนเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ให้แสงในย่านอินฟราเรดมากกว่าแสงในย่านที่ตามองเห็น โดยแสงที่กำเนิดจากแหล่งกำเนิดแสงชนิดนี้จะเป็นแสงในย่านอินฟราเรดถึง 99% และเป็นแสงในย่านที่ตามองเห็นเพียง 1%



รูปที่ 2.5 สเปกตรัมของหลอดไส้ฟิงสแตน

### 2.3.3 แสงหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ (Fluorescent light)

หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์เป็นแหล่งกำเนิดแสงที่ถูกออกแบบมาเพื่อลดการใช้พลังงานและลดความร้อนเป็นพิเศษ จึงทำให้หลอดไฟชนิดดังกล่าวมีการปลดปล่อยแสงในย่านอินฟราเรดออกมาได้น้อยกว่าหลอดไฟชนิดอื่นๆ



รูปที่ 2.6 สเปกตรัมหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ ชนิด White [21]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สร้างขึ้นภายใต้โครงการแข่งขันเพื่อชิงถ้วยพระราชทานฯ เมื่อผู้ผู้เห็นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

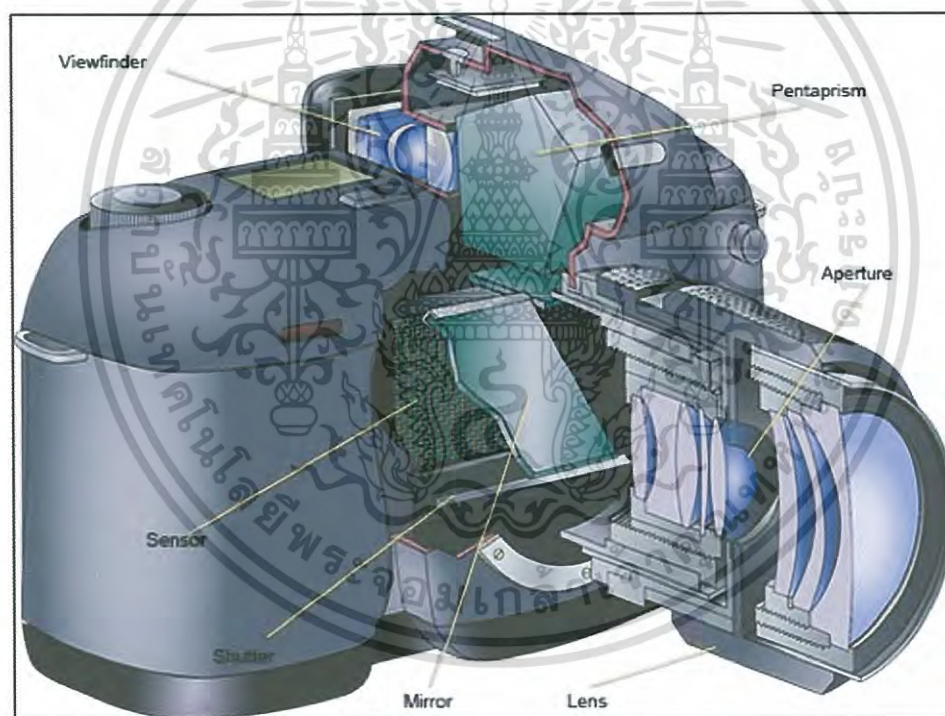
### 2.3.4 แสงหลอดไฟไล่ยุง (Bug Lite)

หลอดไฟไล่ยุงเป็นแหล่งกำเนิดแสงที่มีสีเหลืองนวล มีการเคลือบสารชนิดพิเศษที่มีคุณสมบัติช่วยดูดกลืนแสงในย่านอินฟราเรด ทำให้แหล่งกำเนิดแสงชนิดนี้ให้เพียงแสงในย่านที่ตามองเห็นและแสงในย่านอินฟราเรด ซึ่งแมลงไม่ชอบแสงในย่านดังกล่าวเนื่องจากดวงตาของแมลงอ่อนไหวต่อแสงในย่านดังกล่าว

### 2.3.5 ไดโอดเปล่งแสง (Light Emitting Diode)

เป็นแหล่งกำเนิดแสงจากสารกึ่งตัวนำชนิดหนึ่งซึ่งสามารถออกแบบให้เปล่งแสงเพียงย่านความยาวคลื่นแคบๆตามที่ต้องการได้โดยการผสมองค์ประกอบทางเคมีของวัสดุสารกึ่งตัวนำ

## 2.4 กล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว



รูปที่ 2.7 ชิ้นส่วนสำคัญของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว [22]

กล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว หรือกล้องถ่ายภาพ DSLR จัดอยู่ในกลุ่มของทัศน-อุปกรณ์สามัญที่สุด ชิ้นส่วนพื้นฐานของกล้องถ่ายภาพ DSLR ประกอบไปด้วย เลนส์ตีบแสงเพื่อควบคุมแสงให้เดินทางไปยังเซนเซอร์รับแสง ชัตเตอร์เพื่อควบคุมช่วงเวลาแสงตกกระทบเซ็นเซอร์ เซนเซอร์รับแสงเพื่อบันทึกภาพ และระบบประมวลผลเพื่อสร้างภาพจากแสงที่ตกกระทบลงบน

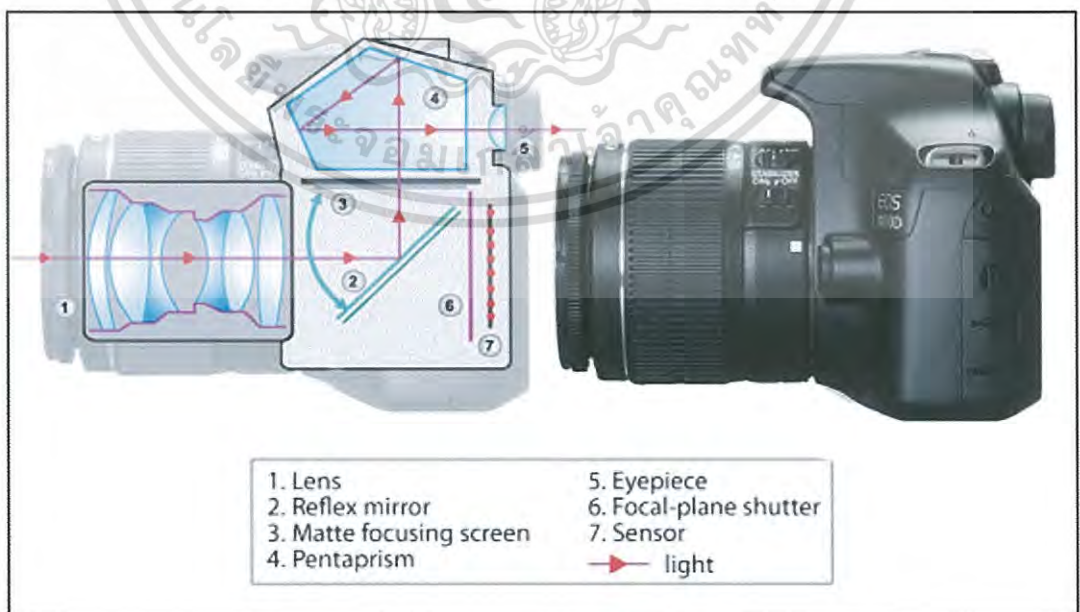
เอกเซนเซอร์รับแสงที่สวอนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 2.4.1 หลักการทำงานของกล้อง

หลักการทำงานของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวคล้ายคลึงกับหลักการทำงานของดวงตาของมนุษย์ คือ เมื่อแสงที่สะท้อนจากวัตถุมาตกกระทบดวงตา เซลล์ประสาทในดวงตาจะเปลี่ยนพลังงานแสงดังกล่าวเป็นสัญญาณประสาทส่งไปยังสมองเพื่อสร้างภาพของรูปทรงและสีที่ตามองเห็น แต่ในกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวหลังจากที่แสงเดินทางผ่านบริเวณกลุ่มเลนส์และตกลงบนเซนเซอร์รับภาพ พลังงานแสงจะถูกเปลี่ยนเป็นสัญญาณไฟฟ้าและถูกประมวลผลเพื่อสร้างเป็นภาพถ่ายด้วยระบบประมวลผล

### 2.4.2 กลไกการทำงาน

กลไกการทำงานของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวนั้นเริ่มขึ้นเมื่อมีแสงที่สะท้อนจากวัตถุเดินทางผ่านเลนส์ (Lens) ซึ่งทำหน้าที่รวบรวมแสงและโฟกัสลำแสงลงบนเซนเซอร์รับภาพ โดยแสงที่เดินทางผ่านเลนส์จะถูกควบคุมปริมาณความเข้มแสงได้โดยช่องรับแสง (Aperture) ซึ่งอยู่ภายในเลนส์เพื่อควบคุมความเข้มแสงให้เหมาะสมกับการถ่ายภาพ จากนั้นแสงดังกล่าวจะเดินทางเข้าสู่ตัวกล้องผ่านกระจกสะท้อน (Reflexion Mirror) ขึ้นสู่ปริซึม (Prism) และเข้าสู่ช่องมองภาพ (Viewfinder) เพื่อให้ผู้ใช้กล้องสามารถจัดองค์ประกอบของภาพได้ เมื่อผู้ใช้กดชัตเตอร์ (Shutter) ระบบภายในจะยกกระจกสะท้อนขึ้นเพื่อให้แสงเดินทางเข้าสู่เซนเซอร์รับภาพ (Image Sensor) โดยแสงที่เดินทางเข้าสู่เซนเซอร์รับภาพจะถูกควบคุมด้วยม่านชัตเตอร์ (Shutter) เพื่อควบคุมให้ความเข้มของแสงที่ตกลงบนเซนเซอร์รับภาพ จากนั้นเซนเซอร์รับภาพจะเปลี่ยนสัญญาณแสงเป็นสัญญาณไฟฟ้าและส่งต่อไปยังส่วนประมวลผลเพื่อประมวลข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบดิจิทัลเพื่อบันทึกลงบนหน่วยความจำต่อไป



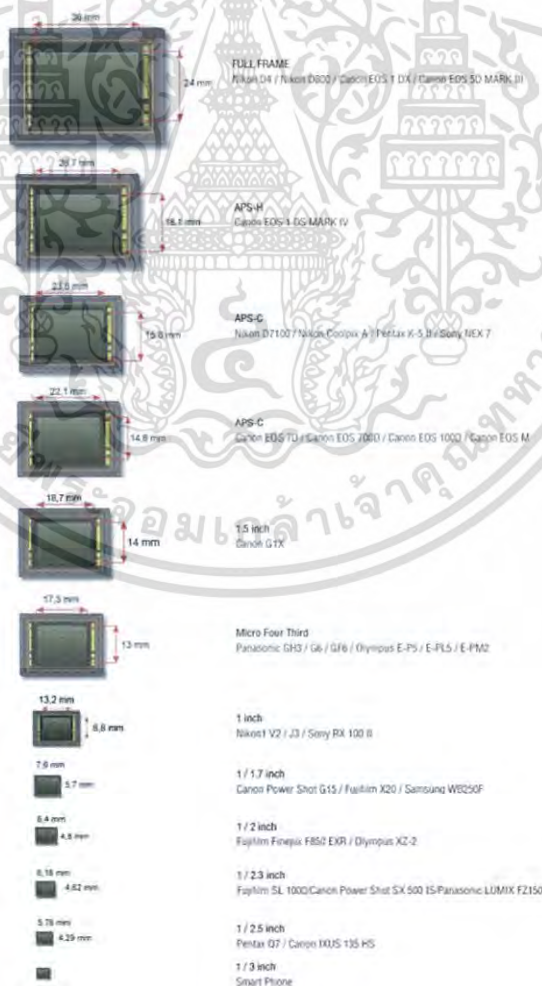
รูปที่ 2.8 เส้นทางเดินของแสงภายในกล้องดิจิทัลชนิดสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว [28]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี เมื่อผู้ใช้งานท่านใดมีการนำเอกสารนี้ไปใช้ในการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เส้นทางเดินของแสงภายในกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวจะแสดงได้ดังรูปที่ 2.10 โดยแสงจะเดินทางผ่านเลนส์ (1) และสะท้อนผ่านกระจกสะท้อนภาพ (2) และฉายลงบนแผ่นปรับโฟกัส (3) จากนั้นทำการลดขนาดของภาพผ่านเลนส์ลดขนาดภาพ (ขึ้นด้านบนติดกับส่วนที่ 3) และสะท้อนในปริซึมห้าเหลี่ยม ทำให้ภาพปรากฏที่ช่องมองภาพ (5) เมื่อกดปุ่ม ชัตเตอร์จะทำให้กระจกสะท้อนยกตัวขึ้นตามลูกศรขึ้นไปและช่องระนาบโฟกัส (6) เปิดออก และภาพฉายลงบนเซนเซอร์รับภาพ (7) เช่นเดียวกับที่ปรากฏบนระนาบโฟกัส

#### 2.4.3 ขนาดของเซนเซอร์รับภาพและคุณภาพของภาพถ่าย

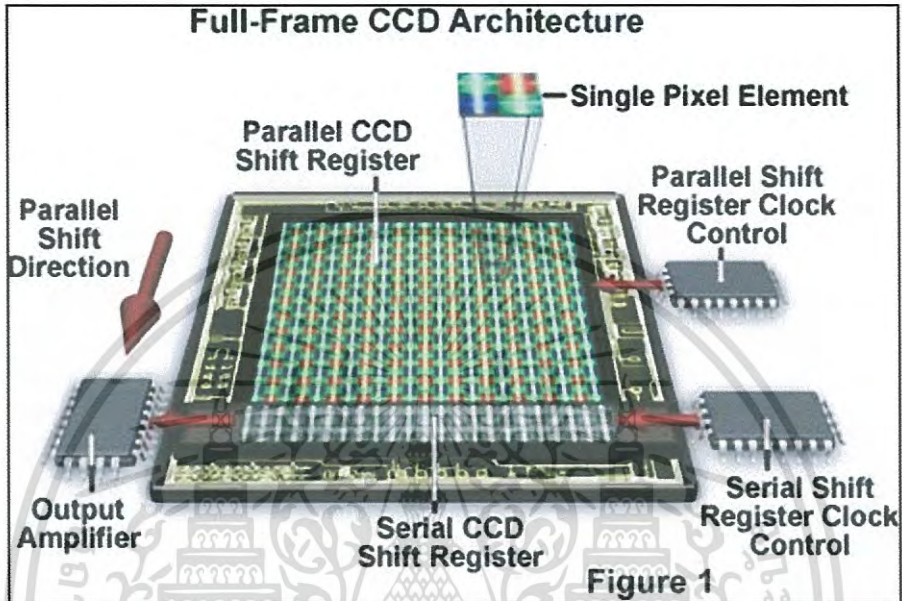
ขนาดของเซนเซอร์รับภาพภายในกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยวมีผลโดยตรงต่อคุณภาพของภาพถ่าย เมื่อเซ็นเซอร์รับภาพมีขนาดใหญ่จะทำให้มีความไวแสง (Sensitivity) ช่วงกว้างในการรับแสง (Dynamic Range) และสัญญาณรบกวน (Noise) ที่ปรากฏต่ำ เนื่องจากเซ็นเซอร์มีพื้นที่รับแสงมากขึ้น ในขณะที่เซ็นเซอร์ที่มีขนาดเล็กจะทำให้พื้นที่รับแสงของเซ็นเซอร์มีน้อยลงจึงเกิดสัญญาณรบกวนมากขึ้นและสามารถรับแสงได้ไม่เท่าเซ็นเซอร์ขนาดใหญ่



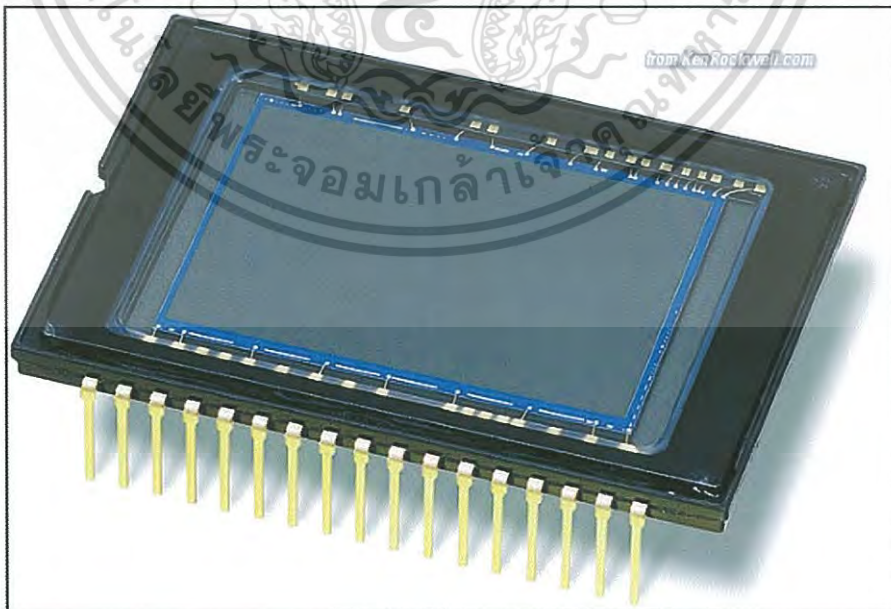
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการรูปที่ 2.9 ขนาดของเซ็นเซอร์รับภาพเท่านั้นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4 ชนิดของเซนเซอร์รับแสง โดยทั่วไปจะมีเซนเซอร์รับแสงที่นิยมใช้อยู่ 2 ชนิด คือ

2.4.4.1 CCD (Charge Coupled Device) เป็นเซนเซอร์รับภาพที่ให้ช่วงการรับแสงของแสงที่ดีและอ่อนไหวต่อสี แต่ข้อเสียของเซนเซอร์รับแสงชนิดนี้คือมีความสิ้นเปลืองพลังงานสูงและต้องมีระบบการแปลงสัญญาณที่ซับซ้อน



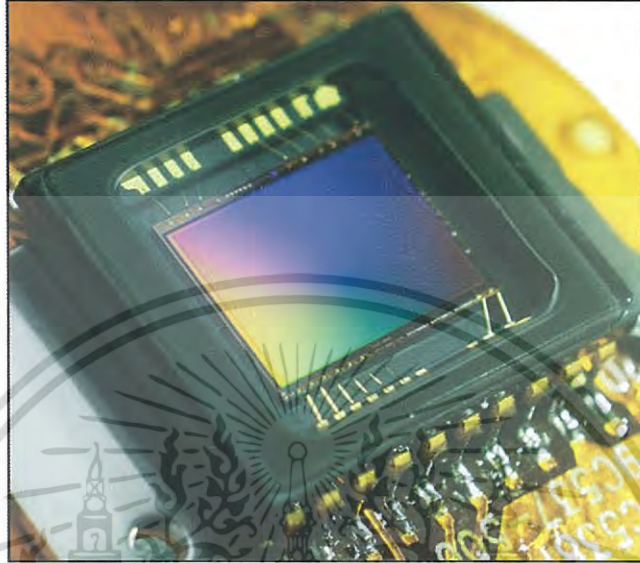
รูปที่ 2.10 ส่วนประกอบของเซนเซอร์รับแสงชนิด CCD [29]



รูปที่ 2.11 เซนเซอร์รับแสงชนิด CCD [30]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4.4.2 CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) เป็นเซนเซอร์รับภาพที่ได้รับความนิยมเป็นอย่างสูง เนื่องจากมีความรวดเร็วในการประมวลผลภาพและสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ ปัจจุบันสามารถพัฒนาให้มีความไวแสงสูงได้ง่าย



รูปที่ 2.12 เซนเซอร์รับแสงชนิด CMOS [31]

#### 2.4.5 ช่องรับแสง

ช่องรับแสง (Aperture) เป็นชิ้นส่วนที่อยู่ภายในเลนส์ของกล้องถ่ายภาพดิจิทัลสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว โดยช่องรับแสงสามารถปรับให้มีขนาดกว้างหรือแคบได้ ซึ่งจะมีผลทำให้แสงผ่านเข้ามาในเลนส์ได้มากหรือน้อยตามไปด้วย โดยขนาดความกว้างของช่องรับแสง (Aperture stop) จะถูกกำหนดเป็นค่าคงที่และถูกเรียกแทนว่า เอฟสตอป (f-stop) หรือ เอฟนัมเบอร์ (f-number) เพื่อสะดวกแก่การเรียกและการใช้งาน



Wide ← → Narrow

รูปที่ 2.13 ความกว้างของรูรับแสงขนาดต่างๆ [32]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลนส์แต่ละตัวจะมีค่ารูรับแสงกว้างสุดและแคบสุดไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับจุดประสงค์ในการออกแบบ เลนส์ที่มีขนาดรูรับแสงกว้างมากจะมีราคาสูงกว่าเมื่อเทียบกับเลนส์ที่มีขนาดความยาวโฟกัสเท่ากันแต่ค่ารูรับที่แสงกว้างสุดแคบกว่า เนื่องจากเลนส์ที่มีค่ารูรับแสงกว้างมากจำเป็นต้องใช้ชิ้นเลนส์ที่มีขนาดใหญ่ขึ้นจึงทำให้มีขนาดและน้ำหนักที่มากขึ้นตามไปด้วย

#### 2.4.6 ความไวแสง (ISO)

ค่าความไวแสง (ISO) คือ ค่าที่บ่งบอกว่าเซนเซอร์รับภาพมีความไวแสงในการรับแสงมากหรือน้อยเพียงใด หากค่าดังกล่าวมีค่ามากย่อมแสดงว่าเซนเซอร์รับภาพมีความสามารถที่จะรับแสงได้อย่างรวดเร็ว หากค่าดังกล่าวมีค่าน้อยย่อมแสดงว่าเซนเซอร์รับภาพมีความสามารถที่จะรับแสงได้ช้าหรือต้องใช้แสงที่มีความเข้มสูงมากพอสมควรในการทำให้เซนเซอร์สามารถรับแสงได้



รูปที่ 2.14 แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าความไวแสงกับสภาพแสง

## 2.5 การประยุกต์เข้ากับนิติวิทยาศาสตร์

### 2.5.1 ความหมายและความสำคัญของนิติวิทยาศาสตร์

นิติวิทยาศาสตร์ (Forensic Science) คือ กระบวนการในการตรวจสอบพยานหลักฐานเพื่อหาข้อเท็จจริงและให้ความยุติธรรมตามกระบวนการทางกฎหมาย กระบวนการตรวจพิสูจน์ดังกล่าวจึงจำเป็นต้องมีความถูกต้อง แม่นยำและเป็นที่ยอมรับได้ในระดับสากล การตรวจพิสูจน์พยานหลักฐานในทางนิติวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องประกอบไปด้วยกระบวนการในการตรวจสอบที่ถูกต้องแม่นยำและผู้ดำเนินการตรวจสอบที่มีความเชี่ยวชาญ

โดยทั่วไปการพิจารณาประเภทของพยานวัตถุและจุดประสงค์ในการตรวจพิสูจน์ สามารถแยกวิธีการออกได้ดังนี้

1. การตรวจโดยวิธีทางเคมี และชีววิทยา (Chemical and Biological Analysis)
2. การตรวจโดยการใช้วิธีทางกายภาพ (Physical Experiments)
3. การตรวจโดยใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ (Instrumental Analysis)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 การถ่ายภาพกับนิติวิทยาศาสตร์

การถ่ายภาพในงานด้านนิติวิทยาศาสตร์มีความจำเป็นเป็นอย่างยิ่ง ภาพถ่ายของสถานที่เกิดเหตุหรือวัตถุพยานที่ถูกบันทึกไว้จะมีส่วนสำคัญในกระบวนการพิจารณาคดีในชั้นศาลเพราะเป็นการบันทึกรายละเอียดเกี่ยวกับเหตุการณ์เกิดขึ้นบริเวณสถานที่แห่งหนึ่งๆซึ่งช่วยยืนยันเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้เป็นอย่างดี ภาพถ่ายจึงเป็นพยานหลักฐานที่สำคัญเป็นอย่างยิ่ง

การถ่ายภาพสถานที่เกิดเหตุโดย ทั่วๆไปมีอยู่ 3 ประเภท คือ

1. Locality เป็นการบันทึกภาพของพื้นที่บริเวณรอบๆสถานที่เกิดเหตุซึ่งเกี่ยวข้องกับสถานที่เกิดเหตุแต่ไม่ใช่สถานที่เกิดเหตุโดยตรง เช่น ถนนบริเวณที่เกิดเหตุ อาคารข้างเคียงสถานที่เกิดเหตุ เป็นต้น

2. Immediate ground เป็นการบันทึกภาพของพื้นที่บริเวณใกล้เคียงกับสถานที่เกิดเหตุ เช่น บริเวณบ้านที่เกิดเหตุ ห้องใกล้เคียงกับห้องที่เกิดเหตุ เป็นต้น

3. Detail of the scene เป็นการบันทึกภาพรายละเอียดของบริเวณพื้นที่ที่เกิดเหตุโดยละเอียดเพื่อใช้เป็นพยานหลักฐานในการประกอบการพิจารณาคดีความ

## 2.5.3 การประยุกต์ใช้การถ่ายภาพอินฟราเรดกับนิติวิทยาศาสตร์

การถ่ายภาพอินฟราเรดของเสียหรือสารคัดหลั่งทางชีวภาพจำพวก เลือด ปัสสาวะหรือคราบอสุจิ สามารถสังเกตเห็นความแตกต่างของภาพถ่ายได้แม้มองไม่เห็นด้วยตาเปล่า แต่ตัวอย่างข้างต้นนี้ต้องขึ้นอยู่กับความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างวัตถุกับสภาพแวดล้อม นักนิติวิทยาศาสตร์ใช้การถ่ายภาพอินฟราเรดเพื่อดูสิ่งๆที่อยู่ในที่เกิดเหตุที่ไม่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า พบว่าภาพถ่ายอินฟราเรดสามารถเห็นพวงกุญแจในกระเป๋าเสื้อ มองเห็นความแตกต่างของสีกางเกงยีนส์และสามารถมองเห็นได้ถึงความร้อนรอบๆจอกคอมพิวเตอร์ที่เพิ่งถูกปิดไปเมื่อไม่นาน

## 2.6 อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet-Visible spectroscopy)

การวิเคราะห์ด้วยวิธีการทางสเปกโทรสโกปี เป็นการวิเคราะห์โดยการวัดการดูดกลืนหรือส่องผ่านของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงในย่านความยาวคลื่นที่ต้องการ โดยอาศัยการเปรียบเทียบความเข้มของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าหรือแสงก่อนและหลังเดินทางผ่านตัวกลางที่กำลังพิจารณาเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้ากับคุณสมบัติการดูดกลืนหรือส่องผ่านของตัวกลาง

อัลตราไวโอเลตวิสิเบิลสเปกโทรสโกปี (Ultraviolet-Visible Spectroscopy) หรือ “UV-Vis” เป็นเครื่องมือในการวัดการดูดกลืนหรือส่องผ่านของแสงในย่านอัลตราไวโอเล็ต (UV) ที่มีความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร และแสงในย่านวิสิเบิล (Visible) ที่มีความยาวคลื่น 400-700 นาโนเมตร เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมตร ของสารตัวอย่างที่ต้องการศึกษาคุณสมบัติ โดยการเปรียบเทียบความเข้มของแสงก่อนและหลังเดินทางผ่านสารตัวอย่างที่ต้องการ โดยอาศัย “กฎของเบียร์และแลมเบิร์ต” (Beer-Lambert’s law) เพื่อวิเคราะห์คุณสมบัติในการดูดกลืนหรือส่องผ่านแสงในย่านต่างๆของสารตัวอย่าง

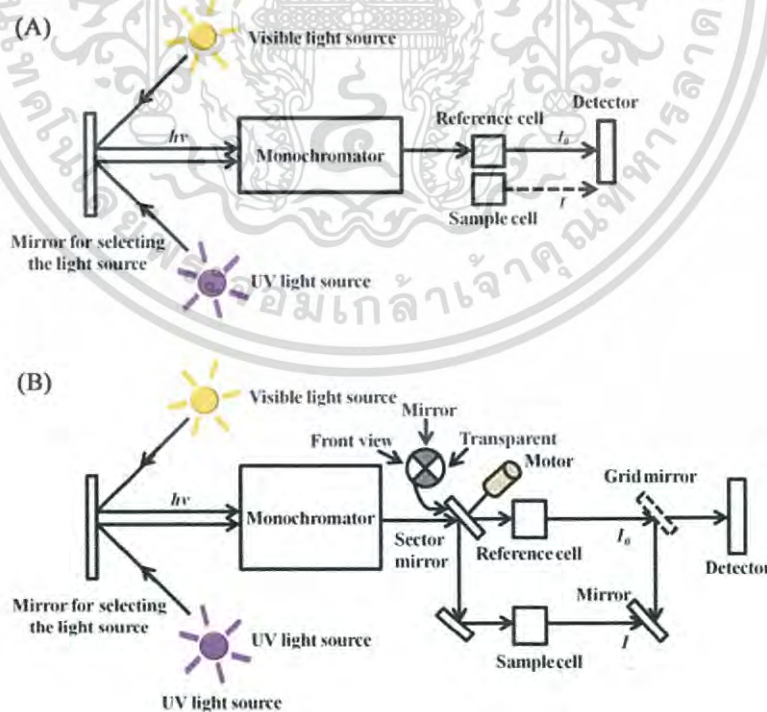
เครื่อง “UV-Vis” มีส่วนประกอบที่สำคัญๆ ดังนี้

1. แหล่งกำเนิดแสง (Light Source) ซึ่งให้แสงในย่านความยาวคลื่น 200-400 นาโนเมตร  
2. ตัวแยกความยาวคลื่นแสง (Monochromator) ซึ่งใช้ในการเลือกความยาวคลื่นของแสงให้มีเพียงความยาวคลื่นเดียว โดยทั่วไปนิยมใช้เกรตติงสะท้อน

3. ช่องบรรจุสารตัวอย่าง (Sample Container) ใช้บรรจุสารตัวอย่างให้มีขนาดและปริมาณที่ได้มาตรฐาน จำเป็นต้องใช้วัสดุที่ไม่ดูดกลืนแสงในย่านที่ใช้ทำการทดลอง

4. ตัวตรวจจับแสง (Detector) ใช้ตรวจวัดปริมาณความเข้มแสงที่ส่องผ่านจากสารตัวอย่าง

หลักการทำงานโดยสังเขปของเครื่อง “UV-Vis” คือ เมื่อแสงที่มีความยาวคลื่นแสงหลายค่าเดินทางออกจากแหล่งกำเนิดแสง จะถูกตัวแยกความยาวคลื่นแสงแยกออกให้เหลือเพียงแสงที่มีความยาวคลื่นเดียว หลังจากนั้นลำแสงดังกล่าวจะเดินทางผ่านตัวอย่างและตกลงบนตัวตรวจจับแสงเพื่อวัดค่าปริมาณความเข้มแสง ผลที่ได้จากกระบวนการนี้จะถูกพิจารณาในรูปของความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นกับเปอร์เซ็นต์การส่องผ่านแสง (Percent Transmission) หรือ ค่าการดูดกลืนแสง (Absorbed) ของสาร



รูปที่ 2.15 แสดงส่วนประกอบของเครื่อง UV-VIS (บน) แบบลำแสงเดี่ยว, (ล่าง) แบบลำแสง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อ [33] ษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยทั่วไปเครื่อง “UV-Vis” สามารถแบ่งแยกตามระบบทางเดินของแสงได้เป็น 2 ระบบ คือ

1.ระบบลำแสงเดี่ยว ซึ่งแสงจากแหล่งกำเนิดจะเดินทางผ่านตัวแยกความยาวคลื่นแสง ผ่านตัวอย่างและตกกระทบลงบนตัวตรวจจับแสง

2.ชนิดลำแสงคู่ ซึ่งแสงความยาวคลื่นเดียวที่เดินทางออกจากตัวแยกความยาวคลื่นแสงจะถูกแยกออกเป็น 2 ลำ เพื่อการเปรียบเทียบความเข้มแสงที่เดินทางผ่านและไม่ผ่านตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

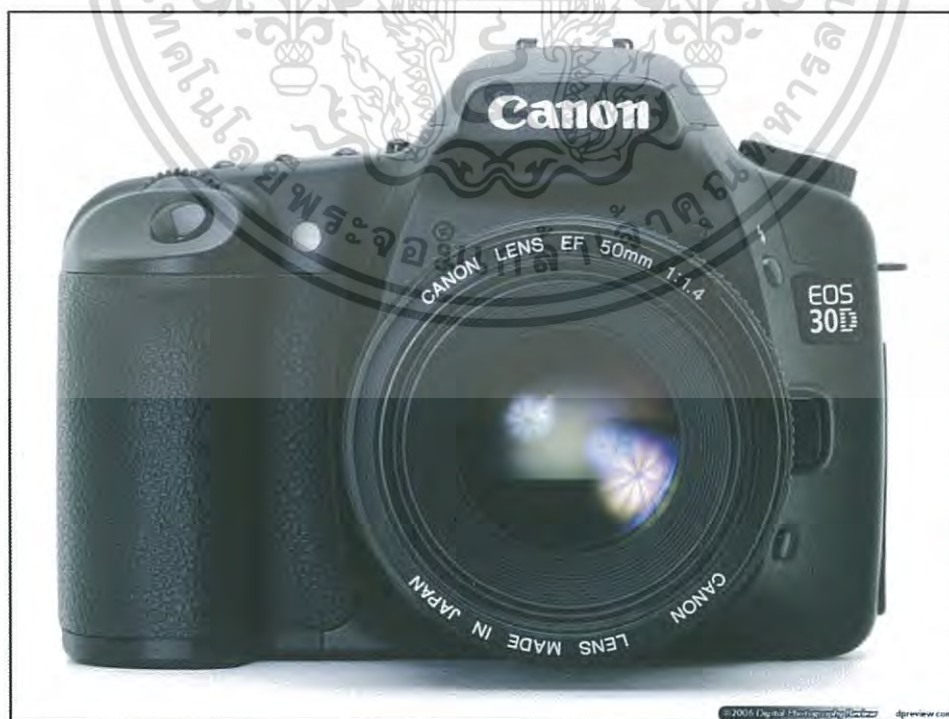
### วิธีการดำเนินงานวิจัย

การดำเนินงานวิจัยในการตรวจสอบวัตถุพยานโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด มีขั้นตอนการดำเนินงานดังต่อไปนี้

- ขั้นตอนที่ 1 การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการดัดแปลงกล้อง DSLR เพื่อให้ถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรดได้
  - ขั้นตอนที่ 2 ออกแบบการทดลองและการเก็บผลการทดลอง
  - ขั้นตอนที่ 3 ทำการทดลอง, วิเคราะห์และวิจารณ์ผลการทดลอง
- ซึ่งในแต่ละขั้นตอน มีรายละเอียดดังนี้

#### 3.1 การศึกษาข้อมูลทางเทคนิคเกี่ยวกับการดัดแปลงกล้อง DSLR เพื่อใช้ถ่ายภาพภายใต้แสงอินฟราเรด

ในขั้นตอนนี้จะเป็นการศึกษาการดัดแปลงกล้องสะท้อนภาพเลนส์เดี่ยว หรือกล้อง DSLR โดยในงานวิจัยขั้นนี้ได้ใช้กล้อง DSLR ยี่ห้อ Canon รุ่น 30D (รูปที่ 3.1) มาดัดแปลงเพื่อใช้ถ่ายภาพภายใต้แสงในย่านอินฟราเรด โดยการดัดแปลงดังกล่าวจะเป็นการดัดแปลงถาวรทำให้กล้องไม่สามารถถ่ายภาพแสงในย่านที่ตามองเห็นได้อีกต่อไป



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ โดยรูปที่ 3.1 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [15] นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



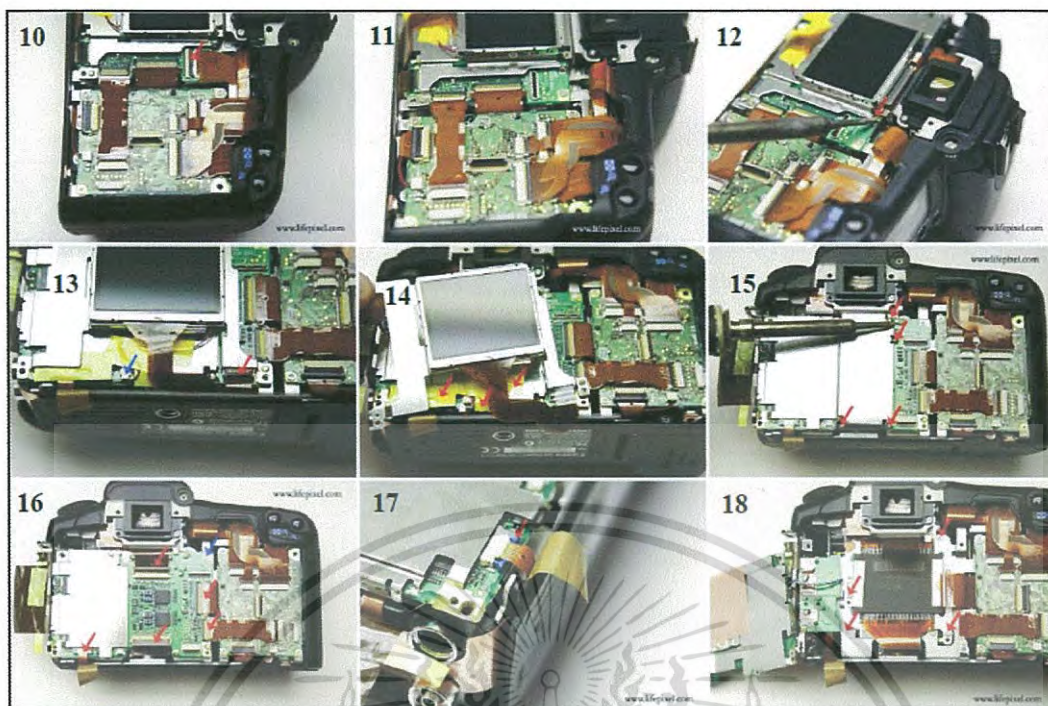
รูปที่ 3.2 โครงสร้างองค์ประกอบภายในตัวกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [15]

### 3.1.1 ขั้นตอนการตัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D - ขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง



รูปที่ 3.3 (ก) แสดงขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 (ข) แสดงขั้นตอนการเปิดโครงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [19]

- ขั้นตอนการเปลี่ยนเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR



รูปที่ 3.4 ขั้นตอนการเปลี่ยนเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D [19]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยการทำการเปลี่ยนฟิลเตอร์ซึ่งติดตั้งอยู่บริเวณด้านหน้าเซนเซอร์รับภาพของกล้องจากฟิลเตอร์ซึ่งสามารถรับแสงได้ในทุกย่านออก (The original hot mirror filter) และแทนที่ด้วยฟิลเตอร์รับแสงอินฟราเรด (Infrared filter) ที่จะรับแสงได้เฉพาะช่วงของอินฟราเรดเท่านั้น ดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.5 แสดงเซนเซอร์รับแสงของกล้อง DSLR (ซ้าย) ฟิลเตอร์รับแสงปกติ ซึ่งสามารถรับแสงได้ในทุกความยาวคลื่น (ขวา) ฟิลเตอร์รับแสงอินฟราเรด ซึ่งสามารถรับแสงในช่วงอินฟราเรดเท่านั้น [19]

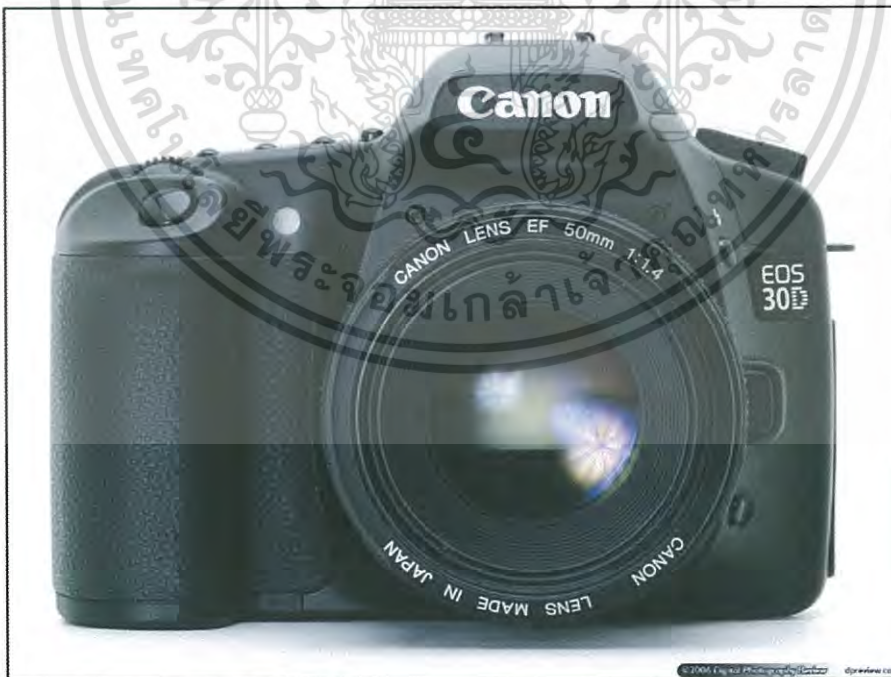
### 3.2 ออกแบบการทดลอง

ในงานวิจัยนี้จะใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ซึ่งได้ทำการดัดแปลงจาก หัวข้อที่ 3.1 เข้ามาช่วยในการตรวจสอบวัตถุพยาน โดยจะทำการตรวจพิสูจน์คราบเลือดเปรียบเทียบกับกล้อง DSLR แบบปกติ โดยทำการตรวจพิสูจน์คราบเลือดที่หยดลงบนกระดาษและผ้า ซึ่งจะใช้คราบเลือดและคราบอื่นๆที่มีลักษณะใกล้เคียงกันอีก 3 ชนิด ได้แก่ คราบโอวัลติน คราบไมโล และคราบน้ำหวานสีแดง เพื่อนำมาเปรียบเทียบการดูดกลืนและสะท้อนแสงในย่านอินฟราเรด โดยจะทำการแบ่งการทดลองออกเป็น 6 ตอน ดังนี้

- ตอนที่ 1      เปรียบเทียบการแผ่รังสีอินฟราเรดของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ
- ตอนที่ 2      เปรียบเทียบประสิทธิภาพของกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดกับกล้อง  
DSLR ปกติพร้อมติดตั้งฟิลเตอร์อินฟราเรด
- ตอนที่ 3      เปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของกาแฟที่ความเข้มข้น  
แตกต่างกัน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด
- ตอนที่ 4      เปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของเลือดทั้ง 4 หมู่เลือด  
โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด
- ตอนที่ 5      ศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบน้ำแดง คราบกาแฟ และ  
คราบโอวัลติน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล เอส แอล อาร์ ดัดแปลงแบบ  
อินฟราเรด ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ
- ตอนที่ 6      ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบกาแฟ  
และคราบโอวัลติน บนพื้นห้อง โดยการถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิตอล เอส แอล อาร์  
ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

### 3.3 อุปกรณ์ที่ใช้ในการทดลอง

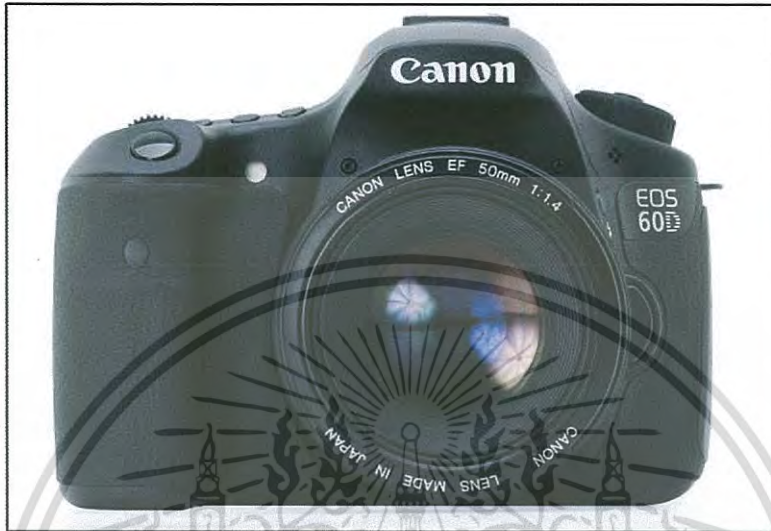
- 1) กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D ดัดแปลงแบบอินฟราเรด



รูปที่ 3.6 กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด [15]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2) กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D



รูปที่ 3.7 กล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D [16]

3) แหล่งกำเนิดแสง

- Fluorescent Lamp (Philips Energy saver 8w)
- Tungsten Lamp (Philips classic tone standard)
- Halogen Lamp (GE Halogen plus)
- LED Lamp (GE LED energy smart)
- Anti-insect Lamp (GE Buglite)



รูปที่ 3.8 หลอดไส้ทั้งสแตน [23]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.9 หลอดไฟโล่ง [18]



รูปที่ 3.10 หลอดไฟลูออเรสเซนต์ [10]

- 4) ขาดตั้งแหล่งกำเนิดแสง
- 5) ขาดตั้งกล้อง



รูปที่ 3.11 ขาดตั้งกล้อง Manfrotto-MT190 [34]

#### 6) สายลั่นชัตเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 7) ตัวอย่างเนื้อผ้า

- Black Cotton 66%, Polyester 34% (Uniqlo Short sleeve T-shirt)
- White Cotton 66%, Polyester 34% (Uniqlo Short sleeve T-shirt)
- Black Cotton 100% (Uniqlo Supima)
- Black Polyester 86%, Spandex 14% (Uniqlo AlRism)

## 8) ฟิลเตอร์อินฟราเรดพาส

## 3.4 วิธีการทดลอง

## 3.4.1 การทดลองตอนที่ 1 การหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

- 1) นำแหล่งกำเนิดแสงที่เตรียมไว้ไปตรวจ สอบหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิด โดยใช้เครื่องมือ UV-Visible Spectrometer ยี่ห้อ AVANTES รุ่น AvaSpec-EDU
- 2) เปรียบเทียบกราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความยาวคลื่นและความเข้มแสงของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

## 3.4.2 การทดลองตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายภาพด้วยแสงในย่านอินฟราเรดระหว่างกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด และกล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรดพาส

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ
- 2) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้องพร้อมอุปกรณ์ทั้งสองแบบ
- 3) เปรียบเทียบความแตกต่างที่ได้ เพื่อหาอุปกรณ์ที่มีประสิทธิภาพมากที่สุด

## 3.4.3 การทดลองตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของกาแพที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ
- 2) นำน้ำกาแพที่ความเข้มข้นต่างๆ หยดใส่ชิ้นผ้าตัวอย่าง
- 3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

## 3.4.4 การทดลองตอนที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของเลือดทั้ง 4 หมู่เลือด โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ
- 2) นำหมู่เลือดทั้ง 4 หมู่เลือด หยดใส่ชิ้นผ้าตัวอย่าง
- 3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**3.4.5 การทดลองตอนที่ 5 การศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบน้ำแดง คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ**

- 1) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ภายใต้แสงต่างๆ
  - แสงจากหลอดทั้งสแตน
  - แสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์
  - แสงจากหลอดไฟไต้ยุง
  - แสงจากหลอดแอล อี ดี
  - แสงจากหลอดฮาโลเจน

**3.4.6 การทดลองตอนที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน บนพื้นห้อง โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด**

- 1) กำหนดค่ามาตรฐานของกล้องถ่ายภาพ
- 2) หยดตัวอย่างลงที่พื้นห้อง
  - คราบเลือดของคนที่เป็นโลหิตจาง
  - คราบเลือดของคนปกติ
  - คราบกาแฟ
  - คราบโอวัลติน
  - คราบเลือดผสมกาแฟ
  - คราบเลือดผสมโอวัลติน
  - คราบเลือดผสมกาแฟ และโอวัลติน
- 3) ทำการถ่ายภาพโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ตามระยะเวลาที่กำหนด

## บทที่ 4

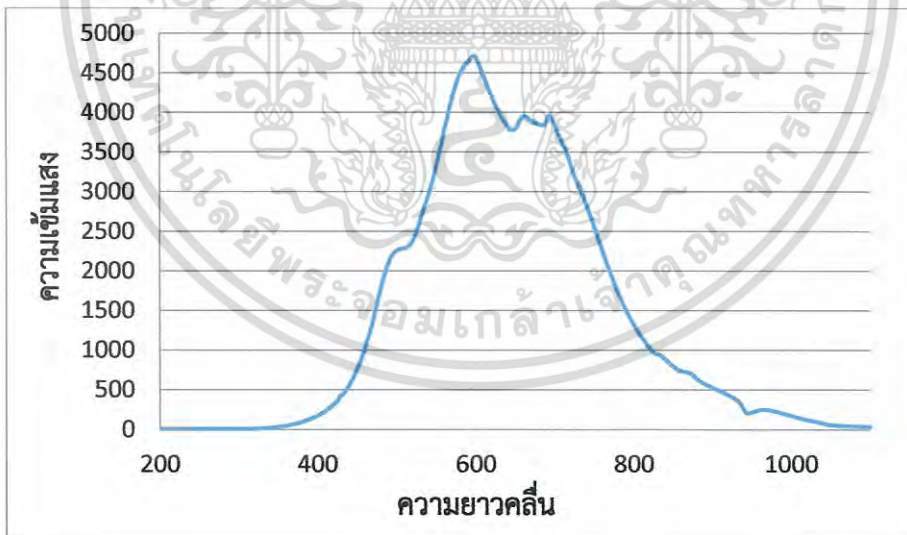
### ผลการวิจัยและอภิปรายผล

ในบทที่ 3 วิธีการดำเนินงานวิจัย ผู้ทำการทดลองได้ทำการดัดแปลงกล้อง DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 30D ให้มีความสามารถในการรับแสงได้เฉพาะในย่านความยาวคลื่นของแสงอินฟราเรดเท่านั้น ในการทดลองจะใช้กล้องที่ดัดแปลงดังกล่าวทำการถ่ายภาพและเปรียบเทียบกับภาพที่ได้จากการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ที่ไม่ได้ทำการดัดแปลง (DSLR ยี่ห้อ CANON รุ่น EOS 60D) ว่ามีความแตกต่างกันอย่างไร (หัวข้อที่ 4.2) แต่ก่อนเริ่มทำการทดลองตามที่ได้ออกแบบการทดลองนั้น ผู้ทำการทดลองได้ทำการทดสอบหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลอง ดังปรากฏในหัวข้อที่ 4.1

#### 4.1 การหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

ทำการทดสอบหาความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงแต่ละชนิด โดยการใช้เครื่องมือ UV-Visible Spectrometer ยี่ห้อ AVANTES รุ่น AvaSpec-EDU ซึ่งในการทดลองจะใช้แหล่งกำเนิดแสง 5 ชนิด ดังนี้

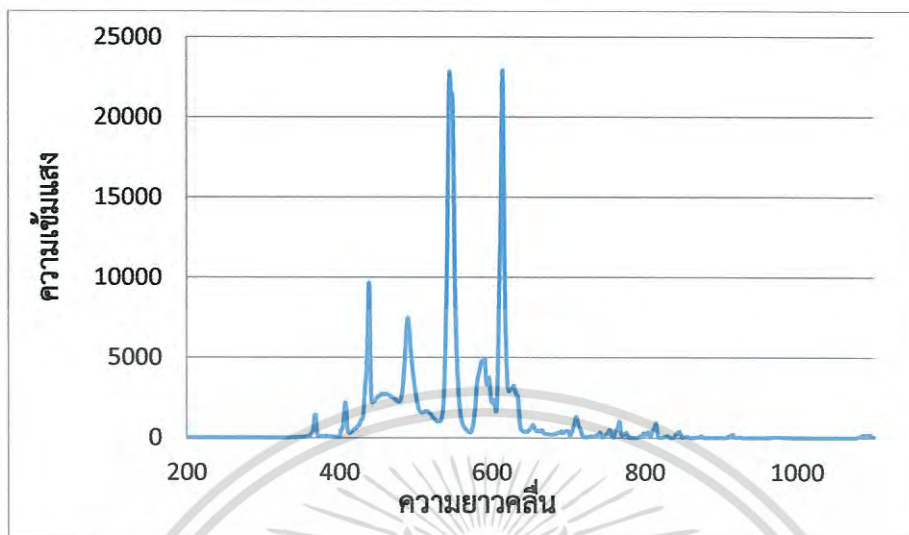
##### 4.1.1 หลอดไส้ทั้งสแตน



รูปที่ 4.1 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดไส้ทั้งสแตนที่ใช้ในการทดลอง

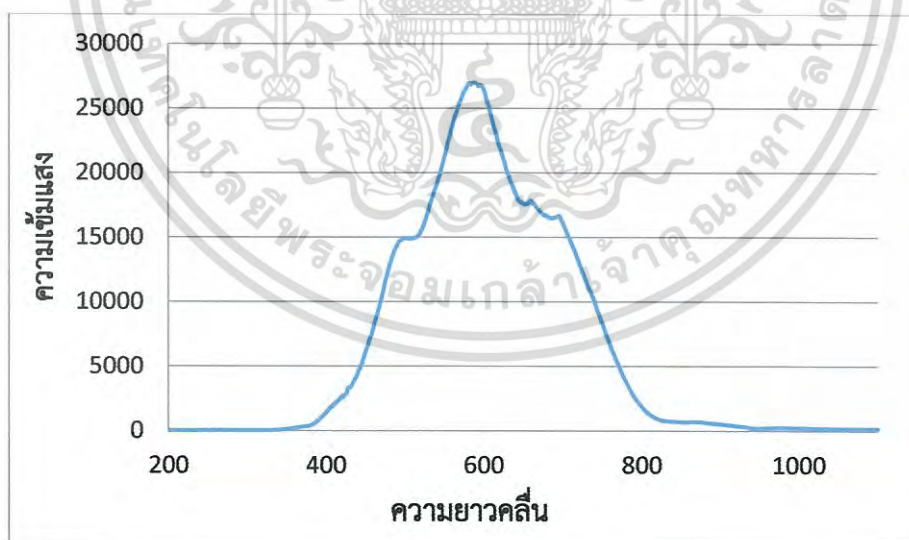
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.2 หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์



รูปที่ 4.2 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดไฟฟลูออเรสเซนต์ที่ใช้ในการทดลอง

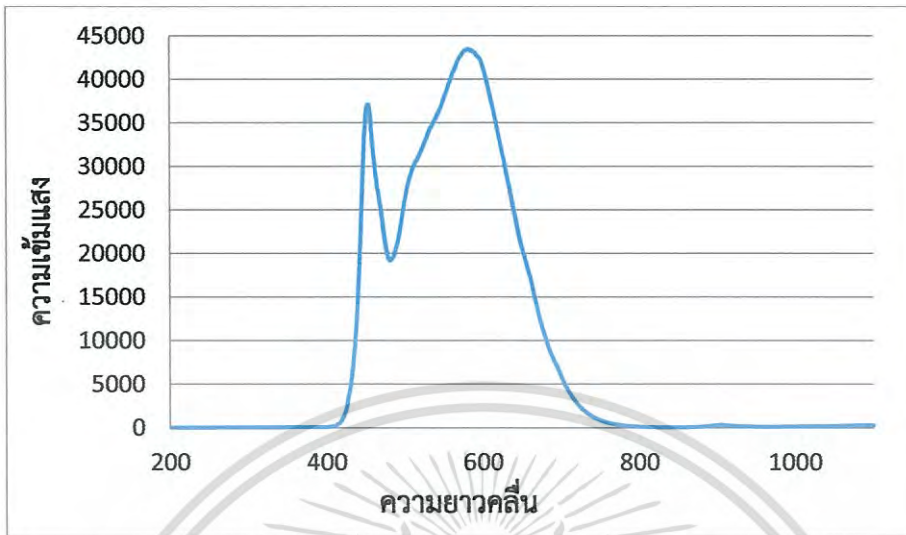
#### 4.1.3 หลอดไฟฮาโลเจน



รูปที่ 4.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดไฟฮาโลเจนที่ใช้

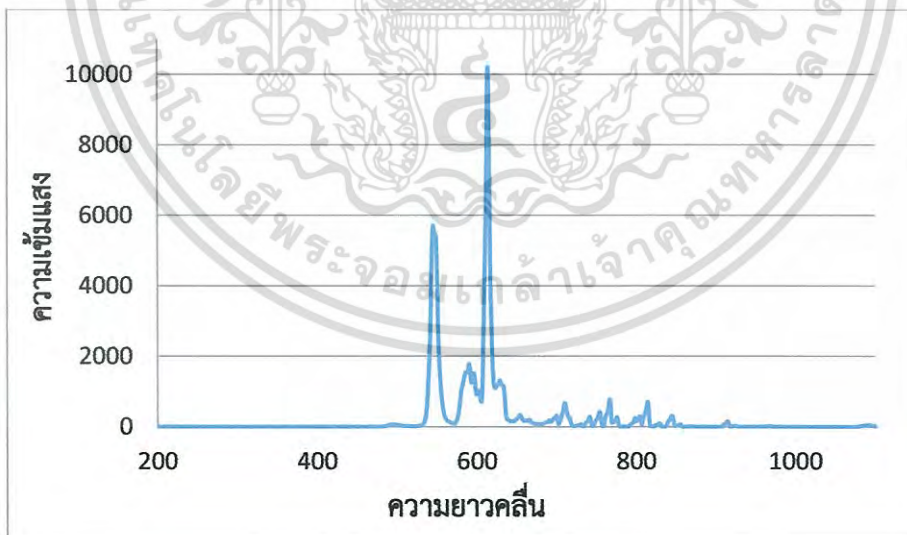
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.4 หลอดไฟ LED



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดไฟ LED ที่ใช้ในการทดลอง

#### 4.1.5 หลอดไฟไส้ยุง



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มแสงกับความยาวคลื่นของหลอดไฟไส้ยุงที่ใช้ในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.1.6 สรุปผลการทดลองตอนที่ 1

ตารางที่ 4.1.1 ผลการหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ

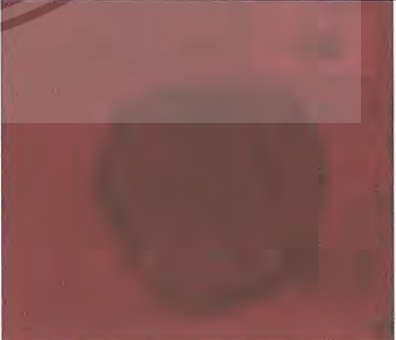
ชนิดของแหล่งกำเนิดแสง	ความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสง (นาโนเมตร)
หลอดไส้ทั้งสแตน	350-1100
หลอดฟลูออเรสเซนต์	360-1100
หลอดไฟฮาโลเจน	350-1050
หลอดไฟ LED	410-780
หลอดไฟไต้ยุง	485-1100

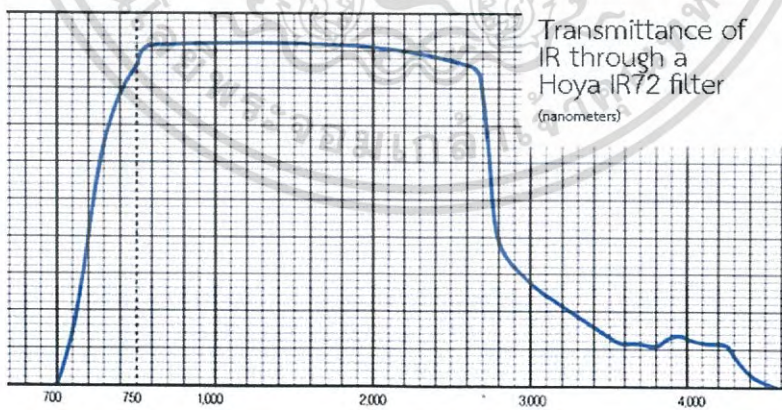
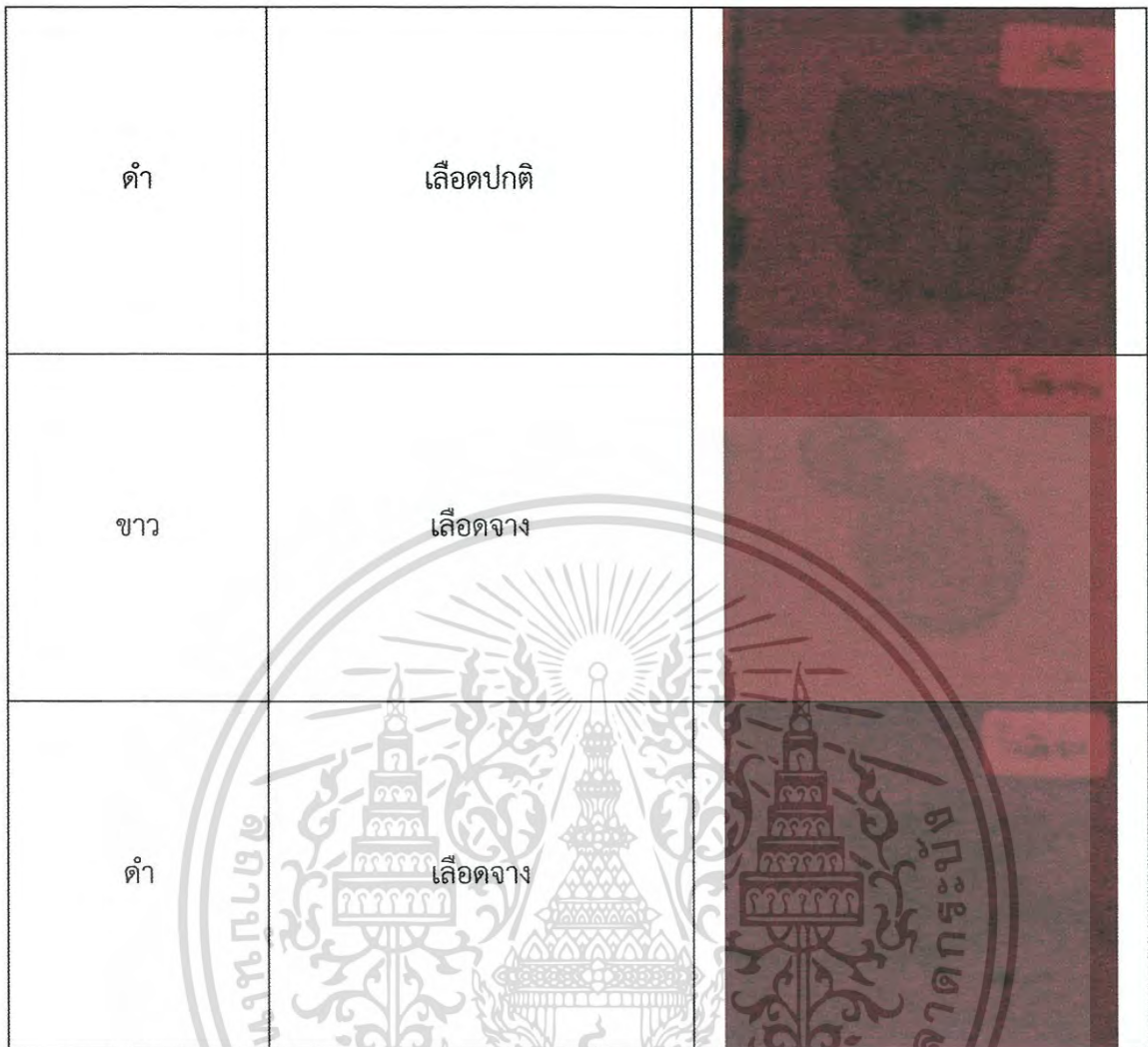
#### 4.1.7 อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 1

จากตารางที่ 4.1.1 ผลการทดลองการหาค่าความยาวคลื่นของแหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ สามารถสรุปได้ดัง หลอดไส้ทั้งสแตน หลอดฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟไต้ยุงให้แสงในย่านอินฟราเรดได้มากที่สุด คือ ตั้งแต่ย่าน 700-1100 นาโนเมตร หลอดไฟฮาโลเจนให้แสงในย่านอินฟราเรดได้รองลงมา คือ ตั้งแต่ย่าน 700-1050 นาโนเมตร และหลอดไฟ LED ให้แสงในย่านอินฟราเรดได้น้อยที่สุด คือ ในย่าน 700-780 นาโนเมตร

#### 4.2 ผลการทดลองตอนที่ 2 การเปรียบเทียบประสิทธิภาพในการถ่ายภาพด้วยแสงในย่านอินฟราเรดระหว่างกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด และกล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรดพาส

ตารางที่ 4.2.1 แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดบนผ้าสีขาวและดำ ที่ถูกถ่ายโดยกล้องดัดแปลงอินฟราเรด




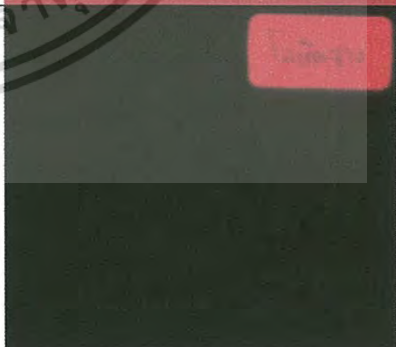
สีผ้า	ชื่อคราบ	ภาพถ่าย
ขาว	เลือดปกติ	



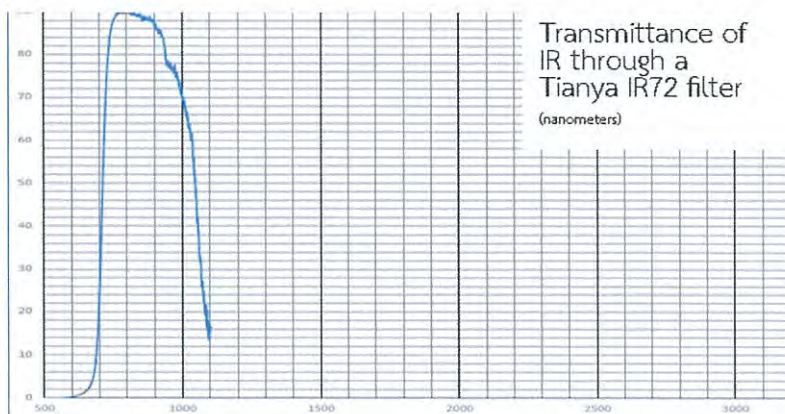
รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่องผ่านของแสงกับความยาวคลื่น ที่ใช้ในการทดลอง ของฟิลเตอร์ที่ติดอยู่กับกล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2.2 แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดบนผ้าสีขาวและดำ ที่ถูกถ่ายโดยกล้องปกติพร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรด

สีผ้า	ชื่อคราบ	ภาพถ่าย
ขาว	เลือดปกติ	
ดำ	เลือดปกติ	
ขาว	เลือดจาง	
ดำ	เลือดจาง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าการส่องผ่านของแสงกับความยาวคลื่น ที่ใช้ในการทดลอง ของฟิลเตอร์ที่นำมาติดด้านหน้าของเลนส์กล้อง

ตารางที่ 4.2.3 สรุปผลการทดลองตอนที่ 2

อุปกรณ์ที่ใช้	คราบเลือดปกติบนผ้าสีขาว	คราบเลือดปกติบนผ้าสีดำ	คราบเลือดจางบนผ้าสีขาว	คราบเลือดจางบนผ้าสีดำ
กล้องดิจิทัล เอสแอล อาร์ ตัดแปลงแบบอินฟราเรด	✓	✓	✓	✓
กล้องดิจิทัล เอสแอล อาร์ ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรด	✓	X	✓	X

- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ชัดเจน
- \* หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ แต่ไม่ชัดเจน
- X หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นคราบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.4 อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 2

จากการทดลองพบว่าคราบเลือดทั้งสองแบบที่สามารถมองเห็นได้ชัดเจนทั้งบนเนื้อผ้าสีขาวและสีดําจะปรากฏชัดเจนในส่วนของกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด เนื่องจากฟิลเตอร์อินฟราเรดที่ติดไว้กับเซ็นเซอร์รับแสงภายในตัวกล้องนั้นมีช่วงความยาวคลื่นที่ยอมให้แสงในย่านอินฟราเรดผ่านได้กว้างกว่าของฟิลเตอร์ที่ติดอยู่หน้าเลนส์กล้อง คือ ช่วงความยาวคลื่นที่ยอมให้แสงผ่านของฟิลเตอร์หน้าเซ็นเซอร์คือ ประมาณ 700 นาโนเมตร ถึง 4,500 นาโนเมตร และในส่วนของฟิลเตอร์หน้าเลนส์คือ ประมาณ 600 นาโนเมตร ถึง 1,100 นาโนเมตร ทำให้ภาพที่ถ่ายได้มีความแตกต่างกันซึ่งเห็นได้ชัดเจนว่ากล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดนั้น มีประสิทธิภาพในการถ่ายภาพอินฟราเรดมากกว่าการติดฟิลเตอร์หน้าเลนส์กล้อง

#### 4.3 ผลการทดลองตอนที่ 3 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของกาแฟที่ความเข้มข้นแตกต่างกัน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

ตารางที่ 4.3.1 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบกาแฟ ตามอัตราส่วนที่ต่างกัน (กาแฟ:น้ำ) ภายใต้แสงอินฟราเรด

อัตราส่วน	เวลาที่ผ่านไป 24 ชม.	เวลาที่ผ่านไป 48 ชม.	เวลาที่ผ่านไป 96 ชม.
5:20			
10:20			
15:20			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

20:20			
25:20			

ตารางที่ 4.3.2 สรุปผลการทดลองตอนที่ 3

อัตราส่วน	เวลาผ่านไป 24 ชม.	เวลาผ่านไป 48 ชม.	เวลาผ่านไป 96 ชม.
5:20	X	X	X
10:20	*	*	*
15:20	*	*	*
20:20	✓	✓	✓
25:20	✓	✓	✓

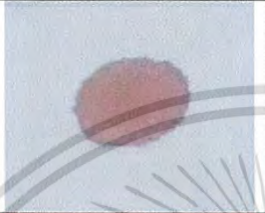
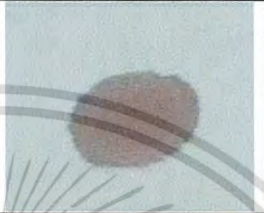

✓ หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ชัดเจน  
 \* หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ แต่ไม่ชัดเจน  
 X หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นคราบได้

#### 4.3.3 อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 3

ในการทดลองนี้เราได้ใช้ชิ้นผ้าที่เปื้อนด้วยคราบกาแฟในอัตราส่วนของกาแฟต่อน้ำที่แตกต่างกัน พบว่ายังมีอัตราส่วนของกาแฟต่อน้ำมากเท่าไรก็ยิ่งทำให้ภาพชัดเจนมากขึ้นเท่านั้น

#### 4.4 ผลการทดลองตอนที่ 4 การเปรียบเทียบความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของเลือดทั้ง 4 หมู่เลือด โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

ตารางที่ 4.4.1 แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขา)

เลือดหมู่ A บนเนื้อผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขา)	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ดัดแปลง อินฟราเรด				

ตารางที่ 4.4.2 แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)

เลือดหมู่ A บนเนื้อผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ดัดแปลง อินฟราเรด				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.3 แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Cotton 100%






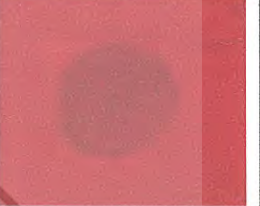
	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
เลือดหมู A บนเนื้อผ้า Cotton 100%	ปกติ			
	ตัดแปลง อินฟราเรด			

ตารางที่ 4.4.4 แสดงหมู่เลือด A บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%

	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
เลือดหมู A บนเนื้อผ้า Polyester 86% Spandex 14%	ปกติ			
	ตัดแปลง อินฟราเรด			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.5 แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขา)







เลือดหมู่ B บนเนื้อผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขา)	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ตัดแปลง อินฟราเรด				

ตารางที่ 4.4.6 แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)

เลือดหมู่ B บนเนื้อผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ตัดแปลง อินฟราเรด				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.7 แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Cotton 100%



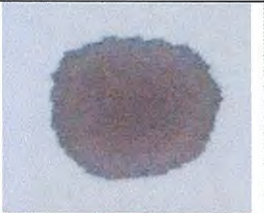



	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
เลือดหมู่ B บนเนื้อผ้า Cotton 100%	ปกติ			
	ตัดแปลง อินฟราเรด			

ตารางที่ 4.4.8 แสดงหมู่เลือด B บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%

	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
เลือดหมู่ B บนเนื้อผ้า Polyester 86% Spandex 14%	ปกติ			
	ตัดแปลง อินฟราเรด			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.9 แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)

เลือดหมู่ O บนเนื้อผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ตัดแปลง อินฟราเรด				

ตารางที่ 4.4.10 แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)

เลือดหมู่ O บนเนื้อผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ตัดแปลง อินฟราเรด				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.11 แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Cotton 100%





เลือดหมู่ O บนเนื้อผ้า Cotton 100%	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ดัดแปลง อินฟราเรด				

ตารางที่ 4.4.12 แสดงหมู่เลือด O บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%

เลือดหมู่ O บนเนื้อผ้า Polyester 86% Spandex 14%	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ดัดแปลง อินฟราเรด				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.13 แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีขาว)

เลือดหมู่ AB	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
บนเนื้อผ้า Cotton 66%	ปกติ			
Polyester 44% (สีขาว)	ตัดแปลง อินฟราเรด			

ตารางที่ 4.4.14 แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)

เลือดหมู่ AB	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
บนเนื้อผ้า Cotton 66%	ปกติ			
Polyester 44% (สีดำ)	ตัดแปลง อินฟราเรด			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.15 แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Cotton 100%

เลือดหมู่ AB บนเนื้อผ้า Cotton 100%	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ตัดแปลง อินฟราเรด				

ตารางที่ 4.4.16 แสดงหมู่เลือด AB บนผ้า Polyester 86% Spandex 14%

เลือดหมู่ AB บนเนื้อผ้า Polyester 86% Spandex 14%	ชนิดของ กล้อง	เวลาผ่านไป 10 นาที	เวลาผ่านไป 420 นาที	เวลาผ่านไป 840 นาที
	ปกติ			
ตัดแปลง อินฟราเรด				

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4.17 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4 การมองเห็นคราบเลือด โดยถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรด

หมู่เลือด	การมองเห็นคราบเลือด โดยถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ปกติ พร้อมติดฟิลเตอร์อินฟราเรด				
	เวลาที่ผ่านไป	Cotton 66% Polyester 44% (สีขา)	Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	Cotton 100%	Polyester 86% Spandex 14%
A	10 นาที	✓	X	X	X
	420 นาที	✓	X	X	X
	840 นาที	✓	X	X	X
B	10 นาที	✓	X	X	X
	420 นาที	✓	X	X	X
	840 นาที	✓	X	X	X
O	10 นาที	✓	X	X	X
	420 นาที	✓	X	X	X
	840 นาที	✓	X	X	X
AB	10 นาที	✓	X	X	X
	420 นาที	✓	X	X	X
	840 นาที	✓	X	X	X

- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ชัดเจน  
 \* หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ แต่ไม่ชัดเจน  
 X หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นคราบได้

ตารางที่ 4.4.18 สรุปผลการทดลองตอนที่ 4 การมองเห็นคราบเลือด โดยถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR  
ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

หมู่เลือด	การมองเห็นคราบเลือด โดยถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด				
	เวลาที่ผ่านไป	Cotton 66% Polyester 44% (สีขา)	Cotton 66% Polyester 44% (สีดำ)	Cotton 100%	Polyester 86% Spandex 14%
A	10 นาที	*	✓	✓	*
	420 นาที	✓	✓	✓	✓
	840 นาที	✓	✓	✓	✓
B	10 นาที	*	✓	✓	*
	420 นาที	✓	✓	✓	✓
	840 นาที	✓	✓	✓	✓
O	10 นาที	*	✓	✓	*
	420 นาที	✓	✓	✓	✓
	840 นาที	✓	✓	✓	✓
AB	10 นาที	*	✓	✓	*
	420 นาที	✓	✓	✓	✓
	840 นาที	✓	✓	✓	✓

- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ชัดเจน  
 \* หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ แต่ไม่ชัดเจน  
 X หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นคราบได้

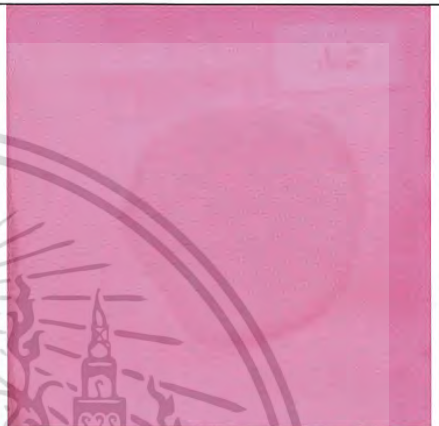
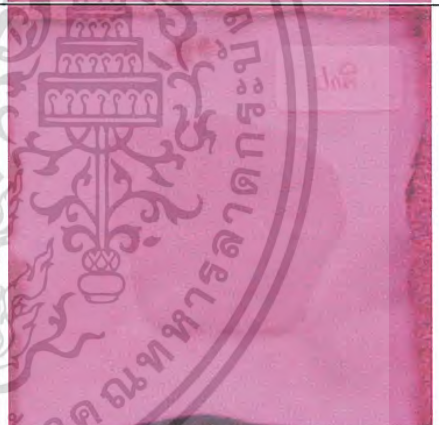
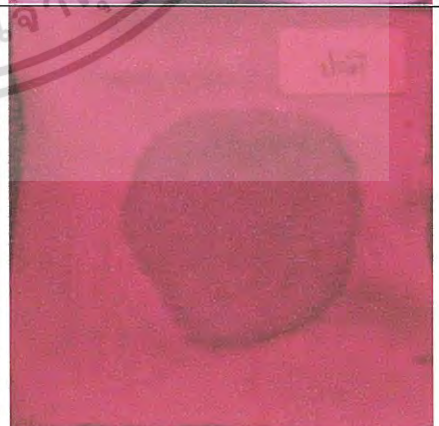
#### 4.4.19 อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 4

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบภาพถ่ายจากกล้อง DSLR ปกติ กับกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดพบว่า สามารถสังเกตเห็นคราบเลือดทั้ง 4 หมู่เลือด ซึ่งเป็นอยู่บนเนื้อผ้าทั้ง 3 ชนิด ได้จากกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด แต่เมื่อเปรียบเทียบกันระหว่างคราบเลือดหมู่โลหิตชนิดเดียวกันบนเนื้อผ้าที่มีสีคล้ายคลึงกันแต่ต่างชนิดกันปรากฏว่าได้ผลที่แตกต่างกันไป จึงสามารถสรุปได้ว่าชนิดของเส้นใยของผ้าและสีที่ใช้ย้อมเส้นใยของผ้ามีผลต่อการดูดกลืนและสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด

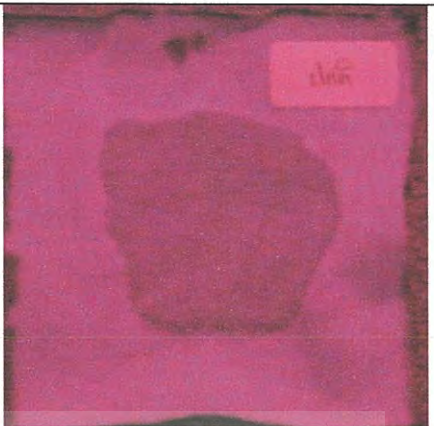



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.5 ผลการทดลองตอนที่ 5 การศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด คราบน้ำแดง คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ตัดแปลงแบบอินฟราเรด ภายใต้แหล่งกำเนิดแสงชนิดต่างๆ


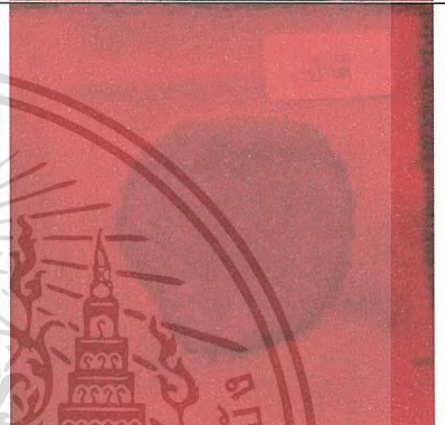
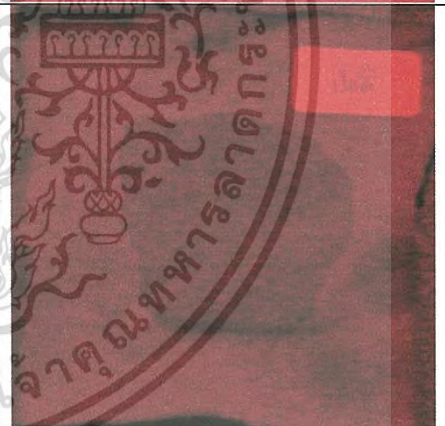
ตารางที่ 4.5.1 แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดปกติดบนผ้าสีขาวและดำภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดยกล้อง DSLR ตัดแปลงแบบอินฟราเรด

ชื่อคราบ	สีผ้า	ภายใต้แสง	ภาพถ่าย
เลือดปกติ	ขาว	หลอดไส้ทั้งสแตน	
เลือดปกติ	ดำ	หลอดไส้ทั้งสแตน	
เลือดปกติ	ขาว	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือดปกติ	ดำ	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	
เลือดปกติ	ขาว	หลอดไฟฮาโลเจน	
เลือดปกติ	ดำ	หลอดไฟฮาโลเจน	
เลือดปกติ	ขาว	หลอดไฟแอล อี ดี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

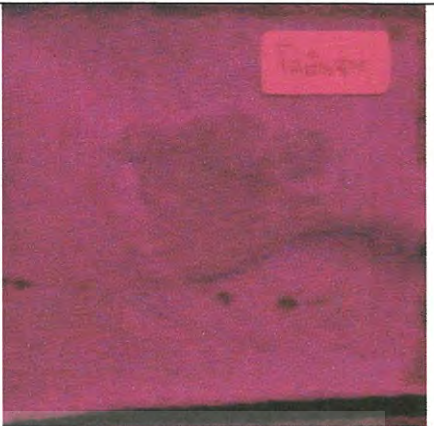



เลือดปกติ	ดำ	หลอดไฟแอล อี ดี	
เลือดปกติ	ขาว	หลอดไฟไต้ยุง	
เลือดปกติ	ดำ	หลอดไฟไต้ยุง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5.2 แสดงการเปรียบเทียบคราบเลือดโลหิตจางบนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆ ที่ถูก  
ถ่ายโดยกล้อง DSLR ตัดแปลงแบบอินฟราเรด

ชื่อคราบ	สีผ้า	ภายใต้แสง	ภาพถ่าย
เลือดโลหิตจาง	ขาว	หลอดไส้ทั้งสแตน	
เลือดโลหิตจาง	ดำ	หลอดไส้ทั้งสแตน	
เลือดโลหิตจาง	ขาว	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




เลือดโลหิตจาง	ดำ	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	
เลือดโลหิตจาง	ขาว	หลอดไฟฮาโลเจน	
เลือดโลหิตจาง	ดำ	หลอดไฟฮาโลเจน	
เลือดโลหิตจาง	ขาว	หลอดไฟแอล อี ดี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เลือดโลหิตจาง	ดำ	หลอดไฟแอล อี ดี	
เลือดโลหิตจาง	ขาว	หลอดไฟไต้ยุง	
เลือดโลหิตจาง	ดำ	หลอดไฟไต้ยุง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้


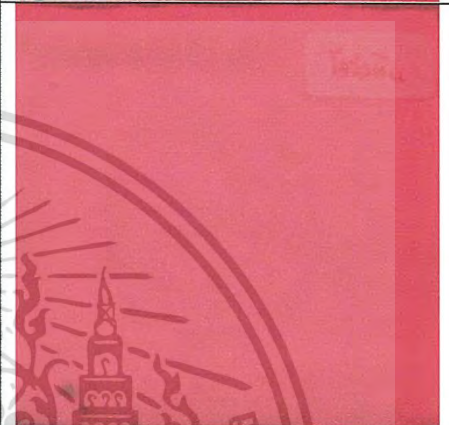
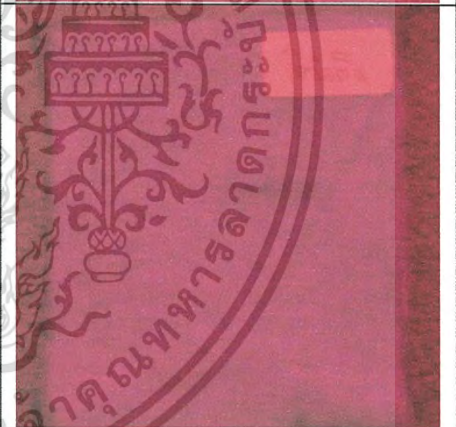
ตารางที่ 4.5.3 แสดงการเปรียบเทียบคราบโอวัลติน บนผ้าสีขาและดำ ภายใต้แสงต่างๆที่ถูกถ่ายโดย กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

ชื่อคราบ	สีผ้า	ภายใต้แสง	ภาพถ่าย
โอวัลติน	ขาว	หลอดไส้ทั้งสแตน	
โอวัลติน	ดำ	หลอดไส้ทั้งสแตน	
โอวัลติน	ขาว	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

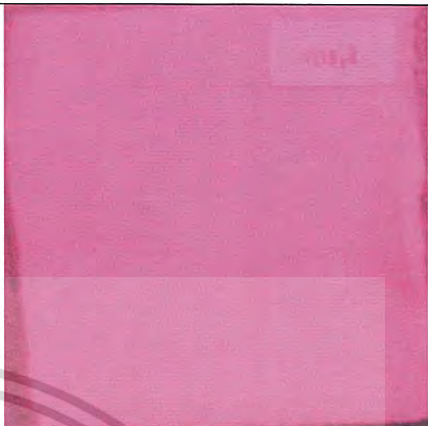

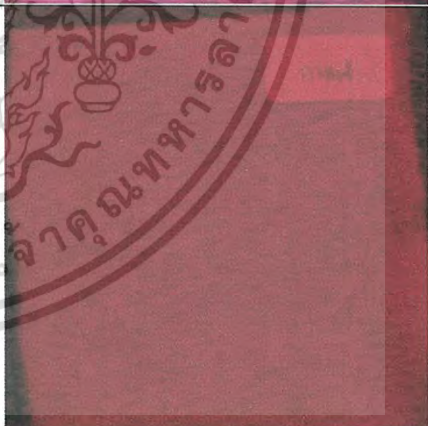
โอวัลติน	ดำ	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	
โอวัลติน	ขาว	หลอดไฟฮาโลเจน	
โอวัลติน	ดำ	หลอดไฟฮาโลเจน	
โอวัลติน	ขาว	หลอดไฟแอล อี ดี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โอวัลติน	ดำ	หลอดไฟแอล อี ดี	
โอวัลติน	ขาว	หลอดไฟไล่ยุง	
โอวัลติน	ดำ	หลอดไฟไล่ยุง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้




ตารางที่ 4.5.4 แสดงการเปรียบเทียบคราบกาแฟบนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆ ที่ถูกถ่ายโดย กล้อง DSLR ดัดแปลงอินฟราเรด

ชื่อคราบ	สีผ้า	ภายใต้แสง	ภาพถ่าย
กาแฟ	ขาว	หลอดไส้ทั้งสแตน	
กาแฟ	ดำ	หลอดไส้ทั้งสแตน	
กาแฟ	ขาว	หลอดไฟลูออเรสเซนต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

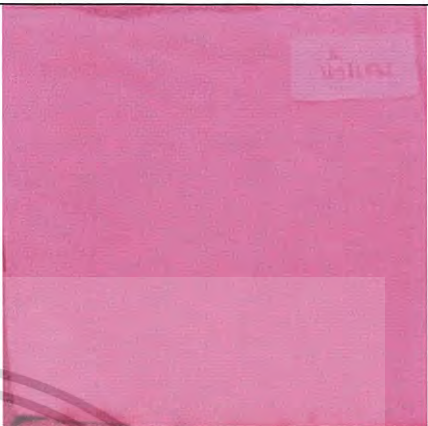
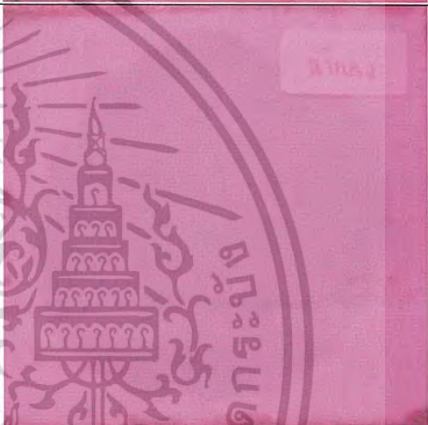

กาแฟ	ดำ	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	
กาแฟ	ขาว	หลอดไฟฮาโลเจน	
กาแฟ	ดำ	หลอดไฟฮาโลเจน	
กาแฟ	ขาว	หลอดไฟแอล อี ดี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

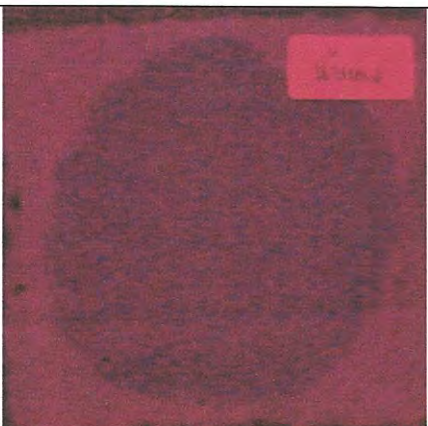


กาแฟ	ดำ	หลอดไฟแอล อี ดี	
กาแฟ	ขาว	หลอดไฟไต้ยุง	
กาแฟ	ดำ	หลอดไฟไต้ยุง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5.5 แสดงการเปรียบเทียบคราบน้ำแดงบนผ้าสีขาวและดำ ภายใต้แสงต่างๆ ที่ถูกถ่ายโดย กล้อง DSLR ดัดแปลงอินฟราเรด

ชื่อคราบ	สีผ้า	ภายใต้แสง	ภาพถ่าย
น้ำแดง	ขาว	หลอดไส้ทั้งสแตนด์	
น้ำแดง	ดำ	หลอดไส้ทั้งสแตนด์	
น้ำแดง	ขาว	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำแดง	ดำ	หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์	
น้ำแดง	ขาว	หลอดไฟฮาโลเจน	
น้ำแดง	ดำ	หลอดไฟฮาโลเจน	
น้ำแดง	ขาว	หลอดไฟแอล อี ดี	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

น้ำแดง	ดำ	หลอดไฟแอล อี ดี	
น้ำแดง	ขาว	หลอดไฟไต้ยุง	
น้ำแดง	ดำ	หลอดไฟไต้ยุง	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตารางที่ 4.5.6 สรุปผลการทดลองตอนที่ 5

คราบ	ทั้งสแตน	ฟลูออเรสเซนต์	ฮาโลเจน	แอล อี ดี	ไต้ยุง
เลือดปกติ(ผ้าขาว)	✓	✓	✓	✓	✓
เลือดปกติ(ผ้าดำ)	✓	✓	✓	✓	✓
เลือดจาง(ผ้าขาว)	✓	✓	✓	✓	✓
เลือดจาง(ผ้าดำ)	✓	✓	✓	*	*
โอวัลติน(ผ้าขาว)	X	*	*	*	X
โอวัลติน(ผ้าดำ)	X	X	X	X	X
กาแฟ(ผ้าขาว)	X	X	X	X	*
กาแฟ(ผ้าดำ)	X	X	X	X	X
น้ำแดง(ผ้าขาว)	X	X	X	X	X
น้ำแดง(ผ้าดำ)	✓	✓	✓	✓	✓


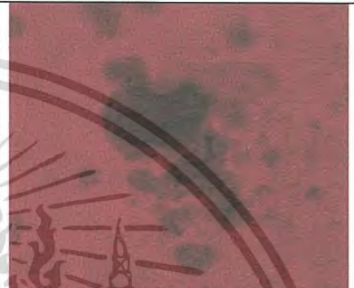


- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ชัดเจน  
 \* หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ แต่ไม่ชัดเจน  
 X หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นคราบได้

## 3.5.7 อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 5

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบภาพถ่ายของผ้าที่เปื้อนด้วยคราบเลือด, โอวัลติน, กาแฟและน้ำแดง ซึ่งถูกถ่ายภายใต้แหล่งกำเนิดแสงห้าชนิด คือ ทั้งสแตน, ฟลูออเรสเซนต์, ฮาโลเจน, LED และหลอดไฟไต้ยุง พบว่าคราบเลือดและคราบน้ำแดงที่เปื้อนบนเนื้อผ้าสีดำนั้นสามารถมองเห็นภายใต้แสงทั้งห้าชนิด แม้เลือดโลหิตจางจะสามารถมองเห็นได้ไม่ชัดเจนนักภายใต้แสง LED และหลอดไฟไต้ยุง ในขณะที่คราบโอวัลตินสามารถมองเห็นได้เฉพาะบนเนื้อผ้าสีขาวและภายใต้แหล่งกำเนิดแสงสามชนิด คือ ฟลูออเรสเซนต์, ฮาโลเจน และ LED และคราบกาแฟนั้นสามารถมองเห็นได้เพียงบนเนื้อผ้าสีขาว ภายใต้แสงของหลอดไฟไต้ยุงเพียงชนิดเดียวเท่านั้น ในกรณีของภาพที่สี่มีความแตกต่างกันนั้น เกิดเนื่องจากการปรับค่าสีของกล้องตั้งไว้ให้เป็นอัตโนมัติ ภาพที่ได้นั้นจึงมีสีที่แตกต่างกันออกไปตามอุณหภูมิสีของหลอดไฟแต่ละชนิด


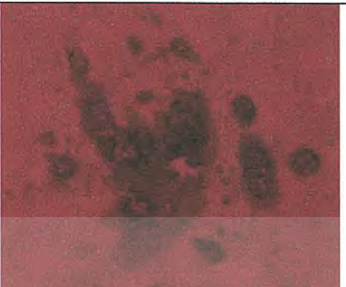


#### 4.6 ผลการทดลองตอนที่ 6 การศึกษาการเปลี่ยนแปลงการสะท้อนแสงอินฟราเรดของ คราบเลือด คราบกาแฟ และคราบโอวัลติน บนพื้นห้อง โดยการถ่ายภาพด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด

ตารางที่ 4.6.1 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดที่เป็นเลือดจาง ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตา  
มองเห็นและแสงอินฟราเรด


คราบเลือดที่ เป็นเลือดจาง	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องดัดแปลง อินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6.2 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดปกติ ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็น และแสงอินฟราเรด




คราบเลือดปกติ	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องดัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

ตารางที่ 4.6.3 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบกาแฟ ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด

คราบกาแฟ	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องดัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6.4 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็น และแสงอินฟราเรด

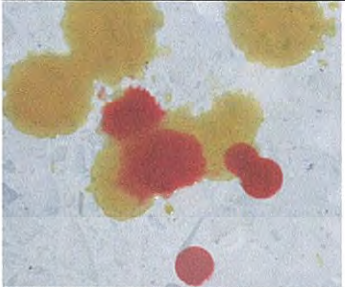



คราบโอวัลติน	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องตัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

ตารางที่ 4.6.5 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบกาแฟผสมโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด

คราบกาแฟผสมโอวัลติน	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องตัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6.6 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดผสมกาแฟ ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด

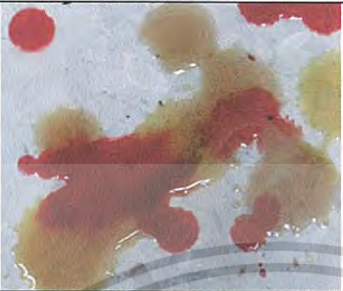


คราบเลือดผสมกาแฟ	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องตัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

ตารางที่ 4.6.7 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดผสมโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด

คราบเลือดผสมโอวัลติน	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องตัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6.8 แสดงผลการเปรียบเทียบคราบเลือดผสมกาแฟและโอวัลติน ก่อนและหลังแห้ง ภายใต้แสงที่ตามองเห็นและแสงอินฟราเรด

คราบเลือดผสมกาแฟและโอวัลติน	ถ่ายด้วยกล้องปกติ	ถ่ายด้วยกล้องตัดแปลงอินฟราเรด
ก่อนแห้ง		
หลังแห้ง		

ตารางที่ 4.6.9 สรุปผลการทดลองตอนที่ 6

ชื่อคราบ	การมองเห็นคราบ โดยถ่ายภาพด้วยกล้องดิจิทัล เอส แอล อาร์ ตัดแปลงแบบอินฟราเรด	
	ก่อนแห้ง	หลังแห้ง
เลือดจาง	✓	✓
เลือดปกติ	✓	✓
กาแฟ	✓	✓
โอวัลติน	*	✓
กาแฟผสมโอวัลติน	*	✓
เลือดผสมกาแฟ	*	*
เลือดผสมโอวัลติน	*	✓
เลือดผสมกาแฟและโอวัลติน	*	✓

- ✓ หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ชัดเจน
- \* หมายถึง สามารถมองเห็นคราบได้ แต่ไม่ชัดเจน
- X หมายถึง ไม่สามารถมองเห็นคราบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.6.10 อภิปรายผลการทดลองตอนที่ 6

จากการทดลองเพื่อเปรียบเทียบคุณสมบัติการดูดกลืนและสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบชนิดต่างๆทั้งก่อนและหลังแห้งสนิท พบว่าภาพถ่ายของคราบชนิดต่างๆหลังจากที่แห้งสนิทจะมีความคมชัดกว่าภาพถ่ายของคราบชนิดต่างๆในขณะที่ยังไม่แห้งสนิท จึงสามารถสรุปได้ว่าน้ำสามารถดูดกลืนอินฟราเรดได้จึงทำให้ภาพถ่ายของคราบตัวอย่างมีความคมชัดต่ำกว่าภาพถ่ายของคราบตัวอย่างในขณะที่ยังไม่แห้งสนิท



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

# สรุปผลและข้อเสนอแนะ

### 5.1 สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองตอนที่ 1 พบว่า หลอดไส้ทั้งสแตน, หลอดไฟฟลูออเรสเซนต์และหลอดไฟไ้ยูจะปล่อยสเปกตรัมของแสงในช่วงอินฟราเรดมากที่สุด โดยสามารถปล่อยความยาวคลื่นได้ตั้งแต่ 350-1,100 นาโนเมตร, 360-1,100 นาโนเมตร และ 485-1,100 นาโนเมตร ตามลำดับ และมีความเข้มแสงอินฟราเรดที่ค่อนข้างสูง ส่วนของหลอดไฟฮาโลเจนจะปล่อยสเปกตรัมของแสงในช่วงอินฟราเรดได้มากถัดจาก 3 ชนิดแรก โดยสามารถปล่อยความยาวคลื่นได้ตั้งแต่ 350-1,050 นาโนเมตร แต่สำหรับหลอดไฟ LED สามารถวัดสเปกตรัมของแสงอินฟราเรดได้เพียงในช่วง Near Infrared และมีความเข้มแสงอินฟราเรดที่ค่อนข้างต่ำ

การทดลองตอนที่ 2 พบว่า กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดมีประสิทธิภาพในการถ่ายภาพอินฟราเรดได้ดีกว่าการใช้ฟิลเตอร์อินฟราเรดพลาสติกใสหน้าเลนส์ของกล้อง ดังนั้นผู้วิจัยจึงเลือกใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด ในการถ่ายภาพเพื่อทำการทดลองในตอนถัดไป

จากการทดลองตอนที่ 3 พบว่า ภาพถ่ายจากกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดสามารถแยกแยะความเข้มชั้นของคราบชนิดเดียวกันได้ จากการทดลองพบว่าถ้าอัตราส่วนของกาแฟมีมากกว่าน้ำมาก ๆ จะสามารถถ่ายภาพได้อย่างชัดเจน แต่เนื่องจากอัตราส่วนดังกล่าวกาแฟมีความเข้มชั้นสูงเกินกว่าที่มนุษย์จะทานในชีวิตประจำวันจริงๆ

การทดลองตอนที่ 4 การตรวจพิสูจน์ความแตกต่างของการสะท้อนแสงอินฟราเรดของเลือดทั้ง 4 หมู่เลือด พบว่าไม่สามารถแยกแยะเลือดหมู่ต่างๆออกจากกันได้ด้วยวิธีนี้ เนื่องจากสีของคราบเลือดที่ถ่ายได้มีความใกล้เคียงกันมากเกินไปที่สายตาของมนุษย์เราจะสามารถมองเห็นและแยกแยะความแตกต่างได้ แต่จากการทดลองในตอนนี้นี้ก็ทำให้เราพบว่าไม่ว่าจะเป็นสีย้อมหรือเนื้อผ้าที่เลือดนั้นได้เปื้อนก็ล้วนแต่มีผลกับการสะท้อนหรือดูดกลืนแสงอินฟราเรดด้วยกันทั้งคู่

การทดลองตอนที่ 5 การศึกษาการสะท้อนแสงอินฟราเรดของคราบเลือด, คราบกาแฟ, คราบโอวัลติน, และคราบน้ำแดง ภายใต้แหล่งกำเนิดแสง 5 ชนิด พบว่ามีเพียงคราบเลือดเท่านั้นที่สามารถมองเห็นได้ภายใต้แสงทุกแสงและเนื้อผ้าทั้งสองสี ในส่วนของคราบอื่นๆนั้นสามารถมองเห็นได้ภายใต้แสงบางชนิด และผ้าบางสีเท่านั้น ขึ้นอยู่กับว่าวัสดุแต่ละตัวจะมีผลต่อการสะท้อนและดูดกลืนแสงอินฟราเรดแบบใด

การทดลองตอนที่ 6 การหดยศราบต่างๆลงบนพื้นแล้วปล่อยให้แห้งสนิท เพื่อจำลองสถานการณ์ให้เหมือนในที่เกิดเหตุการณ์จริง จากการทดลองนั้นพบว่าเมื่อเราถ่ายภาพในขณะที่คราบน้ำนั้นยังไม่แห้งสนิท ภาพที่ถ่ายได้นั้นจะมองเห็นได้ไม่ชัดเจนนักเนื่องจากยังมีน้ำผสมอยู่ และน้ำมีคุณสมบัติในการดักคลื่นอินฟราเรดทำให้ภาพที่ถ่ายได้มองเห็นแค่เป็นรอยจางๆเท่านั้น แต่หลังจากที่คราบน้ำนั้นแห้งสนิทแล้วทำการถ่ายภาพพบว่าคราบตัวอย่างทั้งหมดสามารถมองเห็นได้เมื่อถ่ายด้วยกล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรด และก็ยังสามารถแยกคราบต่างๆออกจากกันได้เนื่องจากผลการทดลองทำให้เราเห็นว่าคราบแต่ละชนิดที่นำมาทำการทดลองมีผลต่อการสะท้อนของอินฟราเรดที่แตกต่างกัน สีของแต่ละคราบจึงมีความเข้มไม่เท่ากัน

## 5.2 ข้อเสนอแนะ

จากงานวิจัยนี้จะเห็นได้ว่าการใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดมาใช้ในการตรวจสอบวัตถุพยานเบื้องต้น คือ การตรวจสอบคราบเลือดและคราบต่างๆโดยใช้หลักการสะท้อนและการดักคลื่นแสงในย่านอินฟราเรด จากผลการทดลองจะเห็นได้ว่ากล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดมีความสามารถในการตรวจสอบได้ในระดับหนึ่ง เพื่อช่วยในการประหยัดเวลา ลดขั้นตอน และความยุ่งยากในการตรวจสอบ ซึ่งการตรวจสอบที่ได้ทำมานี้ไม่สามารถตรวจสอบให้เห็นความแตกต่างได้โดยใช้กล้อง DSLR ปกติหรือตรวจสอบได้ด้วยตาเปล่า ซึ่งสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบร่องรอยต่างๆ เช่น ตรวจสอบดูว่าคราบที่พบเป็นคราบของสารเดียวกันหรือไม่ หรือคราบเลือดในวัสดุสีเข้มที่ไม่สามารถมองเห็นด้วยตาเปล่าได้ เป็นต้น ซึ่งสามารถตรวจสอบได้ในเบื้องต้น

สำหรับงานวิจัยในอนาคตสามารถนำการทดลองนี้ไปต่อยอดโดยการใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดตรวจสอบวัตถุพยานอื่นๆ เช่น การตรวจสอบสิ่งที่หลงเหลือจากการยิงปืนหรือที่เรียกว่า Gun Shot Residue (GSR) คือการตรวจสอบคราบเขม่าดินปืนบนผิวหนัง บนเสื้อผ้า หรือบนวัตถุอื่นๆ รวมทั้งตรวจสอบคราบเลือดที่อยู่บนวัสดุต่างๆที่มีค่าสะท้อนและดักคลื่นอินฟราเรดต่างกันหลายๆแบบ เพื่อช่วยลดข้อสันนิษฐาน ที่จะมีความเป็นไปได้เมื่อเกิดเหตุการณ์จริง ได้มากที่สุด อย่างไรก็ตามการตรวจสอบโดยใช้กล้อง DSLR ดัดแปลงแบบอินฟราเรดในงานวิจัยนี้ เป็นการตรวจสอบวัตถุพยานจากสถานที่เกิดเหตุอย่างรวดเร็วในเบื้องต้น เพื่อช่วยแบ่งเบาการวิเคราะห์ตรวจสอบวัตถุพยานให้กับผู้ชำนาญ แต่การตรวจสอบวัตถุพยานต่างๆนั้นจำเป็นต้องอาศัยผู้ชำนาญในการตรวจพิสูจน์อย่างละเอียดในห้องปฏิบัติการและอาศัยเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ที่มีมาตรฐาน มีความแม่นยำ และเชื่อถือได้จึงจะเป็นการตรวจสอบวัตถุพยานที่สมบูรณ์

# เอกสารอ้างอิง

- [1] ปิยพงษ์ สิทธิคง. (ผู้แปล). (2551). *ฟิสิกส์ระดับอุดมศึกษา - เล่ม 3 ทัศนศาสตร์ และ ฟิสิกส์ยุคใหม่ 1* (พิมพ์ครั้งที่ 2). เขียนโดย ฮิวจ์ ดี ยังก์, และโรเจอร์ เอ ฟรีดแมน. กรุงเทพฯ: เพียร์สัน เอ็ดดูเคชั่น อินโดไชน่า
- [2] พิพิชญ์ สิทธิศักดิ์. (2554). รุ้งแสง. *ในบทที่ 2 หลักการทำงานและส่วนประกอบของ กล้องถ่ายภาพ* (หน้า 6-12). กรุงเทพฯ: วิทยาลัยเพาะช่าง
- [3] Edward M. Robinson. (2010). *Crime Scene Photography*. 2<sup>nd</sup> Ed. China: Elsevier Inc.
- [4] Gibson, H. L. and W. Clark. (1978). *Photography by infrared 3<sup>rd</sup> Edition: its principles and Applications*. New York, USA: Wiley.
- [5] Hugh D. Young and Roger A. Freedman. (2008). *University Physics*. 12<sup>th</sup> Ed. San Francisco, USA. Pearson Education, Inc.
- [6] Pedrotti, F. L., L. M. Pedrotti, et al. (2007). *Introduction to optics*. 3<sup>rd</sup> Ed. Upper Saddle River, N.J.: Pearson/Prentice Hall.
- [7] [Online].Available : <http://en.wikipedia.org/wiki/Infrared>
- [8] [Online].Available : [http://en.wikipedia.org/wiki/Solar\\_radiation](http://en.wikipedia.org/wiki/Solar_radiation)
- [9] [Online].Available : [http://pixinfo.com/en/articles/nikon\\_d60\\_preview/](http://pixinfo.com/en/articles/nikon_d60_preview/)
- [10] [Online].Available : <http://thaitechno.net/t1/productdetails.php?id=64862&uid=38673>
- [11] [Online].Available : <http://theglassblog.files.wordpress.com/2011/02/solar-spectrum1.jpg>
- [12] [Online].Available : <http://topicstock.pantip.com/wahkor/topicstock/2009/10/X8394198/X8394198.html>
- [13] [Online].Available : <http://www.californiaphotosafaris.com/2012/04/10/aperture-the-triangle-of-exposure/>
- [14] [Online].Available : <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos1ds>
- [15] [Online].Available : <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos30d>
- [16] [Online].Available : <http://www.dpreview.com/reviews/canoneos60D>
- [17] [Online].Available : [http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/fac04148/images/figure\\_13\\_web.jpg](http://www.fhwa.dot.gov/publications/research/safety/fac04148/images/figure_13_web.jpg)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [18] [Online].Available : [http://www.lc-gems.com/?longchiang&MODULE=m\\_productdetail&PRODUCT=02285](http://www.lc-gems.com/?longchiang&MODULE=m_productdetail&PRODUCT=02285)
- [19] [Online].Available : <http://www.lifepixel.com/infrared-photography-primer>
- [20] [Online].Available : <http://www.nearinfraredsauna.com>
- [21] [Online].Available : [http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com\\_content&task=view&id=2694&Itemid=9](http://www.neutron.rmutphysics.com/news/index.php?option=com_content&task=view&id=2694&Itemid=9)
- [22] [Online].Available : <https://th.wikipedia.org/wiki/กล้องถ่ายภาพ>
- [23] [Online].Available : <http://www.telegraph.co.uk/earth/energy/9498092/avoid-ban-on-traditional-light-bulbs.html>
- [24] [Online].Available : <http://www.unwittingvictim.com/Absorbers.html>
- [25] [Online].Available : <http://personworld.exteen.com/20140907/entry>
- [26] [Online].Available : <http://www.radianthealthsaunas.com>
- [27] [Online].Available : <http://wattsupwiththat.com/2014/12/09>
- [28] [Online].Available : <https://snamiki.wordpress.com/2011/11/29/camerathink>
- [29] [Online].Available : <http://micro.magnet.fsu.edu/primer/digitalimaging>
- [30] [Online].Available : <http://camerasecuritys.blogspot.com/2014/02/cctv-perbedaan-sensor-cmos-vs-ccd.html>
- [31] [Online].Available : <https://tellitphoto.wordpress.com/>
- [32] [Online].Available : <https://www.pinterest.com/pin/179862578837788281/>
- [33] [Online].Available : <http://nptel.ac.in/courses/102103044/module2/lec4>
- [34] [Online].Available : <http://pixgood.com/manfrotto-tripod.html>



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# AvaSpec-ULS2048 StarLine

## Versatile Fiber-optic Spectrometer

AvaSpec-ULS2048



Options include deep-UV detector coating for better performance in the deep-UV-range, a detector collection lens to enhance sensitivity in the 200-1100 nm range and order-sorting filters to reduce 2<sup>nd</sup> order effects. Furthermore, the AvaSpec-ULS2048 is available with a wide range of slit sizes, gratings and fiber-optic entrance connectors.

The AvaSpec-ULS2048 is also available in dual or multi-channel versions (up to 10 spectrometers in a 19" rack), where all spectra are taken simultaneously.

Connection with your PC is done via USB2-connection, delivering a scan every 1.8 milliseconds. Integration time can be as short as 1.1 milliseconds up to a maximum of 10 minutes. It comes complete with AvaSoft-Basic software, USB cable and an extensive manual, including a quick start guide in four languages.

It's the workhorse of our spectrometer line-up, the AvaSpec-ULS2048. Used in many applications in the UV/VIS-range, it is particularly useful in time-critical situations thanks to its exceptional response speed. Priced affordably, the AvaSpec-ULS2048 is the choice of many of our most demanding customers.

### Technical Data

<b>Optical Bench</b>	ULS Symmetrical Czerny-Turner, 75 mm focal length
<b>Wavelength range</b>	200-1100 nm
<b>Resolution</b>	0.05 – 20 nm, depending on configuration (see table)
<b>Stray-light</b>	0.04-0.1%, depending on the grating
<b>Sensitivity</b>	310,000 counts/μW per ms integration time
<b>Detector</b>	CCD linear array, 2048 pixels
<b>Signal/Noise</b>	200:1
<b>AD converter</b>	16-bit, 2 MHz
<b>Integration time</b>	1.11 ms – 10 minutes
<b>Interface</b>	USB 2.0 high-speed, 480 Mbps RS-232, 115.200 bps
<b>Sample speed with on-board averaging</b>	1.1 ms /scan
<b>Data transfer speed</b>	1.8 ms /scan (USB2) 430 ms/scan (RS-232)
<b>Digital IO</b>	HD-26 connector, 2 Analog in, 2 Analog out, 3 Digital in, 12 Digital out, trigger, sync.
<b>Power supply</b>	Default USB power, 350 mA Or with SPU2 external 12VDC, 150 mA
<b>Dimensions, weight</b>	175 x 110 x 44 mm (1 channel), 716 grams

Pre-configured spectrometers can be shipped within 24 hours

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ 30 | [info@avantes.com](mailto:info@avantes.com) | [www.avantes.com](http://www.avantes.com) | ไม่อนุญาตให้นำไปใช้โดยไม่ขออนุญาตจาก AVANTES solutions in spectroscopy  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**AVANTES**  
solutions in spectroscopy

## Grating selection table for AvaSpec-ULS2048

Use	Useable range (nm)	Spectral range (nm)	Lines/mm	Blaze (nm)	Order code
UV/VIS/NIR	200-1100**	900**	300	300	UA
UV/VIS/NIR	200-1100**	900**	300	300/1000	UNA-DB
UV/VIS	200-850	520	600	300	UB
UV	200-750	250-220*	1200	250	UC
UV	200-650	165-145*	1800	UV	UD
UV	200-580	115-70*	2400	UV	UE
UV	200-400	70-45*	3600	UV	UF
UV/VIS	250-850	520	600	400	BB
VIS/NIR	300-1100**	800**	300	500	VA
VIS	360-1000	500	600	500	VB
VIS	300-800	250-200*	1200	500	VC
VIS	350-750	145-90*	1800	500	VD
VIS	350-640	75-50*	2400	VIS	VE
NIR	500-1050	500	600	750	NB
NIR	500-1050	220-150*	1200	750	NC
NIR	600-1160	350-300	830	800	SI
NIR	600-1100**	500**	300	1000	IA
NIR	600-1100	500	600	1000	IB

\* depends on the starting wavelength of the grating; the higher the wavelength, the bigger the dispersion and the smaller the range to select.

\*\* please note that not all 2048 pixels will be used for the useable range

## Resolution table (FWHM in nm) for AvaSpec-ULS2048

Grating (lines/mm)	Slit size (µm)					
	10	25	50	100	200	500
300	0.80 - 0.90*	1.10-1.20*	2.30	4.60	9.00	20.0
600	0.40 - 0.50*	0.63	1.15	2.31	4.50	10.0
830	0.28	0.40	0.80	1.60	3.20	8.0
1200	0.18 - 0.22*	0.29	0.61	1.18	2.20	5.4
1800	0.10 - 0.16*	0.19	0.35-0.42*	0.80	1.60	3.6
2400	0.08 - 0.11*	0.10 - 0.15*	0.28	0.55	1.10	2.7
3600	0.05 - 0.08*	0.10	0.18	0.38	0.75	1.8

\* depends on the starting wavelength of the grating; the higher the wavelength, the bigger the dispersion and the better the resolution

## Ordering Information

### AvaSpec-ULS2048-USB2

- Fiber-optic Spectrometer, 75 mm AvaBench, 2048 pixel CCD detector, USB powered, high-speed USB2 interface, incl. AvaSoft-Basic, USB interface cable.
- Specify grating, wavelength range and options