สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ด้วยวิธีทางแสง

นางสาวสินีนาฏ สุพรรณกิจ
นางสาวอภิณพร ทองดี

วพ.
สจ27ก
2550

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 81607
วัน,เดือน,ปี 19 มิ.ย. 2551

b 11933446
i.....

โครงงานนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต
ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์
คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2550

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Meat Product quality testing by optical method

Miss Sineenart Suphankij

Miss Apinporn Thongdee

A Special Project Submitted in Partial Fulfillment of Requirement for the Degree of

Bachelor of Science

Department of Applied Physics

Faculty of Science

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Academic Year 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยวิธีทางแสง

นักศึกษา นางสาวสินีนาฏ สุพรรณกิจ

นางสาวอภิณพร ทองดี

ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์

สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร. วิษณุ เพชรภา

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.รุจริน ลิ้มศุภวานิช

ภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง อนุมัติให้โครงงานพิเศษเรื่องนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรบัณฑิต

คณะกรรมการตรวจสอบ		ลายมือชื่อ
ประธานกรรมการ	ดร.ปีติพร ถนอมงาม	
กรรมการ	รศ.วิชาญ เตชิตธีระ	
กรรมการ	อ.สุรชาติ กมลดิลก	
กรรมการที่ปรึกษา	รศ.ดร.วิษณุ เพชรภา	
กรรมการที่ปรึกษาร่วม	ดร.รุจริน ลิ้มศุภวานิช	

.....

(รองศาสตราจารย์วิชาญ เตชิตธีระ)

หัวหน้าภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์

ลิขสิทธิ์ของภาควิชาฟิสิกส์ประยุกต์ คณะวิทยาศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษเรื่อง การตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยวิธีทางแสง
นักศึกษา นางสาวสินีนาฏ สุพรรณกิจ
นางสาวอภิณพร ทองดี
ภาควิชา ฟิสิกส์ประยุกต์ **คณะวิทยาศาสตร์**
สาขาวิชา ฟิสิกส์ประยุกต์-เครื่องมือวิทยาศาสตร์และอุตสาหกรรม
ปีการศึกษา 2550
อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.วิษณุ เพชรภา
อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.รุจริน ลิ้มศุภวานิช

บทคัดย่อ

จุดประสงค์หลักของโครงงานพิเศษนี้คือ การใช้เทคนิคทางแสงเพื่อการตรวจสอบปริมาณเป็นร้อยล่ะของไนโตรโซฮีโมโครม (% Nitrosohemochrome) ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ โดยเลือกใช้ไดโอดเปล่งแสง ที่มีความยาวคลื่นสูงสุดที่ 540 นาโนเมตรและ 640 นาโนเมตร เป็นแหล่งกำเนิดแสง ที่ส่องผ่านตัวกรองและโฟกัสไปยังสารละลายตัวอย่างที่เตรียมจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ เช่น ไส้กรอก และโบโลน่า แสงที่ทะลุผ่านออกมาจากสารละลายตัวอย่าง จะถูกวัด และแปลงเป็นค่าการดูดกลืนแสง ด้วยเทคนิคนี้ สามารถนำค่าการดูดกลืนแสงของ ไนโตรโซฮีโมโครม (Nitrosohemochrome) ที่ความยาวคลื่น 540 นา-โนเมตร และค่าการดูกลืนแสงของ Total heme pigments ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร มาหาปริมาณเป็นร้อยล่ะของ ไนโตรโซฮีโมโครม (% Nitrosohemochrome) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special Project Title	Meat Product quality testing by optical method
Name	MissSineenart Suphankij
	MissApinporn Thongdee
Department	Applied Physics **Faculty of Science**
Program	Applied Physics – Science and Industry Instrumentation
Academic Year	2007
Special Project Advisor	Assoc.Prof. Wisanu Pecharapa
Special Project Co-Advisor	Dr. Rutcharin Limsupavanich

ABSTRACT

The main objective of this special project is the establishment of optical technique for qualifying the amount of Nitrosohemochrome and Total heme pigments in cooked cured meat product. Light from light emitting diode with peak wavelength of 540 nm and 640 nm were filtrated and focused on the solution sample prepared from ground pork containing Sodium nitrite. Transmitted light dispersed by monochromatic was detected and corresponded absorption spectra can be extracted. The amount of % Nitrosohemochrome and Total heme pigments presented in meat product results in the change of absorption spectrum at 540 nm and 640 nm. By this technique, the relationship between optical density and the amount of % Nitrosohemochrome and Total heme pigments can be obtained.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบพระคุณ รศ.ดร.วิษณุ เพชรภา ที่มอบโครงงานที่ดีทำให้ได้รับประโยชน์และความรู้มากมาย และ ดร.รุจริน ลิ้มศุภวานิช ที่ช่วยให้คำแนะนำชี้แนวทางในการทำงานอย่างละเอียด รวมถึงข้อมูลต่างๆและแนวทางการแก้ไขปัญหาที่พบขณะทดลองโดยเฉพาะความรู้ใหม่ๆที่เกี่ยวข้อง และช่วยสอนวิธีการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากเครื่อง Spectrophotometer ซึ่งเป็นส่วนสำคัญของโครงงานพิเศษนี้ ขอบคุณพี่ๆที่ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะ ครุศาสตร์อุตสาหกรรมที่ช่วยอำนวยความสะดวกในการเก็บตัวอย่างการทดลอง ขอบคุณเพื่อนๆทุกคนที่ช่วยเป็นกำลังใจรวมไปถึงให้คำแนะนำและช่วยทำให้โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลงได้

น.ส.สินีนาฏ สุพรรณกิจ

น.ส.อภิณพร ทองดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตาราง	ฉ
สารบัญรูป	ช
บทที่ 1 บทนำ	
1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ	3
1.4 ขั้นตอนการวิจัยและการดำเนินงาน	3
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	3
บทที่ 2 ทฤษฎีและหลักการ	
2.1 ปฏิกิริยาทางเคมีการสร้างสีในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์	4
2.2 การเปลี่ยนสีของผลิตภัณฑ์	9
2.3 หลักสาธารณสุขของการใช้เกลือไนไตรต์	10
2.3 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดอุปกรณ์	11
2.4 หลักการทำงานเกี่ยวกับชุดอุปกรณ์	14
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	
3.1 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยใช้เนื้อสันนอกสุกร	16
3.2 การสร้างชุดอุปกรณ์	20
บทที่ 4 ผลการทดลองและอภิปรายผล	
4.1 ผลการวัดแถบพลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลอง	22
4.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยใช้เนื้อหมูสันนอก	23
4.3 ผลการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์	34
4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง	45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 สรุปและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการวิจัย 48

5.2 แนวทางในการพัฒนา 48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

4.1 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์ 24

4.2 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm 26

4.3 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรท์ 400 ppm 27

4.4 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments เนื้อหมูบด ที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์ 29

4.5 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm 31

4.6 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm 32

4.7 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์ 34

4.8 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm 36

4.9 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm 38

4.10 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 39

4.11 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm 41

4.12 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm 43

4.13 แสดงค่า %Nitrosohemochrome ที่วัดได้จากเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer 45

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
2.1 แสดงปฏิกิริยาเคมีในการเกิดไนโตรโซฮีโมโครม	5
2.2 แสดงสีของเนื้อที่มีไนโตรโซฮีโมโครม	5
2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไมโอโกลบินต่อการสร้างสีของเนื้อที่ผ่านการหมักและเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์	8
2.4 แสดงสีที่จางลงของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื่องจากปฏิกิริยา Photochemical Oxidation	9
2.5 แสดงภาพส่วนประกอบภายในของไดโอดเปล่งแสง	11
2.6 ดีเทคเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง	12
2.7 แสดงไดอะแกรมการจัดวางชุดอุปกรณ์	14
2.8 การจัดวางชุดอุปกรณ์ขณะทำการทดลอง	15
3.1 เนื้อหมูที่นำไปปั่นแล้ว	17
3.2 แสดงสีของเนื้อหมูที่เปลี่ยนไปจากการเติมโซเดียมไนไตรต์	18
3.3 แสดงการอบเนื้อหมู	18
3.4 แสดงภาพบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์	19
3.5 แหล่งกำเนิดแสง	21
4.1 แถบพลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงสีเขียว	22
4.2 แถบพลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงสีแดง	23
4.3 แสดงลักษณะของสีผลิตภัณฑ์เนื้อหมูตัวอย่างที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 0 ppm 200 ppm. และ 400 ppm. ตามลำดับ	23
4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์	25
4.5 กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm	25
4.6 กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อ หมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm	28
4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์	30
4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm	30

เอกสารนี้ ... ให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่ หน้า

4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Total heme pigmentsของเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm 33

4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 35

4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Cured pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm 37

4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Cured pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400ppm 37

4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Total heme –pigments ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์ 40

4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Total heme –pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm 42

4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ
Total heme –pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm 44

4.16 กราฟเปรียบเทียบ ปริมาณ Nitrosohemochrome ในเนื้อหมูบด
ที่มีปริมาณเกลือโซเดียมไนไตรต์ 0, 200 และ 400 ppm จากการวัดด้วย
UV- Visible Spectrophotometer และชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น 46

4.17 การเปรียบค่าการดูดกลืนแสง ของไนโตรโซฮีโมโครม ในเนื้อหมูบด
ที่มีปริมาณเกลือโซเดียมไนไตรต์ 0, 200 และ 400 ppm
จาก การวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer และ ชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น 46

4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Absorption จากการวัดด้วย
UV-Visible Spectrophotometer และชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น 47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาของโครงงานพิเศษ

ปัจจุบันค่านิยมในการบริโภคอาหารแบบชาวตะวันตกแพร่หลายกันมากขึ้นในหมู่คนไทย เพราะสะดวกในการรับประทาน โดยเฉพาะอาหารจากเนื้อสัตว์ประเภทไส้กรอก เช่น ไส้กรอกเวียนนา ไส้กรอกแฟรงเฟอร์เตอร์ และโบโลน่า เป็นต้น จึงมีการผลิตไส้กรอกออกมาจำหน่ายหลายยี่ห้อทั้งตามห้างสรรพสินค้าและที่จำหน่ายทั่วไปตามท้องตลาด นอกจากอาหารประเภทไส้กรอกแล้ว ยังมีผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์แบบชาวตะวันตกประเภทอื่นๆ ที่เป็นที่นิยมกันมากขึ้น เช่น เบคอน แฮม หรือขาหมูฉีดน้ำเกลือ ซึ่งในกระบวนการผลิตไส้กรอกและผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์เหล่านี้ จะมีขั้นตอนการเติมเกลือไนไตรต์ลงไปในส่วนผสมของเนื้อและไขมัน หรือใช้เป็นส่วนผสมในน้ำปรุงที่ใช้ฉีดเข้าไปในชิ้นส่วนเนื้อสัตว์และใช้หมักดองเนื้อนั้นต่อไป นอกจากการใช้สารไนไตรต์แล้ว ยังมีการใช้สารไนเตรตในการทำผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ โดยเฉพาะผลิตภัณฑ์ประเภทหมักเปรี้ยวกึ่งแห้ง เช่น ผลิตภัณฑ์ตะวันตกประเภทซาลามี่ หรือผลิตภัณฑ์แหนมของไทย จุดประสงค์หลักแต่ดั้งเดิมในการใช้เกลือไนไตรต์และเกลือไนเตรตในการทำผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ก็เพื่อช่วยยับยั้งการเจริญเติบโตของเชื้อจุลินทรีย์ โดยเฉพาะการเจริญเติบโตของ *Clostridium botilunum* ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่สามารถสร้างสารพิษที่เป็นอันตรายถึงแก่ชีวิต ดังเช่นเหตุการณ์ที่มีผู้เสียชีวิตเมื่อไม่นานมานี้จากการรับประทานหน่อไม้ดองบรรจุปี๊บที่ปนเปื้อนด้วยสารพิษจาก *Clostridium botilunum* ประโยชน์อื่นๆของการใช้สารไนไตรต์ คือช่วยให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มีสีสวยและมีรสชาติที่น่ารับประทาน และยังช่วยลดการเกิดการหืน โดยลดการเกิดปฏิกิริยาออกซิเดชั่นในผลิตภัณฑ์เนื้อ จึงช่วยยืดอายุการเก็บของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์นั้นๆด้วย การใช้สารไนไตรต์ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์จัดเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์ที่มีการบรรจุแบบสุญญากาศ เพื่อป้องกันการเจริญเติบโตของ *Clostridium botilunum* แต่ขณะเดียวกันเกลือไนไตรต์และเกลือไนเตรตจัดเป็นสารเคมีอันตรายที่มีขีดจำกัดในการใช้ โดยที่ประกาศสำนักงานคณะกรรมการอาหารและยา เรื่อง ข้อกำหนดการใช้วัตถุเจือปนอาหาร ลงวันที่ 3 พฤศจิกายน 2547 ได้กำหนดให้ใช้เกลือโซเดียมไนเตรตในผลิตภัณฑ์เนื้อหมัก เช่น แฮม ไส้กรอกได้ไม่เกิน 500 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยคำนวณเป็นไนเตรตทั้งหมด และใช้เกลือโซเดียมไนไตรต์ได้ไม่เกิน 125 มิลลิกรัม/กิโลกรัม โดยคำนวณเป็นโซเดียมไนไตรต์

สีของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่มีการเติมเกลือไนไตรต์และเกลือไนเตรตมีชื่อเรียกว่า Cooked cured meat color เกิดจากรงควัตถุชื่อ Nitrosohemochrome จะเป็นสีชมพูที่มีความเป็นเอกลักษณ์ และทำให้ผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ดูน่ารับประทาน สารสี Nitrosohemochrome เกิดขึ้นโดยการที่สารไนไตรต์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปลี่ยนไปเป็นไนตริกออกไซด์ และ ทำปฏิกิริยากับรงควัตถุในเนื้อโดยเฉพาะสารสี Myoglobin เมื่อเนื้อถูกทำให้สุกจะได้เป็นสารสี Nitrosohemochrome ส่วนผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์ที่ไม่มีการเติมเกลือไนไตรต์และเกลือไนเตรต จะมีสีคล้ำหรือออกเทาๆ ไม่น่ารับประทาน และมักไม่เป็นที่ต้องการของผู้บริโภค ตัวอย่างเช่น ผู้ซื้อจะไม่เลือกซื้อแฮมหรือเบคอนที่มีสีซีดหรือคล้ำผิดปกติ หรือจะไม่เลือกซื้อผลิตภัณฑ์ไส้กรอกหรือผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีสีไม่สม่ำเสมอ โดยสรุปว่าเป็นของเก่า หรือเน่าเสีย ทั้งนี้ สารสี Nitrosohemochrome จะไม่มีความคงทนเมื่อสัมผัสกับอากาศหรือโดนแสงเพราะจะทำให้เกิดขบวนการ oxidation โดยสีจะซีดจางลง และคล้ำในที่สุด ในวงการอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ในหลายประเทศ จึงให้ความสำคัญกับปริมาณของสารสี Nitrosohemochrome ในผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์มาก เพราะสีที่สวยสม่ำเสมอสามารถบ่งบอกถึงกระบวนการผลิตที่ดี สีของผลิตภัณฑ์มีผลต่อการเลือกซื้อของผู้บริโภค และสีที่ซีดหรือคล้ำอย่างผิดปกติของผลิตภัณฑ์จากเนื้อสัตว์กลุ่มนี้อาจบ่งบอกได้ถึงคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ที่ใช้ หรือสภาวะที่ไม่เหมาะสมในระหว่างเก็บรักษา โดย American Meat Science Association (AMSA) ระบุว่า กระบวนการผลิตผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์แบบ Curing คือมีการใช้สารไนไตรต์หรือไนเตรต และทำให้เกิด Cooked cured meat color ในระดับที่ดี ควรมี Nitrosohemochrome ในระดับ 90% ส่วนการเกิด Cooked cured meat color ในผลิตภัณฑ์ในระดับปานกลางจะมี Nitrosohemochrome ในระดับ 80% และในผลิตภัณฑ์ที่มีการบรรจุที่ไม่เหมาะสม เช่น กรณีถุงสุญญากาศที่มีรอยรั่ว จะตรวจพบปริมาณ Nitrosohemochrome ในผลิตภัณฑ์ที่ระดับ 45% ถึง 60%

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสี Nitrosohemochrome ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ สามารถทำได้โดยอาศัยหลักการทางแสง วิธีหนึ่งที่นิยมกันคือ การใช้เทคนิคในการวัดการดูดกลืนแสงของ Nitrosohemochrome ที่สกัดออกมาจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ละลายในส่วนผสมของอะซีโตนและน้ำ และคำนวณหาค่า ppm ของ Nitrosohemochrome ได้จาก Optical density ที่ 540 นาโนเมตร จากนั้นวิเคราะห์หาปริมาณสารสีทั้งหมดที่มีองค์ประกอบเป็นฮีม (Total heme pigments) ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เดียวกัน โดยวัดการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ที่สกัดออกมาจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่ละลายในส่วนผสมของอะซีโตน น้ำ และ กรดไฮโดรคลอลิคเข้มข้น จาก Optical density ที่ 640 นาโนเมตร ทำการคำนวณหาค่า ppm ของ Total heme pigments แล้วจึงคำนวณหาสัดส่วนเป็นร้อยละของปริมาณของ Nitrosohemochrome ต่อ Total heme pigments ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์เดียวกัน

การวิเคราะห์หาปริมาณสารสี Nitrosohemochrome ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ดังกล่าวข้างต้น เป็นที่นิยมกันในต่างประเทศ แต่ในวงการอุตสาหกรรมเนื้อสัตว์ของไทยยังไม่มีการนำมาใช้ อุปสรรคหนึ่งอาจเกี่ยวเนื่องมาจากราคาของเครื่องมือที่ใช้ในการวัดการดูดกลืนแสงที่ค่อนข้างสูง การศึกษาครั้งนี้จึงต้องการนำหลักการทางแสงมาสร้างชุดอุปกรณ์ราคาถูก สะดวกในการใช้งาน เพื่อตรวจหาปริมาณ สารสี Nitrosohemochrome ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ประเภท Cooked cured meat

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.2 วัตถุประสงค์

1. สามารถนำหลักการทางแสงมาสร้างชุดอุปกรณ์ ราคาถูก ใช้งานง่าย และวัดได้รวดเร็ว เพื่อหาปริมาณของ Nitrosohemochrome (%) ได้

2. ศึกษาคุณสมบัติของการเกิดสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่เกิดจากการผสมไนไตรต์ และ วิธีการวัดเพื่อหาค่า ปริมาณของ Nitrosohemochrome (%)

1.3 ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

1. ศึกษาทฤษฎีเกี่ยวกับการเกิดสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ที่มีการเติมสารไนไตรต์ วิธีการวิเคราะห์ทดสอบหาปริมาณ Nitrosohemochrome และหลักการทำงานของชุดอุปกรณ์

2. ทำการทดสอบชุดอุปกรณ์ที่สร้างขึ้น โดยใช้ LED ที่มีความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร และ 640 นาโนเมตร เป็นแหล่งกำเนิดแสง ส่องผ่านตัวอย่างไปยัง ตัวแยกแสง (Monochromator) เข้าตัวรับ (Detector) และแสดงค่าออกมาทางโวลต์มิเตอร์ (Voltmeter)

3. รวมรวมผลการทดลองจากการเตรียมผลิตภัณฑ์ตัวอย่างเปรียบเทียบกับการวัดโดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer

1.4 ขั้นตอนการทดลองและการดำเนินงาน

1. ศึกษาขอบเขตและข้อมูล	มิถุนายน 2550
2. ทำการทดลองเก็บข้อมูล	มิถุนายน 2550 – ธันวาคม 2550
3. ตรวจสอบความถูกต้อง	มกราคม 2551 – กุมภาพันธ์ 2551
4. จัดทำเอกสารประกอบ	มิถุนายน 2550 – กุมภาพันธ์ 2551
5. ตรวจสอบความถูกต้องครั้งสุดท้าย	มีนาคม 2551

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้รับความรู้เรื่องคุณสมบัติของแสงและสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมสารไนไตรต์

2. สามารถใช้เครื่องมือในการวัดทางแสงได้

3. สามารถนำโครงงานไปประยุกต์ใช้เพื่อประโยชน์ในการรักษาคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ประเมินและตรวจสอบกระบวนการผลิต หรือประเมินคุณภาพของบรรจุภัณฑ์ และสภาพแวดล้อมในการเก็บรักษาได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
ทฤษฎีและหลักการ

2.1 ปฏิกิริยาทางเคมีการสร้างสีในเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์

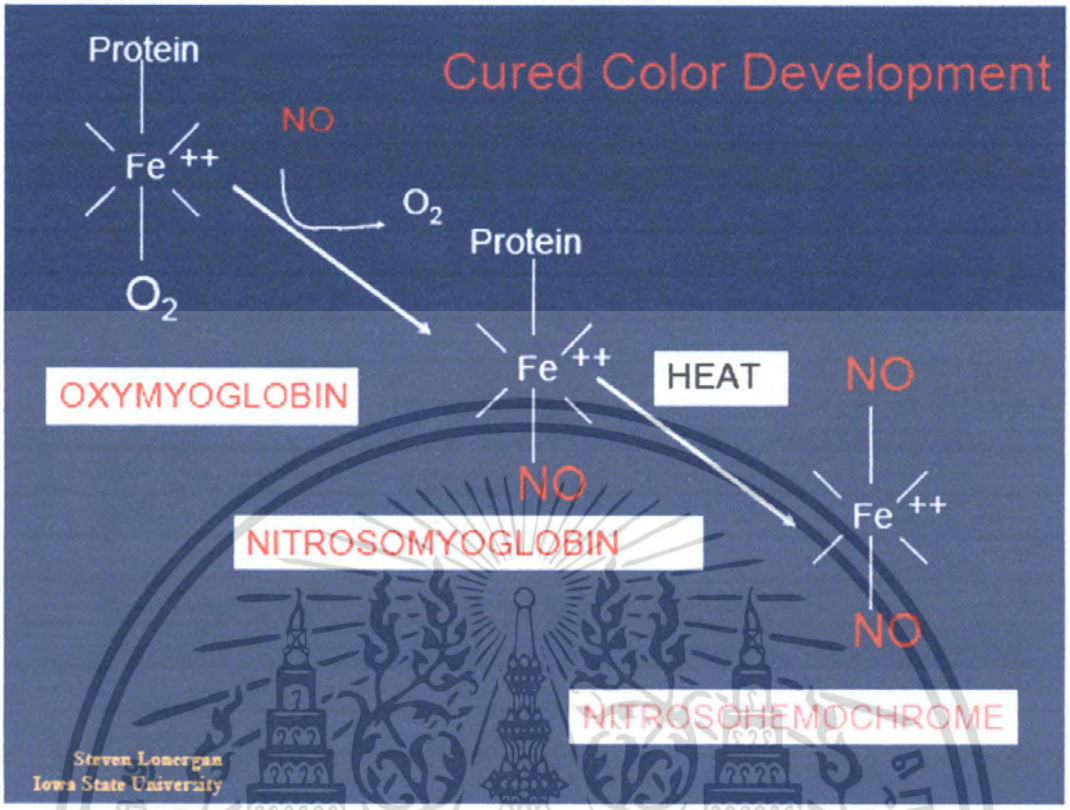
ไมโอโกลบิน (Myoglobin) เป็นสารสีของเนื้อสัตว์ โมเลกุลของไมโอโกลบินประกอบไปด้วยอะตอม (atom) ของแร่ธาตุเหล็กที่ประกอบไปด้วยกลุ่มของโปรตีน ที่ประกอบกันขึ้นมาจาก pyrrole ring จำนวนมาก และการเปลี่ยนแปลงไม่ว่าจะมีการเพิ่มหรือลดอิเล็คตรอนของอะตอมแร่ธาตุเหล็กนี้เองที่ทำให้สีเปลี่ยนแปลงไปได้ นอกจากนั้นชนิดสัตว์ที่ต่างกันก็จะมีปริมาณไมโอโกลบินที่ต่างกัน ซึ่งก็หมายถึงว่ามีสีแตกต่างกันไปด้วย เช่นเนื้อสุกรจะมีสีชมพูเทาในขณะที่เนื้อโคมีสีแดงจัด เนื้อสัตว์ขณะที่สัตว์ตายใหม่ๆนั้นจะมีสีเข้มคล้ำ แต่เมื่อได้สัมผัสกับออกซิเจนในอากาศแล้วไมโอโกลบินก็จะรวมตัวทำปฏิกิริยากับออกซิเจนไปเป็นออกซีไมโอโกลบิน ซึ่งมีสีสดขึ้น หรือในขณะเดียวกันก็อาจจะเกิดการสูญเสียอิเล็กตรอน (เรียกว่า 0xidation) ทำให้เปลี่ยนไปเป็นเมตไมโอโกลบินซึ่งเป็นสีน้ำตาลได้ด้วยเหมือนกัน การเปลี่ยนเป็นทั้งออกซีและเมตไมโอโกลบินนี้ อาจเปลี่ยนกันไปมาได้ ถ้าอยู่ภายใต้สภาวะที่เหมาะสมและในสภาวะคล้ายๆกันนี้ ไนตริกออกไซด์ซึ่งแปรสภาพมาจากไนไตรต์ก็อาจทำปฏิกิริยากับไมโอโกลบินหรือเมตไมโอโกลบินได้สารสีไนโตรไซไมโอโกลบิน (สีแดงเข้ม)

ในการหมักเนื้อสัตว์มีวัตถุประสงค์หลักคือ เป็นการสร้างสารสีที่คงทนและดึงดูดผู้บริโภค ปฏิกิริยาเคมีพื้นฐานสำคัญของการสร้างสีได้แก่ สมการเคมีดังนี้

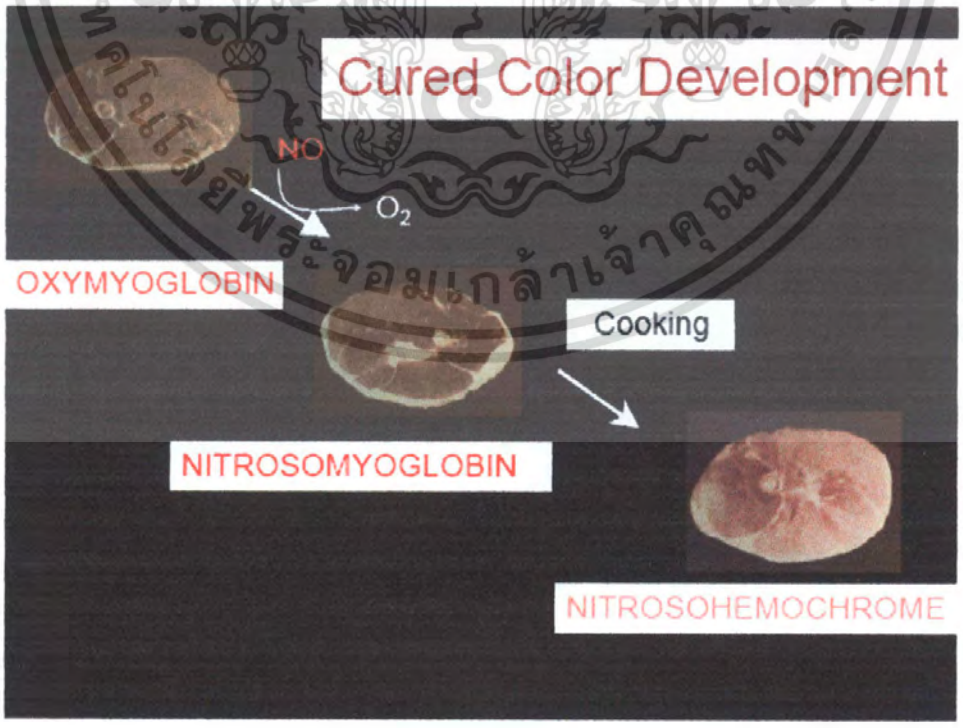
ไมโอโกลบิน+ไนตริกออกไซด์ ⟶ ไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน ⟶ (ความร้อน) ไนโตรไซฮีโมโครม

ไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบินมีสีแดงสดและเป็นสารสีในเนื้อหลังจากผ่านการหมักมาแล้วก่อนที่จะถูกความร้อนเพื่อทำให้สุก และเมื่อถูกความร้อนสารนี้ก็จะกลายเป็นสีที่คงทนซึ่งมีชื่อเรียกว่าไนโตรไซฮีโมโครม (Nitrosohemochrome) หรือในบางครั้งก็เรียกว่าไนโตรซิลฮีโมโครม และเป็นตัวสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีการเติมสารไนไตรต์ (Cooked cured meat color) ซึ่งมีสีชมพูนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.1 แสดงปฏิกริยาเคมีในการเกิดไนโตรโซฮีโมโครม



รูปที่2.2 แสดงสีของเนื้อที่มีไนโตรโซฮีโมโครม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในกรณีที่มีการใช้สารไนเตรต ในช่วงเวลาแรกๆของการหมักนั้น ไนเตรตจะถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนไตรต์ แล้วรีดิวซ์ต่อไปเป็นไนตริกออกไซด์ การรีดิวซ์ไปเป็นไนไตรต์นั้น จะมีแบคทีเรียประเภทที่ชื่อว่า nitrate-reducing แบคทีเรียซึ่งมีอยู่ในเนื้ออยู่แล้วช่วยในการแปรสภาพ แต่ถ้าใช้เฉพาะไนไตรต์เท่านั้น ก็เท่ากับว่าขั้นตอนนี้ถูกตัดออกไป จึงทำให้ปฏิกิริยาสร้างสีเป็นไปในเวลาที่สั้นกว่ามาก ส่วนปริมาณที่ใช้นั้นตามมาตรฐานของคณะกรรมการอาหารและยาสหรัฐอเมริกากำหนดให้มีในผลิตภัณฑ์สำเร็จคือไนไตรต์ ไม่เกิน 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) และ ไนเตรตไม่เกิน 500 ส่วนในล้านส่วน(ppm) ระดับการใช้สูงสุดของไนไตรต์จึงไม่ควรเกิน 240 กรัมต่อ 100 ลิตรน้ำเกลือ หรือ 600 กรัมต่อ 100 กิโลกรัมเกลือผสมในแบบทาและนวด หรือไม่เกิน 16 กรัมต่อ 100 กิโลกรัมเนื้อบดในไส้กรอก ซึ่งถ้าใช้ในระดับดังกล่าวก็จะทำให้มีไนไตรต์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สำเร็จต่ำกว่าที่กำหนดไว้ข้างต้นอย่างมาก โดยที่ยังคงให้สีของผลิตภัณฑ์ได้ตามต้องการ

ในการเปลี่ยนสภาพของไนไตรต์ไปเป็นไนตริกออกไซด์นั้น มีกลไกหลายประการด้วยกันที่รับผิดชอบอยู่ ถ้าเป็นรูปของน้ำเกลือบางส่วนของไนไตรต์จะอยู่ในรูปของกรดไนตรัส (HNO_2) ซึ่งขณะนั้นความเป็นกรดด่างของเนื้อปกติจะมีค่าประมาณ 5.5-6.0 จึงเป็นสภาวะแวดล้อมเหมาะสมที่กรดไนตรัสจะแปรสภาพ ไปเป็นไนตริกออกไซด์ดังแสดงในสมการต่อไปนี้

$$3HNO_2 \Leftrightarrow HNO_3 + 2NO + H_2O$$

ซึ่ง $2NO+H_2O$ เรียกว่า "ไนตริกออกไซด์" การเปลี่ยนแปลงทางเคมีนี้จะเป็นไปอย่างค่อนข้างช้า ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงด้วยวิธีนี้ จึงนับว่าไม่ค่อยมีความสำคัญเท่าใดนัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งในวิธีหมักแบบใหม่ๆที่นิยมกันอยู่ (หมักแบบฉีดน้ำเกลือ)

รูปที่ 2.3 ก แสดงปฏิกิริยาบางอย่างที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสีของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ปฏิกิริยาขั้นแรกๆประกอบไปด้วยการเปลี่ยนแปลงของไมโอโกลบินไปเป็นออกซีไมโอโกลบิน และ เมตไมโอ-โกลบินซึ่งได้กล่าวถึงมาแล้ว ในขั้นตอนต่อมา ไนตริกออกไซด์จะรวมตัวกับส่วนฮีม (heme) ของเมต-ไมโอโกลบินเป็นไนตริกออกไซด์เมตไมโอโกลบิน ซึ่งต่อมาก็จะถูกรีดิวซ์ไปเป็นไนโตรโซไมโอโกลบิน ซึ่งมีสีแดงเข้มอันเป็นสีของเนื้อที่ผ่านการหมักมาแล้ว การเกิดรีดักชันนี้หมายถึงการเพิ่มอิเล็กตรอนของเหล็กจาก Fe^{2+} ไปเป็น Fe^{3+} ซึ่งอาจเกิดขึ้นได้เองตามปกติในเนื้อหรือโดยการที่ reducing agent ไปช่วยให้เกิดขึ้น ก็อาจเป็นไปได้อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่อย่างไรก็ตามพึงระลึกเสมอว่าปฏิกิริยาที่เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติในกรณีแรกนั้นจะดำเนินไปช้ามาก ดังนั้น ในวิธีการหมักเช่นที่นิยมแพร่หลายปัจจุบันจึงน่าจะเป็นในประการหลังมากกว่า เกลือของกรดแอสคอร์บิก (แอสคอร์เบต) จะเกี่ยวข้องโดยการให้อิเล็กตรอนแก่ ferric state (Fe^{3+}) ของฮีม นอกจากนั้นกลุ่ม sulfhydryl (-SH) ซึ่งถูก

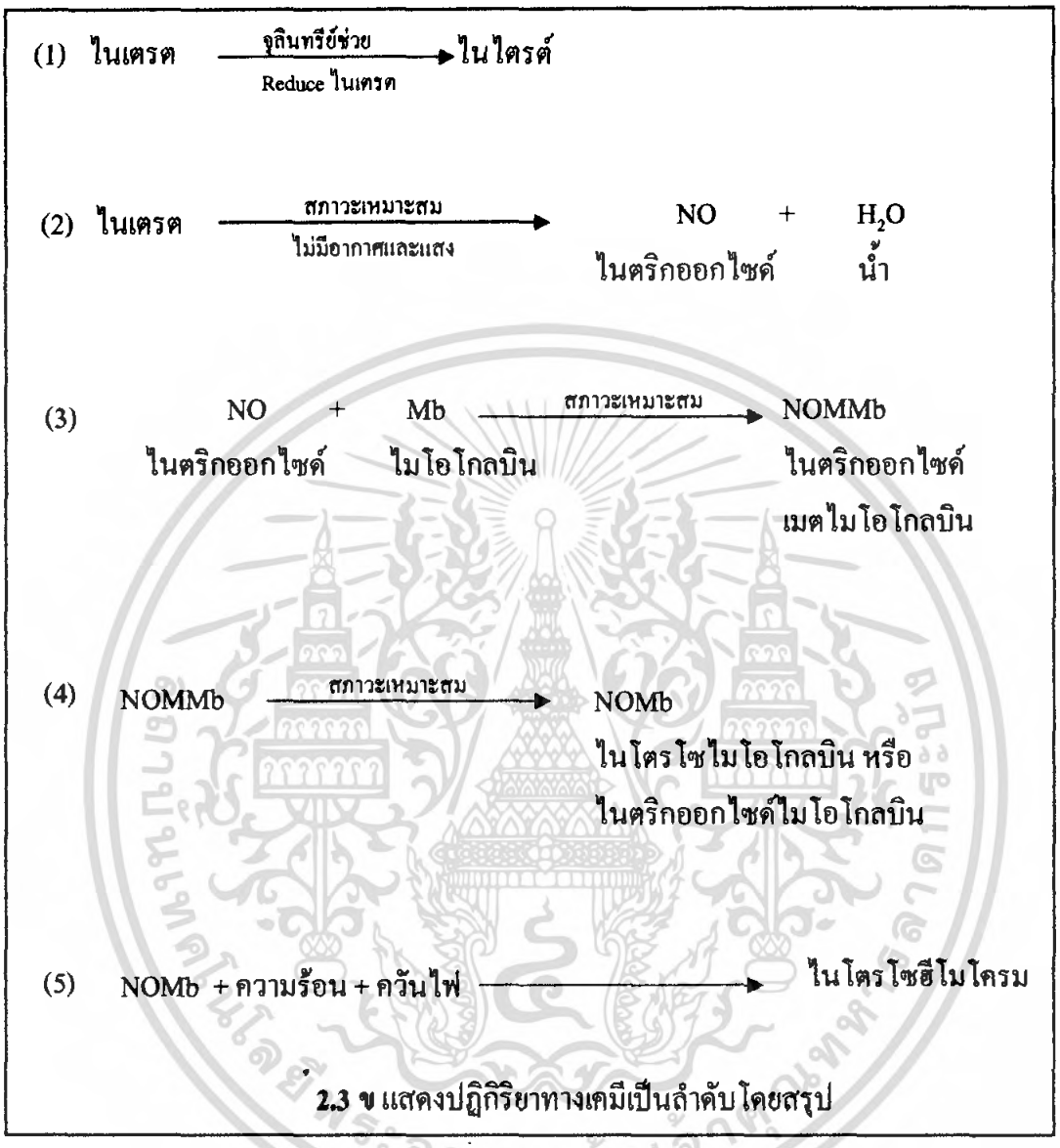
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปล่อยออกมาเป็นอิสระในขณะให้ความร้อนเพื่อทำให้สุก ก็จะมีส่วนช่วยเป็นอย่างมากต่อการเกิดรีดักชันของเมตไม-โอโกลบินหรือไนตริกออกไซด์ไมโอโกลบิน

รูปที่ 2.3 ข เป็นขั้นตอนการเกิดเป็นไนโตรโซฮีโมโครม ซึ่งประกอบไปด้วยการเกิด denatured ของโปรตีนเมื่อถูกความร้อน ซึ่งเป็นขั้นตอนเกือบสุดท้ายของการทำผลิตภัณฑ์ สีของไนโตรโซฮีโม-โครมเป็นสีชมพูซึ่งแตกต่างจากสีแดงเข้มของไนโตรโซไมโอโกลบิน และสีขณะนี้เองที่มีความคงทนตลอดอายุของผลิตภัณฑ์

2.3 ก แสดงปฏิกิริยาทางเคมีของการเปลี่ยนแปลงสีของเนื้อสดจนถึงผลิตภัณฑ์

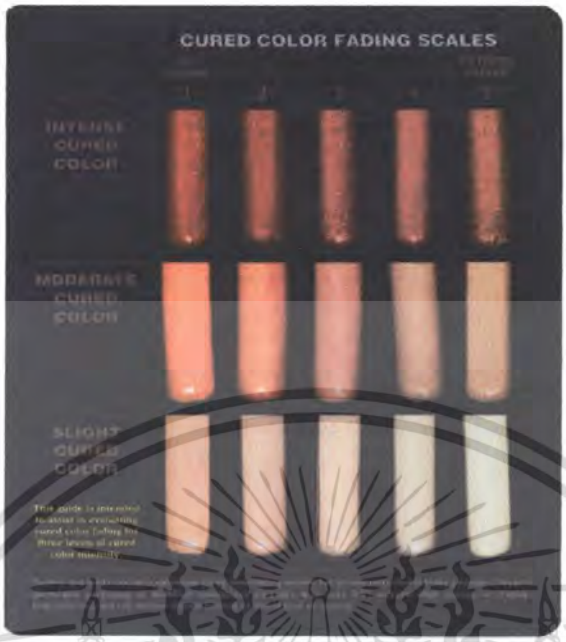
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2.3 ข แสดงปฏิกิริยาทางเคมีเป็นลำดับโดยสรุป

รูปที่ 2.3 แสดงการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของไมโอโกลบินต่อการสร้างสีของเนื้อที่ผ่านการหมักและเมื่อเป็นผลิตภัณฑ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 แสดงสีที่จางลงของผลิตภัณฑ์ไส้กรอกเนื่องจากปฏิกิริยา Photochemical Oxidation

Cured Pigment หรือ Nitrosohemochrome คือสีที่เกิดจากการเติมไนไตรต์ลงไปในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ ในการวัดปริมาณ Cured Pigment นั้นสามารถทำได้โดยการใช้เทคนิคในการวัดการดูดกลืนแสงของ Pigment ที่สกัดออกมาจากผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และสามารถหาค่า ppm Nitrosohemochrome ได้จาก Optical density ที่ 540 นาโนเมตร

Total Pigments คือสารสีรวมทั้งหมดที่อยู่ในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ที่มีองค์ประกอบของ heme อยู่ในโครงสร้าง สามารถวัด Total Pigments ได้โดยการวัดการดูดกลืนแสงของ Pigment ได้จาก Optical - density ที่ 640 นาโนเมตร

การเกิด Cured color ในระดับที่ดีนั้นควรจะวัด % Nitrosohemochrome ได้มากกว่า 90% ในระดับปานกลางจะมีค่า 80% และถ้าบรรจุภัณฑ์มีการรั่ว จะวัดได้ 45%-60%

2.2 การเปลี่ยนแปลงสีผลิตภัณฑ์

ไนโตรโซฮีโมโครมเป็นสารสีที่คงทนต่อความร้อน ดังนั้น ในการใช้ความร้อนทำให้สุกตามขั้นตอนจึงไม่มีผลใดๆ ต่อสีของผลิตภัณฑ์ แต่ในแง่ของการเปลี่ยนสีนี้ ทั้งไนโตรโซไมโอโกลบินและไนโตรโซฮีโมโครมนั้น อาจสูญเสียสีหมดไปเลยก็ได้ถ้าถูกแสง ดังนั้นการเปลี่ยนแปลงนี้จึงค่อนข้างสำคัญ โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ถ้ามีการวางผลิตภัณฑ์ไว้รอจำหน่ายในตู้ที่ใช้แสงไฟนีออนค่อนข้างแรง และปล่อยให้เนื้อสัมผัสอากาศโดยเปิดถุงหรือไม่ได้ห่อไว้ ภายใต้สภาวะเช่นนี้ สีของเนื้อจะจางลงได้ภายในเวลาเพียง 1 ชั่วโมงเท่านั้น แต่ถ้าเป็นเนื้อสดสีอาจอยู่ได้นานถึง 3 วันหรือมากกว่านั้น การเกิดปฏิกิริยา

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นนี้มีอยู่ 2 ขั้นตอนด้วยกัน คือ (1) การแยกตัวของไนตริกออกไซด์ออกจากฮีมโดยมีแสงเป็นตัวเร่ง และ (2) การเกิดออกซิเดชันของไนตริกออกไซด์ โดยออกซิเจนจากบรรยากาศและต่อจากนั้นส่วนฮีมเองก็จะเริ่มออกซิไดซ์ สีของเนื้อขณะนี้ก็จะกลายเป็นสีน้ำตาล ทั้งนี้เพราะสารสีที่จางแล้วนั้นมีฮีมที่อยู่ในสภาวะเฟอริก (Fe^{+3})

วิธีป้องกันที่ได้ผลดีนั้นก็คือ การไม่ให้มีออกซิเจนสัมผัสกับผิวหน้าของเนื้อ ซึ่งก็อาจทำได้โดยการบรรจุในถุงสุญญากาศหรือถุงที่ทำจากวัสดุซึ่งกันออกซิเจนซึมเข้าได้ และด้วยวิธีนี้จึงเท่ากับป้องกันมิให้ไนตริกออกไซด์เกิดการออกซิไดซ์ ซึ่งก็จะสามารถไปรวมตัวเข้ากับฮีมได้ตามปกติ อีกวิธีหนึ่งที่ได้ผลก็คือ การใช้แอสคอร์เบตในขณะหมักหรือการฉีดพ่นไปบนผิวหน้าของเนื้อเลยโดยตรง ซึ่งก็อาจอธิบายได้ว่าแอสคอร์เบตจะช่วยผลิตไนตริกออกไซด์ ออกมาจากไนไตรต์ที่ยังคงเหลืออยู่ในเนื้อ ดังนั้นที่ผิวหน้าเนื้อจึงมีไนตริกออกไซด์ผลิตออกมาแทนที่อยู่เรื่อยๆได้

การที่มีไขมันซึ่งเกิดเหม็นหืนแล้วอยู่ในเนื้อ ก็อาจเป็นอีกสาเหตุหนึ่งที่อาจทำให้สีจางลง ทั้งนี้เพราะกรดไขมันไม่อิ่มตัวจะเกิดออกซิไดซ์ และการเกิดออกซิเดชันของสารหนึ่งนั้น ก็จะทำให้เกิดออกซิเดชันในอีกสารหนึ่งได้ ซึ่งในที่นี้คือไนตริกออกไซด์

การเปลี่ยนสีอีกชนิดหนึ่ง เป็นผลสืบเนื่องมาจากแบคทีเรีย ซึ่งจะปรากฏเป็นสีเขียวบนผิวหน้าของผลิตภัณฑ์ สาเหตุของการนี้สืบเนื่องมาจากขั้นตอนต่างๆในการทำผลิตภัณฑ์นั้นไม่สะอาดเพียงพอ แบคทีเรียเหล่านี้อาจปนเปื้อนจากเครื่องมือ คน หรือแหล่งอื่นๆในห้องทำผลิตภัณฑ์ แล้วจึงเจริญเติบโตผลิตไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ออกมา ซึ่งก็จะไปออกซิไดซ์สารสีของผลิตภัณฑ์เนื้ออีกต่อหนึ่ง

2.3 หลักสาธารณสุขของการใช้เกลือไนไตรต์

บทบาทสำคัญของเกลือไนไตรต์และไนเตรต คือ

- ทำให้ผลิตภัณฑ์มีสีชมพูคงตัว
- ช่วยเพิ่มรสชาติและกลิ่นรสให้แก่ผลิตภัณฑ์
- ยับยั้งการเจริญของ *Clostridium botulinum*
- ยับยั้งการเกิดกลิ่นหืนของไขมัน

ข้อควรระวังในการเติมไนไตรต์ก็คือ สารตกค้างของไนไตรต์สามารถไปรวมตัวกับ เอมีนเป็นผลให้เกิดสารที่ชื่อ ไนโตรซามีน ซึ่งมีรายงานว่าเป็นสารก่อมะเร็ง

การบริโภคไนไตรต์เข้าไปโดยตรงมากเกินไปนั้น มีอันตรายต่อสุขภาพและเป็นพิษ โดยถ้าบริโภคเข้าไปเกิน 15-20 มิลลิกรัม ต่อกิโลกรัมน้ำหนักตัวอาจถึงตายได้

ได้มีการค้นคว้าวิจัยถึงอันตรายของการใช้ไนไตรต์ ไนเตรตในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์กันอย่างมาก เพราะมีผู้พบว่าสารเหล่านี้อาจมีส่วนเกี่ยวข้องกับการเป็นมะเร็ง โดยสร้างสารที่เรียกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ไนโตรซามิน (Nitrosamine) ขึ้นมาภายใต้บางสภาวะ โดยเฉพาะในผลิตภัณฑ์เนื้อที่มีการทอดด้วยความร้อนสูงและสารนี้ได้รับการพิสูจน์ว่าเป็นสาเหตุหนึ่งของโรคมะเร็งในสัตว์ทดลอง

การที่จะเลิกใช้ไนไตรต์ ไนเตรต ในการทำผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์นั้นมีข้อมูลอีกประการหนึ่งที่จะมองข้ามไปไม่ได้ คือ ไนไตรต์เป็นตัวการสำคัญที่สามารถหยุดยั้งการเพาะตัวขึ้นของสปอร์แบคทีเรียชื่อ *Clostridium botulinum* และจึงป้องกันการสร้างสารพิษ ของแบคทีเรียนี้อย่างได้ผล เป็นที่ทราบกันโดยทั่วไปว่าการที่มีไนไตรต์เหลืออยู่ในผลิตภัณฑ์สำเร็จเพียง 200 ส่วนในล้านส่วน (ppm) ซึ่งเป็นระดับต่ำสุดที่จะมีผลการป้องกันและกำจัดเชื้อแบคทีเรียชนิดร้ายแรงนี้ได้ ดังนั้น การใช้ไนไตรต์ ไนเตรตจึงเป็นคุณมากกว่าโทษ

2.4 ทฤษฎีเกี่ยวกับชุดอุปกรณ์

2.4.1 ทฤษฎีเกี่ยวกับไดโอดเปล่งแสง

รูปที่ 2.5 แสดงภาพส่วนประกอบภายในของไดโอดเปล่งแสง

ไดโอดเปล่งแสงหรือเรียกย่อๆ ว่า LED (Light Emitting Diode) เป็นอุปกรณ์ที่ให้แสงสว่าง เมื่อนำมาเชื่อมต่อเข้ากับวงจรไฟฟ้า ไดโอดมีหลายชนิด เช่น โฟโตไดโอด (Photo Diode) ทันเนลไดโอด (Tunnel Diode) ซีเนอร์ไดโอด (Zener Diode) และ LED เป็นไดโอดที่สามารถเปล่งแสงออกมาได้ ซึ่งแสงที่เปล่งออกมา ประกอบด้วยคลื่นความถี่เดียวและเฟสต่อเนื่องกัน แตกต่างจากแสงธรรมดาที่ตาคนมองเห็น อันประกอบด้วย คลื่นซึ่งมีเฟสและความถี่ต่าง ๆ กันมารวมกัน ส่วนมากนิยมนำ LED มาทำตัวบ่งบอกสัญญาณปิด-เปิด ในอุปกรณ์ ไฟฟ้า สัญญาณไฟจราจร อุปกรณ์ส่องสว่างแบบต่างๆ ต้นกำเนิดแสงให้กับจอภาพ แป้นตัวเลขของโทรศัพท์มือถือ เป็นต้น โครงสร้างของ LED ถูกหุ้มด้วยเลนส์ที่ทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากอีพ็อกซีสีใดสีหนึ่ง เพื่อป้องกันความเสียหายที่อาจเกิด กับตัวชิพกึ่งตัวนำ (semi-conductor chip) ที่อยู่ภายใน และเป็นส่วนที่กรองช่วงความยาวคลื่นแสงที่ต้องการออกมา การเปล่งแสงของ LED เกิดขึ้นจากการแผ่รังสีพลังงานแม่เหล็กไฟฟ้าจากชิปกึ่งตัวนำ ซึ่งจะให้แสงสีที่แตกต่าง กันไปตามวัสดุที่ใช้ทำชิป โดยทั่วไปมักเป็นสารประกอบของธาตุแกลเลียม อาร์เซนิค และฟอสฟอรัส การนำ LED มาทำหลอดไฟนั้น จำเป็นต้องมีกรรมวิธีสร้างแสงสีขาวซึ่งอาจจะใช้วิธีรวมแสงจากหลอดไฟ LED หลายๆ ดวงเข้า ด้วยกัน หรือการใช้ฟอสฟอรัสฉาบภายในเลนส์รวมแสงอีพ็อกซี ซึ่งจะทำให้เกิดแสงสีขาวนวลเช่นเดียวกับ หลอดฟลูออเรสเซนต์ หลอด LED มีแนวโน้มว่าจะถูกนำมาแทนที่หลอดไส้ที่เราใช้กันอยู่ในปัจจุบัน เพราะมีอายุ การใช้งานที่ยาวนานและสิ้นเปลืองพลังงานต่ำ

2.4.2 ตัวตรวจวัดแสง (Photo detector)

รูปที่ 2.6 ดีเทคเตอร์ที่ใช้ในการทดลอง

Photo detector เป็นอุปกรณ์ที่เปลี่ยนสัญญาณแสงที่ตกกระทบตัวเครื่องให้กลายเป็นสัญญาณไฟฟ้า เช่น ศักย์หรือกระแส Photo detector หลายๆ ชนิดจะทำการแปลงสัญญาณนี้โดยการสร้างคู่อิเล็กตรอน-โฮลอิสระ (electron-hole pairs) ขึ้นจากการดูดกลืนโฟตอน อิเล็กตรอนอิสระนี้จะเกิดขึ้นในแถบการนำและโฮลอิสระเกิดในแถบวาเลนซ์ พาหะอิสระเหล่านี้จะเกิดการเลื่อนในอุปกรณ์วัดจนสร้างสนามไฟฟ้าและทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า (photocurrent, Iph) ประจุไฟฟ้า ที่เกิดขึ้นทั้งหมดจะถูกเก็บสะสมรวบรวมไว้ที่วงจรภายนอกหรือประจุไว้ในแบตเตอรี่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประเภทของ Photo detector

Photo detector สามารถแบ่งออกเป็นประเภทต่างๆ ได้อย่างหลากหลายตามแต่การนำไปใช้งาน แต่โดยทั่วไปแล้วจะสามารถแบ่งได้ดังนี้ Photo resistor, Photovoltaic cell, Photodiode และ Photomultiplier Tube

Photo resistor หรือ Light Dependent Resistor (LDR) เป็นอุปกรณ์ที่ค่าความต้านทานมีการเปลี่ยนแปลง เมื่อปริมาณความเข้มแสงที่ตกกระทบมีการเปลี่ยนแปลง โดยจะมีค่าลดลงเมื่อความเข้มแสงมีค่าเพิ่มขึ้น Photo resistor ทำมาจากสารกึ่งตัวนำที่มีค่าความต้านทานสูง ซึ่งโดยทั่วไปแล้วจะผลิตจาก Cadmium Sulfide (CdS) ซึ่งมีความไวในช่วงแสงขาว หรือมีส่วนประกอบของ Lead Sulfide (PbS), Lead Selenide (PbSe) และ Lead Telluride (PbTe) ที่มีความไวในช่วงอินฟราเรด Photo detector ชนิดนี้จะทำงานก็ต่อเมื่อแสงที่ตกกระทบมีความถี่เพียงพอที่จะทำให้อิเล็กตรอนในแถบวาเลนซ์กระโดดไปยังแถบการนำกลายเป็นอิเล็กตรอนอิสระที่สามารถนำกระแสไฟฟ้า ที่อุณหภูมิห้องจำนวนอิเล็กตรอนอิสระที่เกิดขึ้นจะถูกจำกัด แต่เมื่อเพิ่มความเข้มแสง การนำไฟฟ้าก็จะมีค่าเพิ่มมากขึ้น และเวลาในการตอบสนองจะขึ้นอยู่กับความบริสุทธิ์ของพาหะ ซึ่งโดยทั่วไปจะอยู่ที่ประมาณ 50 มิลลิวินาที Photo resistor มีราคาไม่แพงมากนัก มีขนาดเล็ก และนำไปใช้งานอย่างแพร่หลาย เช่น มิเตอร์วัดแสงของกล้องถ่ายรูปสัญญาณเตือนความปลอดภัย หรือไฟตามท้องถนนที่เปิด-ปิดได้อย่างอัตโนมัติตามระดับความเข้มของแสงอาทิตย์ เป็นต้น

Photovoltaic cell หรือ Solar cell เซลล์สุริยะ เป็นอุปกรณ์ที่อาศัยปรากฏการณ์ไฟโตอิเล็กตริก (Photoelectric Effect) ในการให้กำเนิดกระแสไฟฟ้าจากแสงสว่าง โดยส่วนประกอบหลัก คือ ซิลิกอนที่ถูกโดป (การเพิ่มสารเพียงเล็กน้อยเข้าไปในสารกึ่งตัวนำเพื่อให้มีลักษณะเฉพาะตามต้องการ) ด้วยสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอน เป็น 5 เช่น อาร์เซนิก หรือ ฟอสฟอรัส จนได้เป็นสารที่ เรียกว่า n-type หรือสารที่มีวาเลนซ์อิเล็กตรอนเป็น 3 เช่น โบรอน จนได้เป็น p-type

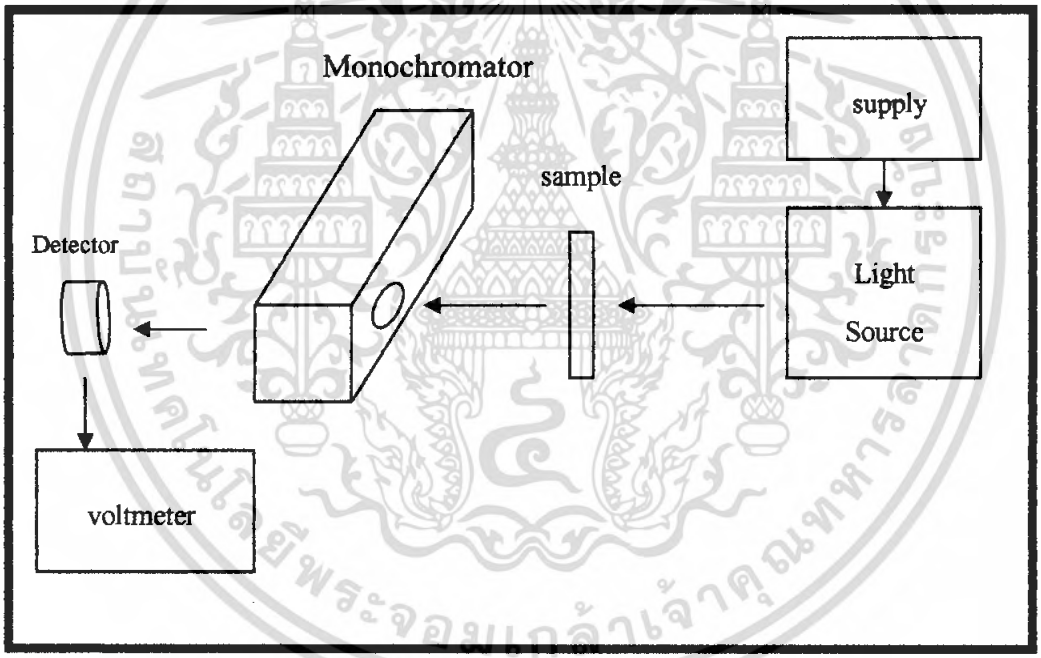
กระแสไฟฟ้าที่ได้จาก Photo detector ประเภทนี้จะเป็นกระแสตรงที่สามารถประจุเข้าแบตเตอรี่หรือทำการแปลงสัญญาณให้เป็นกระแสสลับได้ด้วยอินเวอร์เตอร์ เซลล์สุริยะมีการนำไปใช้ในการให้พลังงานกับอุปกรณ์ต่างๆ มากมาย เช่น ดาวเทียม เครื่องคิดเลข ป้ายโฆษณา อุปกรณ์ไฟฟ้าทั่วๆ ไปในบ้าน หรือป้อนกลับเข้าสู่ระบบ เป็นต้น เซลล์สุริยะมีทั้งแบบที่ทำมาจากซิลิกอนผลึกเดี่ยว แบบหลายๆ ผลึกและที่ไม่เป็นผลึก โดยแบบผลึกเดี่ยวจะให้ประสิทธิภาพมากที่สุดแต่จะมีราคาแพงมากที่สุด

Photodiodes เป็นอุปกรณ์ประเภทหนึ่งของ Photo detector มักใช้ตรวจวัดความเข้มแสงในงานทางด้านวิทยาศาสตร์และในอุตสาหกรรมที่ต้องการความแม่นยำสูง สารกึ่งตัวนำที่นิยมนำมาทำเป็น Photodiode ได้แก่ ซิลิกอน แกลเลียมไนไตรด์ และซิลิกอนคาร์ไบด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุปกรณ์วัดประเภทนี้มีลักษณะเป็น p-n junction ได้แก่ PN Photodiode, PIN Photodiode และ Avalanche Photodiode (APD) โดย Photodiode อย่างง่ายที่สุดคือแบบ PN ซึ่งสามารถ ทำงานได้ 2 แบบ คือ Photovoltaic Mode ซึ่งจะทำงานได้โดยไม่ต้องใส่ศักย์ไฟฟ้าเพิ่มเข้าไป และ Photoconductive Mode ซึ่งทำงานได้เมื่อมีการป้อนศักย์ไฟฟ้าในลักษณะ reverse bias สำหรับการตอบสนองนั้น ในแบบ Photoconductive Mode จะให้ผลที่รวดเร็วกว่า เพราะมีชั้น depletion region ที่กว้างกว่าและสนามไฟฟ้าที่แรงกว่า เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนประจุพาหะไปยังขั้วไฟฟ้าลดลง แต่มีข้อเสียตรงที่จะมีสัญญาณรบกวนเมื่อมีกระแสรั่วไหล

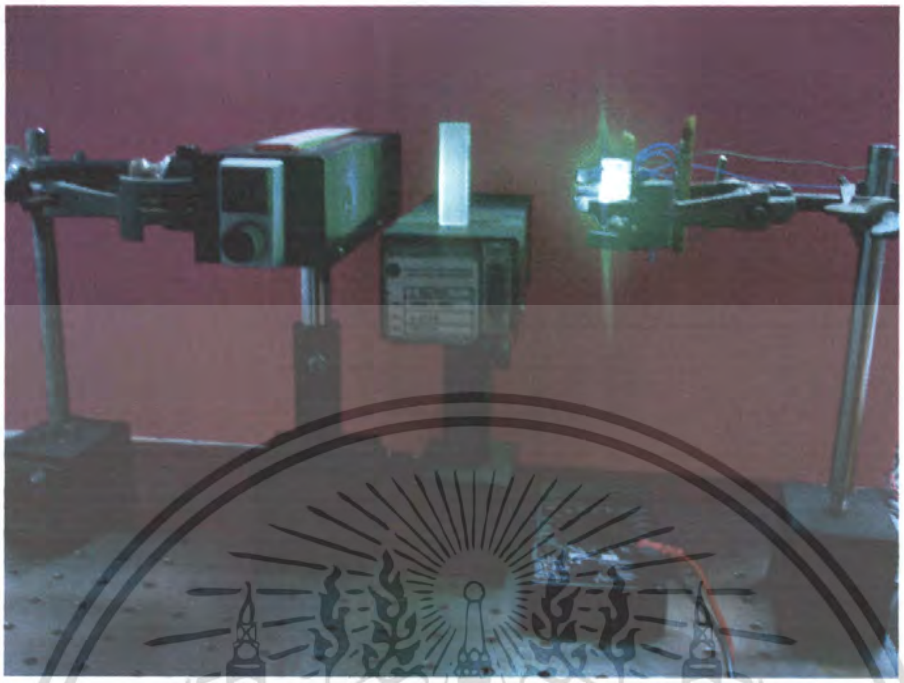
2.5 หลักการทำงานเกี่ยวกับชุดอุปกรณ์



รูปที่ 2.7 แสดงไดอะแกรมการจัดวางชุดอุปกรณ์

จากรูปที่ 2.7 เมื่อแหล่งจ่ายไฟ(Supply) ทำหน้าที่จ่ายไฟให้กับ แหล่งกำเนิดแสง(Light Source) จากแหล่งกำเนิดแสง จะทำหน้าที่ยิงแสงไปที่สารละลายตัวอย่าง ผ่านเข้า Monochromator ซึ่ง Monochromator จะใช้สำหรับเลือกความยาวคลื่นที่เราต้องการ ผ่านเข้า Detector ซึ่ง Detector จะทำการแปลงสัญญาณที่ออกมาจาก Monochromator เป็นสัญญาณทางไฟฟ้า แล้วแสดงว่าออกมาที่ Voltmeter

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.8 การจัดวางชุดอุปกรณ์ขณะทำการทดลอง

หลักการทำงานของชุดอุปกรณ์นี้เป็นหลักการง่ายๆ ไม่มีความยุ่งยากซับซ้อน โดยให้แหล่งกำเนิดแสงส่องผ่านตัวอย่าง เข้าไปยังโมโนโครมาเตอร์และวัดความเข้มแสงออกมาทางโวลต์มิเตอร์จากนั้น นำค่าความต่างศักย์ที่ได้มาแปลงเป็นค่าการทะลุผ่านของแสง (Transmission) จากสมการที่ (2.1)

$$T = \frac{I_T - I_0}{I_0} \qquad (2.1)$$

เมื่อ T คือ การทะลุผ่านของแสง

I_0 คือ ความเข้มแสงที่ทะลุผ่านblank (mV)

I_T คือ ความเข้มแสงที่ทะลุผ่านตัวอย่าง (mV)

และเราสามารถหาค่าการดูดกลืนของแสง(A) ได้จากสมการที่ (2.2)

$$A = \log\left(\frac{1}{T}\right) \qquad (2.2)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการทดลอง

3.1 การศึกษาการดูดกลืนแสงของสารสีในผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยใช้เนื้อสันนอกสุกร

3.1.1 อุปกรณ์

1. เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer	1 เครื่อง
2. คิวเวต แบบ Quartz และ แบบ Glass	4 อัน
3. บีกเกอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร	10 ใบ
4. แท่งคนสาร	2 อัน
5. กระดาษกรอง Whatman เบอร์ 1	24 แผ่น
6. อะซีโตน	40 มิลลิลิตร
7. กรดไฮโดรคลอลิกเข้มข้น	5 มิลลิลิตร
8. โซเดียมไนไตรต์	0.09 กรัม
9. น้ำ	3 มิลลิลิตร
10. เนื้อหมูสันนอก(ไม่ติดมัน)	450 กรัม
11. มีด	1 เล่ม
12. เขียง	1 อัน
13. อลูมิเนียมฟอยล์	
14. เครื่องปั่น Moulinex	1 เครื่อง
15. นาฬิกาจับเวลา	
16. เครื่องบรรจุสุญญากาศ	

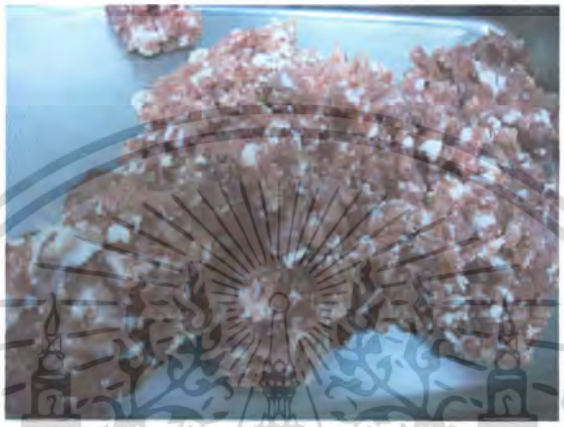
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

3.1.2 วิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างเนื้อหมูบด ที่มีปริมาณเกลือโซเดียมไนไตรต์ 0, 200 และ 400 ppm

1. นำเนื้อหมูสันนอกมาหั่นเป็นชิ้นเล็กๆ แล้วนำไปปั่นหยาบๆ ด้วยความเร็วระดับ 1 เป็นเวลา 1 นาที



รูปที่ 3.1 เนื้อหมูที่นำไปปั่นแล้ว

2. แบ่งเนื้อหมูที่ปั่นเสร็จแล้ว เป็น 3 ชุดๆ ละ 150 กรัม

3. เตรียมสารละลายเกลือโซเดียมไนไตรต์ที่ 200 ppm และ 400 ppm โดยชั่งเกลือโซเดียมไนไตรต์ปริมาณ 0.03 กรัม และ 0.06 กรัม สำหรับตัวอย่างเนื้อสันนอกที่ 200 ppm และ 400 ตามลำดับ

4. นำเกลือโซเดียมไนไตรต์ที่ชั่งไว้แต่ละชุด มาละลายในน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เพื่อช่วยในการกระจายตัวของเกลือโซเดียมไนไตรต์

5. เตรียมตัวอย่างเนื้อหมูบดที่มีความเข้มข้น 0 ppm เกลือโซเดียมไนไตรต์ โดยนำหมูบด 150 กรัม ที่เตรียมไว้มาปั่นละเอียดรวมกับน้ำกลั่น 1 มิลลิลิตร เป็นเวลา 1 นาที

6. เตรียมเนื้อหมูบดที่ความเข้มข้น 200 ppm เกลือโซเดียมไนไตรต์ โดยนำหมูบด 150 กรัม ที่เตรียมไว้อีก 2 ชุด ใส่ลงในโถปั่น เติมสารละลาย 1 มิลลิลิตร ของเกลือโซเดียมไนไตรต์ ปริมาณ 0.03 กรัม ปั่นเป็นเวลา 1 นาที จากนั้นจึงเตรียมเนื้อหมูบดที่มีความเข้มข้น 400 ppm ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
81607

รูปที่ 3.2 แสดงสีของเนื้อหมูที่เปลี่ยนไปจากการเติมโซเดียมไนไตรต์

7. ชั่งเนื้อหมูบดที่ 0, 200 และ 400 ppm จากข้อ 5 และ 6 มาชนิดละ 30 กรัม ปั้นเป็นก้อนกลมและทำให้แบนลงเหมือนแฮมเบอร์เกอร์ (หนาประมาณ 5 มิลลิเมตร) วางลงบนอลูมิเนียมฟอยล์ ทั้งนี้ต้องระวังไม่ให้เกิดการปนเปื้อนของเกลือโซเดียมไนไตรต์ระหว่างแต่ละตัวอย่าง

8. นำตัวอย่างหมูบดจากข้อ 7 เข้าอบที่ 250 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 20 นาที ในเตาอบที่มีการอุ่นเครื่องไว้ก่อนจนได้อุณหภูมิที่ต้องการ

รูปที่ 3.3 แสดงการอบเนื้อหมู

9. เมื่อครบกำหนดเวลา นำหมูบดอบสุกที่ได้ออกจากเตาอบ ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องจนเย็น จึงนำไปบรรจุในถุงสุญญากาศ

10. นำตัวอย่างหมูบดอบสุกที่ได้ไปเก็บไว้ในตู้เย็น เป็นเวลา 1 วัน เพื่อรอการวิเคราะห์หาปริมาณ Nitrosohemochrome

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การวิเคราะห์หาปริมาณ Nitrosohemochrome

1. เตรียมสารละลาย blank ของอะซีโตนกับน้ำ โดยใช้ อะซิโตน 80% และ น้ำ 20%

2. เตรียมสารละลายของอะซีโตนกับน้ำ ที่อัตราส่วน 40:3โดยใช้อะซีโตน 40 มิลลิลิตร และน้ำ 3 มิลลิลิตร

3. สุ่มตัวอย่างเนื้อหมูบดมา 20 กรัม สับให้ละเอียด และใส่ลงในบีกเกอร์ ขนาด 150 มิลลิลิตร ซึ่งหุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์เพื่อลดการเกิด Photo Chemical Oxidation

4. เติมสารละลายอะซีโตนต่อน้ำ (40:3) ที่เตรียมไว้ในข้อ 2 ลงในบีกเกอร์ที่มีตัวอย่างเนื้อหมู

5. คนส่วนผสมและทิ้งไว้เป็นเวลา 5 นาที เพื่อสกัด Nitrosoheme และคนในระหว่างนั้นเป็นระยะๆ

6. หลังจาก 5 นาที นำสารละลายเทผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยอลูมิเนียมฟอยล์

7. เทสารละลายที่ได้ในข้อ 6 ลงในคิวเวทท์แก้ว เพื่อวัดการดูดกลืนแสงโดยใช้ UV-Visible กำหนดความยาวคลื่นที่ 540 นาโนเมตร

รูปที่ 3.4 แสดงภาพบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์

การวิเคราะห์หาค่า Total heme Pigment

1. เตรียมสารละลาย blank โดยใช้ อะซิโตน 80 % กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 2% และ น้ำ 18%

2. เตรียมสารละลายโดยใช้ อะซิโตน 40 มิลลิลิตร น้ำ 2 มิลลิลิตร และ กรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 มิลลิลิตร และ เตรียมไส้กรอกสับละเอียด 20 กรัมในบีกเกอร์ที่มีอะลูมิเนียมฟอยล์หุ้มเพื่อลดการเกิด Photochemical oxidation แล้วนำสารละลายที่เตรียมไว้เทผสมลงไป

3. ทิ้งไว้ที่อุณหภูมิห้องเป็นเวลา 1 ชม. โดยคนเป็นครั้งคราว

4. หลังจาก 1 ชม. นำสารละลายเทผ่านกระดาษกรอง whatman เบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ที่หุ้มด้วยอะลูมิเนียมฟอยล์

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. นำสารละลายที่ได้ในข้อ 4 มาวัดการดูดกลืนโดยใช้ UV-Visible Spectrophotometer กำหนดความยาวคลื่น 600-700 นาโนเมตร

การคำนวณ

1. คำนวณหาค่า ppm ของ Nitrosohemochrome โดย

A_{540} x 290 = ppm ของ Nitrosohemochrome

2. คำนวณหาค่า ppm ของ Total heme Pigment โดย

A_{640} x 680 = ppm ของ Total heme Pigment

3. คำนวณหาค่าร้อยละ ของ Nitrosoheme จาก

$$\% \text{ Nitrosoheme} = \frac{\text{ppm Nitrosohemochrome}}{\text{ppm total pigment}} \times 100 \qquad (2.3)$$

3.2 การสร้างชุดอุปกรณ์

อุปกรณ์

1. ไดโอดเปล่งแสงสีแดงและสีเขียว	14	ตัว
2. ตัวต้านทาน 330 โอห์ม	28	ตัว
3. แหล่งกำเนิดไฟฟ้า 5 โวลต์	1	ชุด
4. ตัวแยกแสง (Monochromator)	1	ตัว
5. Detecter	1	ตัว
6. โวลล์มิเตอร์	1	เครื่อง
7. ที่จับ (Holder) และ ขาตั้ง	2	ชุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิธีการจัดชุดอุปกรณ์

1. ต่อไดโอดเปล่งแสง 14 ตัว ให้มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 1นิ้วเพื่อใช้เป็นแหล่งกำเนิดแสง

รูปที่ 3.5 แหล่งกำเนิดแสง

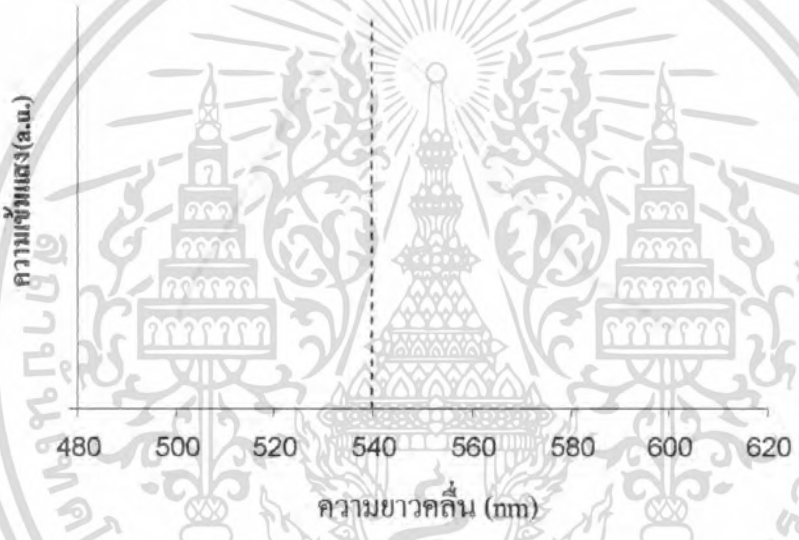
2. ใช้ที่จับ(Holder) เป็นตัวยึด แหล่งกำเนิดแสง และ Detector
3. ปรับแหล่งกำเนิดแสงและDetecter ให้ตรงกับช่องรับและปล่อยแสงของ Monochomator โดยสังเกตจากโวลต์มิเตอร์ที่ให้ค่าแรงดันสูงที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
ผลการทดลองและอภิปรายผล

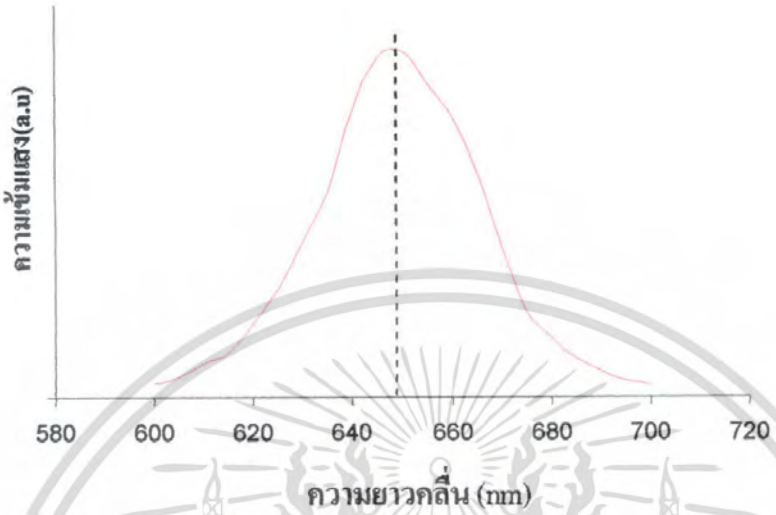
4.1 ผลการวัดแถบพลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงที่ใช้ในการทดลอง

ใช้ Monochomator ในการวัด พบว่า ค่าความยาวคลื่นที่วัดได้อยู่ในช่วง 535-540 นาโนเมตร และ 645-650 นาโนเมตร ซึ่งใกล้เคียงกับค่าที่ต้องการ



รูปที่ 4.1 แถบพลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงสีเขียว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 แถบพลังงานแสงของแหล่งกำเนิดแสงสีแดง

4.2 ผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยใช้เนื้อหมูสันนอก

การทดสอบการดูดกลืนแสงของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์โดยใช้เนื้อสันนอก โดยการผสมเนื้อหมูสันนอกที่บดละเอียด เข้ากับโซเดียมไนไตรต์ในปริมาณที่แตกต่างกันคือ 0,200 และ 400 ppm ตามลำดับ แล้วทำการวัดโดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer วัดค่าการดูดกลืน โดยเริ่มทำการเตรียมตัวอย่าง แล้วทำการวัดในวันถัดไป

รูปที่ 4.3 แสดงลักษณะของสีผลิตภัณฑ์เนื้อหมูตัวอย่าง ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 0 ppm 200 ppm. และ 400 ppm. ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

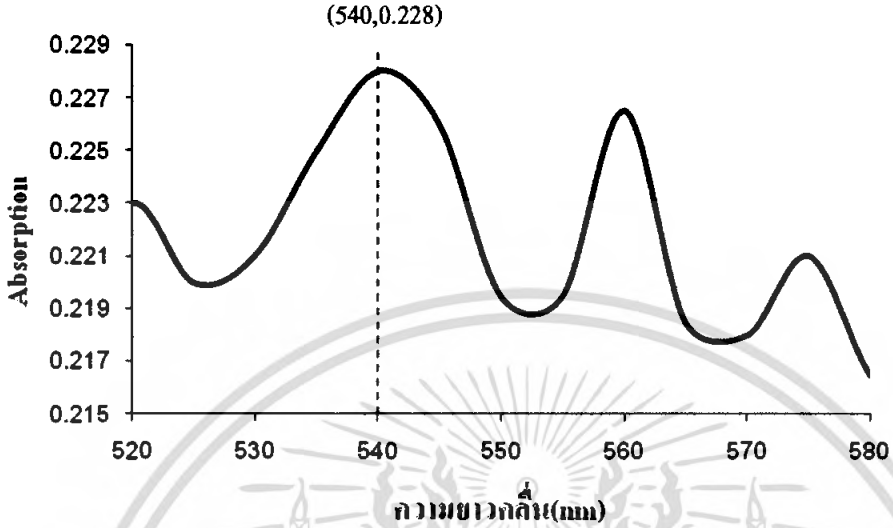
ผลการวิเคราะห์หาค่า Cured pigment (Nitrosohemochrome)

จากการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Nitrosohemochrome หรือ cured pigment ที่สกัดได้จากเนื้อหมูสันนอกซึ่งผสมด้วยโซเดียมไนไตรต์ที่ 0,200 และ 400 ppm พบว่าได้ค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร มีค่ามากขึ้นตามลำดับคือ 0.228,0.551 และ 0.981 ดังแสดงในตารางที่ 4.1-4.3 และรูปที่ 4.4-4.6

ตารางที่ 4.1 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์

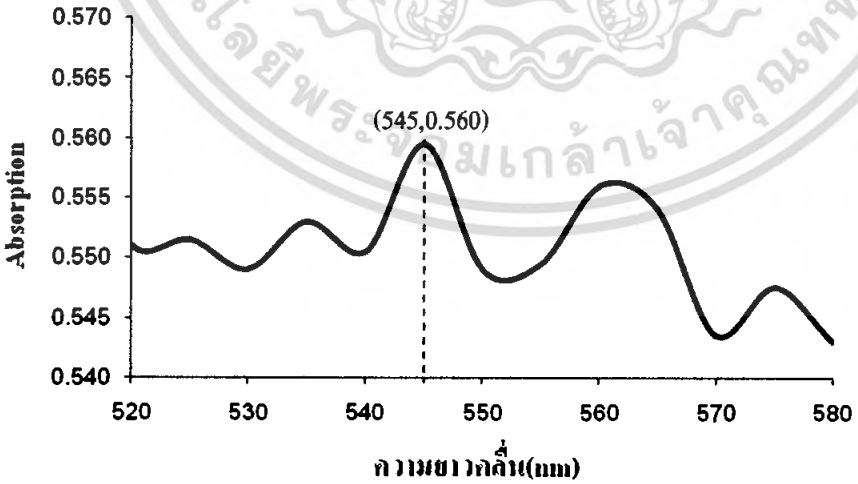
ความยาวคลื่น	Light Absorption of cured pigment		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
500	0.218	0.218	0.218
505	0.222	0.225	0.224
510	0.221	0.222	0.222
515	0.218	0.219	0.219
520	0.223	0.223	0.223
525	0.222	0.218	0.220
530	0.220	0.222	0.221
535	0.224	0.226	0.225
540	0.228	0.228	0.228
545	0.225	0.227	0.226
550	0.220	0.219	0.220
555	0.220	0.219	0.220
560	0.225	0.228	0.227
565	0.223	0.214	0.219
570	0.220	0.216	0.218
575	0.222	0.220	0.221
580	0.218	0.215	0.217
585	0.215	0.213	0.214
590	0.210	0.209	0.210
595	0.208	0.208	0.208
600	0.205	0.205	0.205

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์

จากกราฟที่ 4.4 พบว่าการดูดกลืนแสงของ cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเท่ากับ 0.228



รูปที่ 4.5 กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

จากกราฟที่ 4.5 พบว่าการดูดกลืนแสงของ cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร เท่ากับ 0.551

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ cured pigment ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

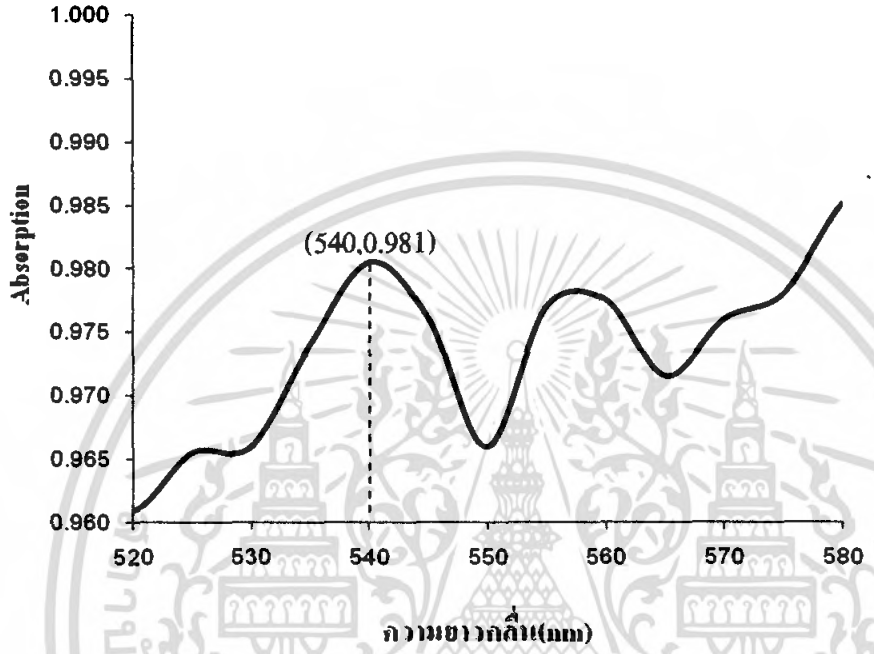
ความยาวคลื่น	Light Absorption of cured pigment		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
500	0.568	0.565	0.567
505	0.567	0.568	0.568
510	0.567	0.567	0.567
515	0.561	0.561	0.561
520	0.550	0.552	0.551
525	0.552	0.551	0.552
530	0.549	0.549	0.549
535	0.553	0.553	0.553
540	0.560	0.541	0.551
545	0.557	0.562	0.560
550	0.548	0.550	0.549
555	0.550	0.549	0.550
560	0.555	0.557	0.556
565	0.555	0.553	0.554
570	0.545	0.542	0.544
575	0.548	0.547	0.548
580	0.544	0.542	0.543
585	0.540	0.540	0.540
590	0.535	0.539	0.537
595	0.533	0.533	0.533
600	0.530	0.525	0.528

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.3 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรท์ 400 ppm

ความยาวคลื่น	Light Absorption of cured pigments		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
500	0.958	0.955	0.957
505	0.960	0.965	0.963
510	0.964	0.670	0.817
515	0.962	0.967	0.965
520	0.961	0.961	0.961
525	0.966	0.965	0.966
530	0.967	0.965	0.966
535	0.975	0.973	0.974
540	0.980	0.981	0.981
545	0.975	0.977	0.976
550	0.965	0.967	0.966
555	0.979	0.975	0.977
560	0.978	0.977	0.978
565	0.973	0.970	0.972
570	0.977	0.975	0.976
575	0.980	0.976	0.978
580	0.987	0.983	0.985
585	0.990	0.987	0.989
590	0.985	0.988	0.987
595	0.988	0.984	0.986
600	0.991	0.982	0.987

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.6 กราฟแสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อ หมูบดที่ผสมโซเดียม-ไนไตรต์ 400 ppm

จากกราฟที่ 4.6 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไน-ไตรต์ 400 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเท่ากับ 0.981

สรุปผลจากกราฟที่ 4.4 4.5 และ 4.6 จะพบว่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ที่ปริมาณมาก จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่มากขึ้นด้วย เมื่อเทียบกับการดูดกลืนแสงของ Cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ไม่ได้มีการผสมไนไตรต์เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

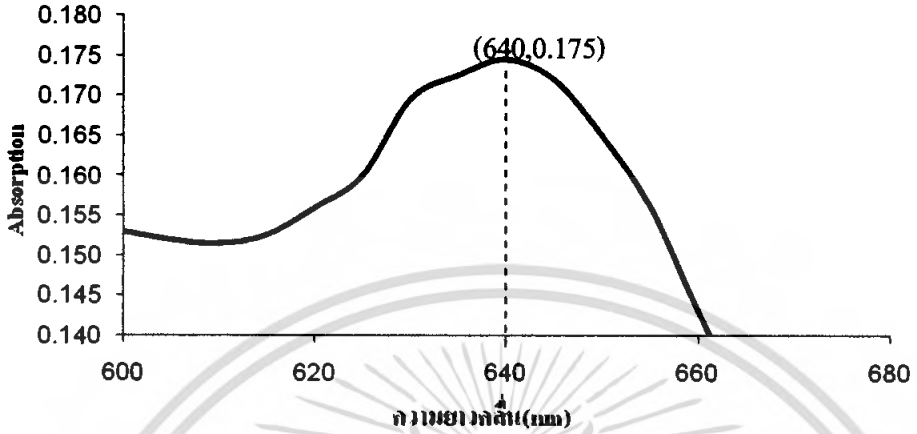
ผลการวิเคราะห์หาค่า Total heme pigments

สำหรับผลการทดลองวัดการดูดกลืนแสงของ Total pigments ที่สกัดจากเนื้อสันนอกหมูที่มีปริมาณโซเดียมไนไตรต์ที่ 0 200 และ 400 ppm โดยใช้เครื่อง UV-Visible Spectrophotometer พบว่า total pigments ที่มีค่าการดูดกลืนแสง ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร มากขึ้นตามปริมาณความเข้มข้นของโซเดียมไนไตรต์ คือ 0.175 0.335 และ 0.559 ตามลำดับ ดังแสดงในกราฟรูปที่ 4.7-4.9

ตารางที่ 4.4 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments เนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์

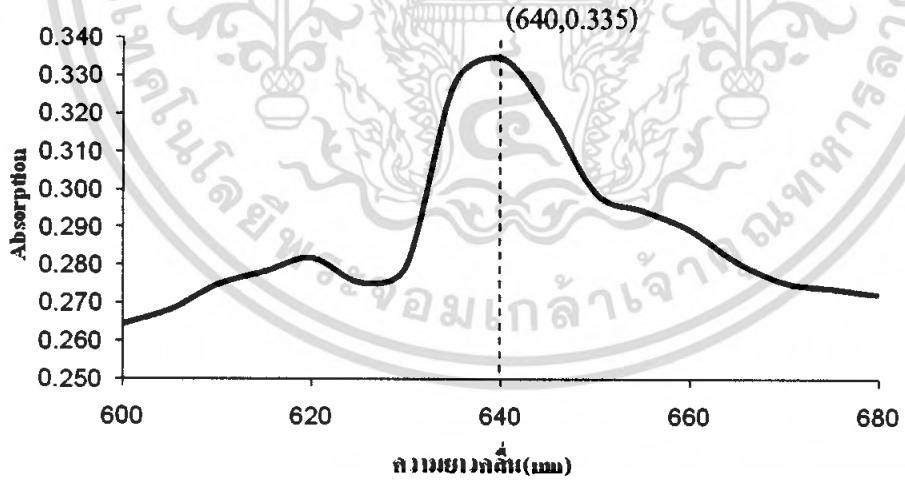
ความยาวคลื่น	Light Absorption of Total heme pigments		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
600	0.154	0.152	0.153
605	0.152	0.152	0.152
610	0.152	0.151	0.152
615	0.153	0.152	0.153
620	0.157	0.155	0.156
625	0.161	0.159	0.160
630	0.169	0.17	0.170
635	0.174	0.171	0.173
640	0.175	0.174	0.175
645	0.172	0.172	0.172
650	0.166	0.164	0.165
655	0.157	0.155	0.156
660	0.144	0.142	0.143
665	0.133	0.131	0.132
670	0.126	0.124	0.125
675	0.123	0.123	0.123
680	0.12	0.121	0.121
685	0.119	0.122	0.121
690	0.115	0.114	0.115
695	0.113	0.115	0.114
700	0.112	0.111	0.112

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme – pigments ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์

จากกราฟที่ 4.7 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์ มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรเท่ากับ 0.175



รูปที่ 4.8 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme - pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

จากกราฟที่ 4.8 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรเท่ากับ 0.335

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.5 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

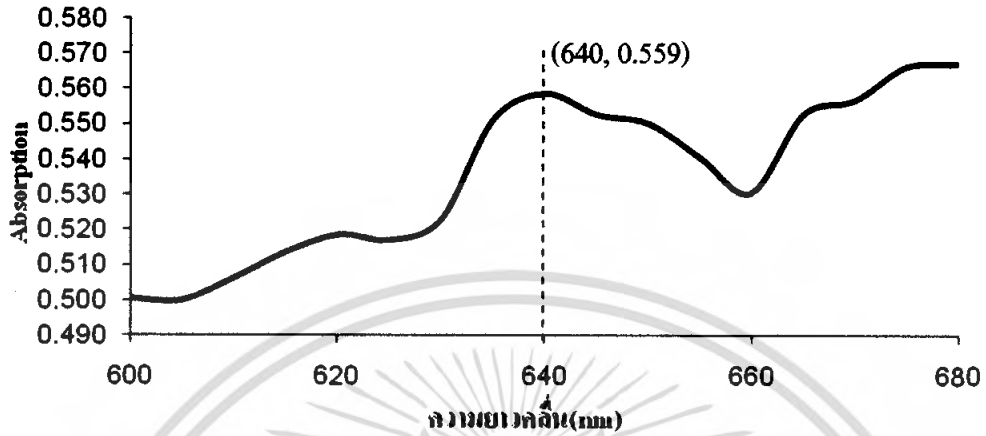
ความยาวคลื่น	Light Absorption of Total heme pigments		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
600	0.265	0.264	0.265
605	0.269	0.268	0.269
610	0.275	0.275	0.275
615	0.280	0.277	0.279
620	0.283	0.281	0.282
625	0.276	0.275	0.276
630	0.280	0.280	0.280
635	0.329	0.327	0.328
640	0.335	0.334	0.335
645	0.320	0.320	0.320
650	0.300	0.298	0.299
655	0.295	0.294	0.295
660	0.290	0.289	0.290
665	0.282	0.280	0.281
670	0.277	0.274	0.276
675	0.274	0.274	0.274
680	0.273	0.272	0.273
685	0.273	0.272	0.273
690	0.271	0.270	0.271
695	0.273	0.273	0.273
700	0.273	0.271	0.272

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.6 แสดงผลการทดสอบการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm

ความยาวคลื่น	Light Absorption of Total heme pigments		
	วัดครั้งที่ 1	วัดครั้งที่ 2	เฉลี่ย
600	0.501	0.500	0.501
605	0.500	0.500	0.500
610	0.507	0.506	0.507
615	0.515	0.512	0.514
620	0.519	0.518	0.519
625	0.520	0.514	0.517
630	0.524	0.522	0.523
635	0.552	0.550	0.551
640	0.559	0.558	0.559
645	0.555	0.550	0.553
650	0.549	0.551	0.550
655	0.541	0.540	0.541
660	0.532	0.529	0.531
665	0.553	0.552	0.553
670	0.558	0.555	0.557
675	0.565	0.567	0.566
680	0.567	0.567	0.567
685	0.571	0.570	0.571
690	0.574	0.572	0.573
695	0.574	0.574	0.574
700	0.574	0.574	0.574

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.9 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme - pigmentsของเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm

จากกราฟที่ 4.9 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigmentsในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรเท่ากับ 0.559

สรุปผลจากกราฟที่ 4.7, 4.8 และ 4.9 จะพบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigmentsในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ที่ปริมาณมาก จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่มากขึ้นด้วย เมื่อเทียบกับการดูดกลืนแสงของ Total heme pigmentsในเนื้อหมูบด ที่ไม่ได้มีการผสมไนไตรต์เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 ผลการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์

ใช้อุปกรณ์ที่ทำขึ้นในการทดสอบหาค่าปริมาณ Nitrosohemochrome จากเนื้อหมูที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 0 ppm 200 ppm และ 400 ppm ตามลำดับ โดยการวัดทั้งหมด 2 ครั้ง ได้ผลการทดลองดังแสดงในตารางที่ 4.7-4.12

การวิเคราะห์หา Cured pigment

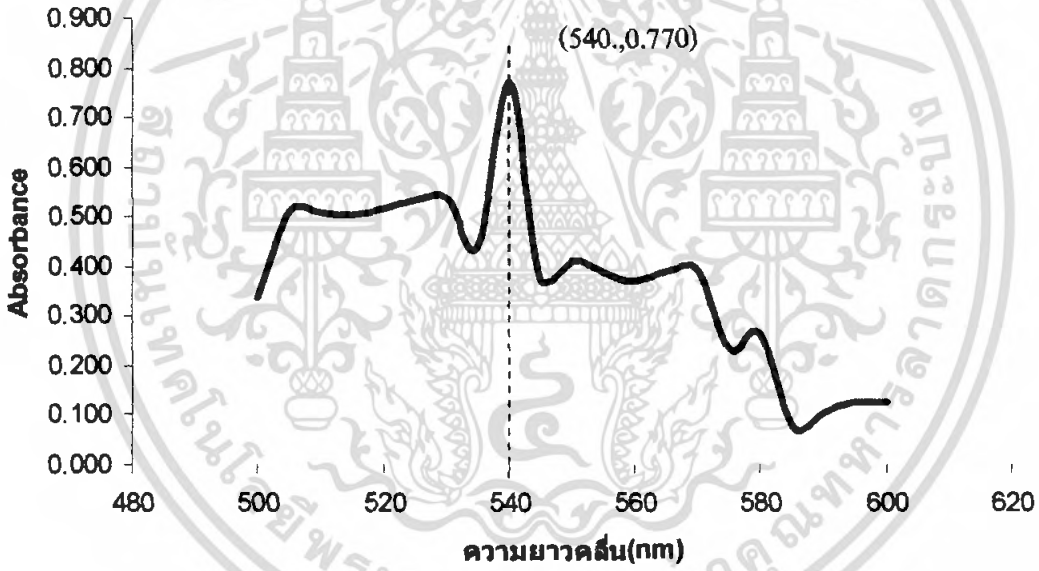
เมื่อใช้อุปกรณ์ที่จัดทำขึ้น พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ที่สกัดจากเนื้อหมูสันนอกซึ่งมีปริมาณโซเดียมไนไตรต์ 0 200 และ 400 ppm มีค่าเท่ากับ 0.770, 1.049 และ 1.447 ตามลำดับที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตร ดังแสดงในตารางที่ 4.7-4.9

ตารางที่ 4.7 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์

ความยาวคลื่น	blank(mV)	Absorbance of cured pigment				
		ครั้งที่ 1 (mV)	ครั้งที่2 (mV)	เฉลี่ย (mV)	T	A
500	24	13	13	13.0	0.458	0.339
505	31	22	21	21.5	0.306	0.514
510	37	26	25	25.5	0.311	0.508
515	43	29	30	29.5	0.314	0.503
520	46	32	32	32.0	0.304	0.517
525	48	34	34	34.0	0.292	0.535
530	50	34	37	35.5	0.290	0.538
535	55	35	35	35.0	0.364	0.439
540	56	45	48	46.5	0.170	0.770
545	52	30	30	30.0	0.423	0.374
550	45	26	29	27.5	0.389	0.410
555	39	23	23	23.0	0.410	0.387
560	33	19	19	19.0	0.424	0.372
565	27	15	17	16.0	0.407	0.390

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ความยาวคลื่น	blank(mV)	Absorbbance of cured pigment				
		ครั้งที่ 1 (mV)	ครั้งที่2 (mV)	เฉลี่ย (mV)	T	A
570	21	13	12	12.5	0.405	0.393
575	12	5	5	5.0	0.583	0.234
580	11	5	5	5.0	0.545	0.263
585	9	2	1	1.5	0.833	0.079
590	7	2	1	1.5	0.786	0.105
595	6	2	1	1.5	0.750	0.125
600	4	1	1	1.0	0.750	0.125



รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์

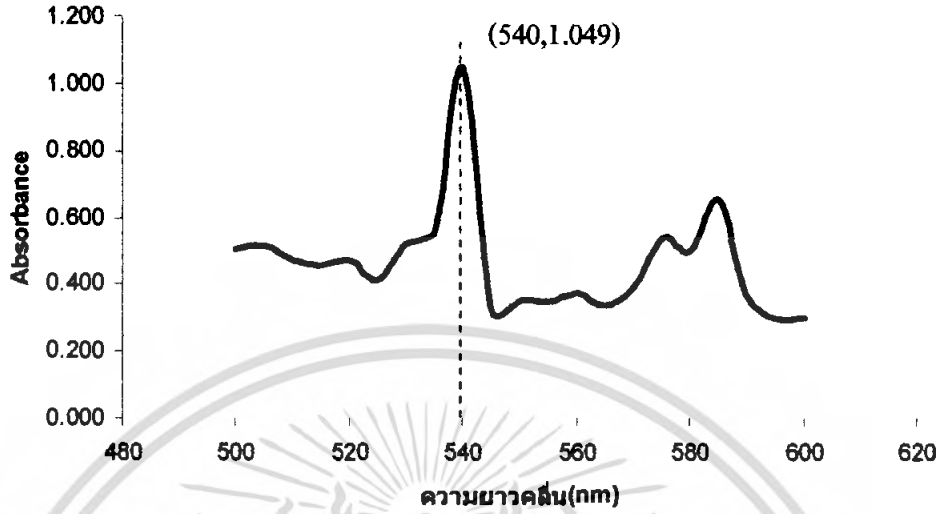
จากกราฟที่ 4.10 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ไม่ผสมโซเดียม-ไนไตรต์มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเท่ากับ 0.770

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.8 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

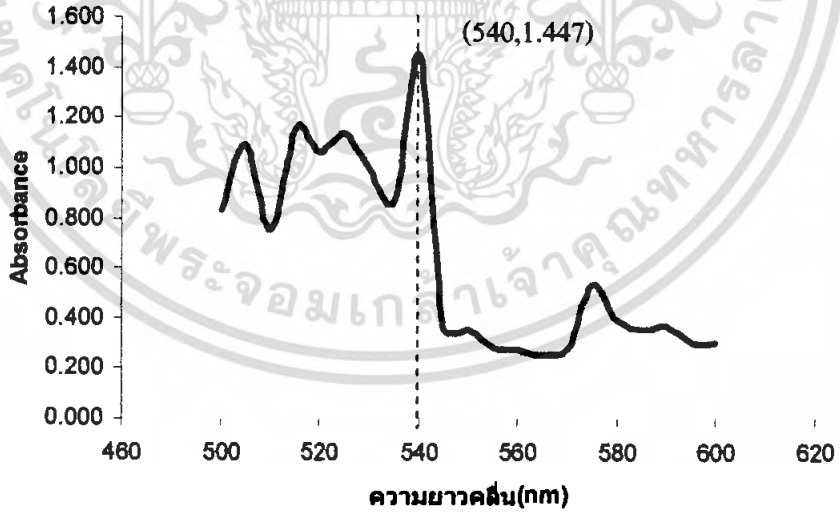
ความยาวคลื่น	blank(mV)	Absorbance of cured pigment				
		ครั้งที่ 1 (mV)	ครั้งที่2 (mV)	เฉลี่ย (mV)	T	A
500	24	16	17	16.5	0.313	0.505
505	31	20	23	21.5	0.306	0.514
510	37	24	25	24.5	0.338	0.471
515	43	28	28	28.0	0.349	0.457
520	46	30	31	30.5	0.337	0.472
525	48	35	24	29.5	0.385	0.414
530	50	35	35	35.0	0.300	0.523
535	55	40	40	40.0	0.273	0.564
540	56	50	52	51.0	0.089	1.049
545	52	27	27	27.0	0.481	0.318
550	45	25	25	25.0	0.444	0.352
555	39	21	22	21.5	0.449	0.348
560	33	18	20	19.0	0.424	0.372
565	27	15	14	14.5	0.463	0.334
570	21	12	13	12.5	0.405	0.393
575	12	8	9	8.5	0.292	0.535
580	11	7	8	7.5	0.318	0.497
585	9	6	8	7.0	0.222	0.653
590	7	4	4	4.0	0.429	0.368
595	6	4	2	3.0	0.500	0.301
600	4	2	2	2.0	0.500	0.301

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

จากกราฟที่ 4.11 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเท่ากับ 1.049



รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400ppm

จากกราฟที่ 4.12 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 540 นาโนเมตรเท่ากับ 1.447

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สรุปผลจากกราฟที่ 4.10, 4.11 และ 4.12 จากผลการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ จะพบว่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ที่ปริมาณมาก จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่มากขึ้นด้วย เมื่อเทียบกับการดูดกลืนแสงของ Cured pigmentในเนื้อหมูบด ที่ไม่ได้มีการผสมไนไตรต์เลย

ตารางที่ 4.9 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm

		Absorbance of cured pigment				
wavelength	**blank(mV)**	**ครั้งที่ 1(mV)**	**ครั้งที่2 (mV)**	**เฉลี่ย (mV)**	**T**	**A**
500	24	20	21	20.5	0.146	0.836
505	31	29	28	28.5	0.081	1.093
510	37	31	30	30.5	0.176	0.755
515	43	40	40	40.0	0.070	1.156
520	46	42	42	42.0	0.087	1.061
525	48	45	44	44.5	0.073	1.137
530	50	45	45	45.0	0.100	1.000
535	55	47	48	47.5	0.136	0.865
540	56	54	54	54.0	0.036	1.447
545	52	29	30	29.5	0.433	0.364
550	45	24	26	25.0	0.444	0.352
555	39	19	18	18.5	0.526	0.279
560	33	16	15	15.5	0.530	0.275
565	27	13	11	12.0	0.556	0.255
570	21	10	10	10.0	0.524	0.281
575	12	8	9	8.5	0.292	0.535
580	11	6	7	6.5	0.409	0.388
585	9	5	5	5.0	0.444	0.352
590	7	4	4	4.0	0.429	0.368
595	6	3	3	3.0	0.500	0.301
600	4	2	2	2.0	0.500	0.301

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

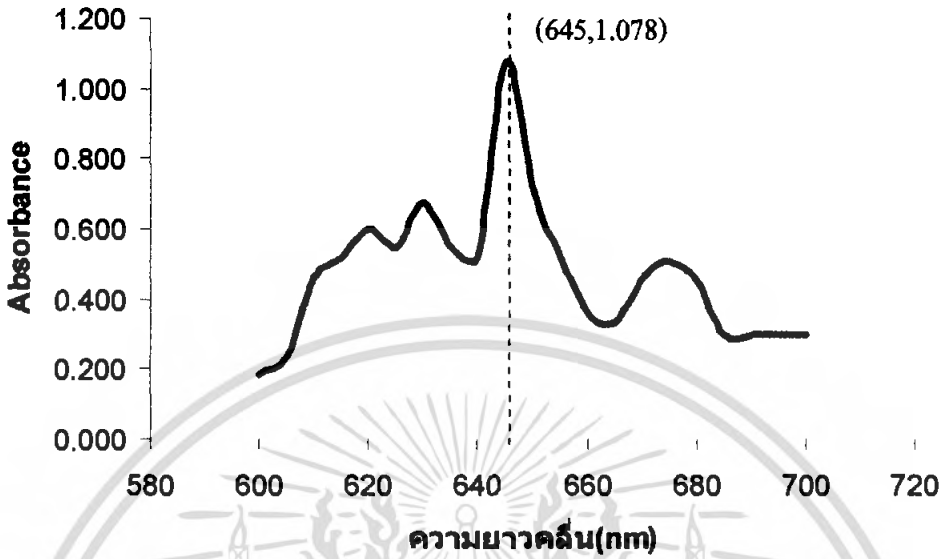
ผลการวิเคราะห์หา Total pigment

สำหรับค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตร พบว่ามีค่า 0.519,0.687 และ 0.778 สำหรับตัวอย่างเนื้อที่มี โซเดียมไนไตรต์ ในปริมาณ 0,200 และ 400 ppm ตามลำดับ ดังแสดงในตางรางที่ 4.10-4.12 และรูปที่ 4.9-4.11

ตารางที่ 4.10 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมู ที่ไม่ผสมโซเดียมไนไตรต์

ความยาวคลื่น	blank(mV)	Absorbance of Total heme pigments				
		ครั้งที่ 1(mV)	ครั้งที่2 (mV)	เฉลี่ย (mV)	T	A
600	36	59	60	59.5	0.653	0.185
605	52	82	82	82.0	0.577	0.239
610	90	121	121	121.0	0.344	0.463
615	133	175	172	173.5	0.305	0.516
620	186	231	234	232.5	0.250	0.602
625	197	253	253	253.0	0.284	0.546
630	263	320	317	318.5	0.211	0.676
635	288	369	369	369.0	0.281	0.551
640	297	387	387	387.0	0.303	0.519
645	287	311	311	311.0	0.084	1.078
650	247	295	297	296.0	0.198	0.703
655	195	253	253	253.0	0.297	0.527
660	152	217	220	218.5	0.438	0.359
665	104	151	153	152.0	0.462	0.336
670	58	78	78	78.0	0.345	0.462
675	29	20	20	20.0	0.310	0.508
680	14	9	9	9.0	0.357	0.447
685	8	4	4	4.0	0.500	0.301
690	5	3	2	2.5	0.500	0.301
695	3	2	1	1.5	0.500	0.301
700	2	1	1	1.0	0.500	0.301

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.13 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme – pigments ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์

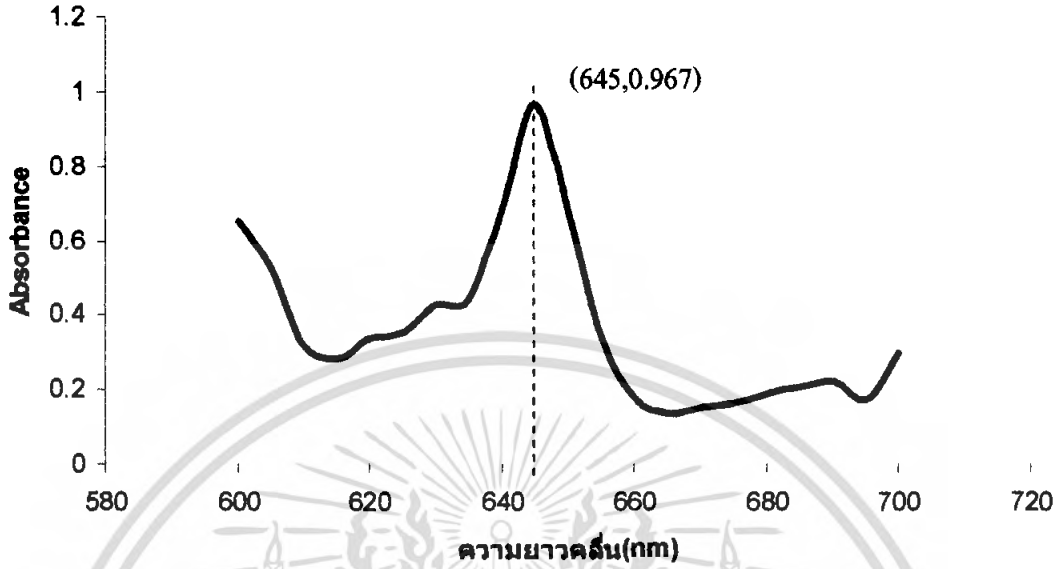
จากกราฟที่ 4.13 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้ผสมโซเดียมไนไตรต์ มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรเท่ากับ 0.519

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.11 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมไซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

ความยาวคลื่น	blank(mV)	Absorbance of Total heme pigments				
		ครั้งที่ 1(mV)	ครั้งที่2 (mV)	เฉลี่ย (mV)	T	A
600	36	28	28	28.0	0.222	0.653
605	52	37	36	36.5	0.298	0.526
610	90	47	47	47.0	0.478	0.321
615	133	63	64	63.5	0.523	0.282
620	186	101	100	100.5	0.460	0.338
625	197	110	110	110.0	0.442	0.355
630	263	166	165	165.5	0.371	0.431
635	288	182	184	183.0	0.365	0.438
640	297	237	235	236.0	0.205	0.687
645	287	256	256	256.0	0.108	0.967
650	247	192	195	193.5	0.217	0.664
655	195	105	105	105.0	0.462	0.336
660	152	52	50	51.0	0.664	0.178
665	104	28	28	28.0	0.731	0.136
670	58	17	17	17.0	0.707	0.151
675	29	9	9	9.0	0.690	0.161
680	14	5	5	5.0	0.643	0.192
685	8	3	3	3.0	0.625	0.204
690	5	2	2	2.0	0.600	0.222
695	3	1	1	1.0	0.667	0.176
700	2	1	1	1.0	0.500	0.301

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme – pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm

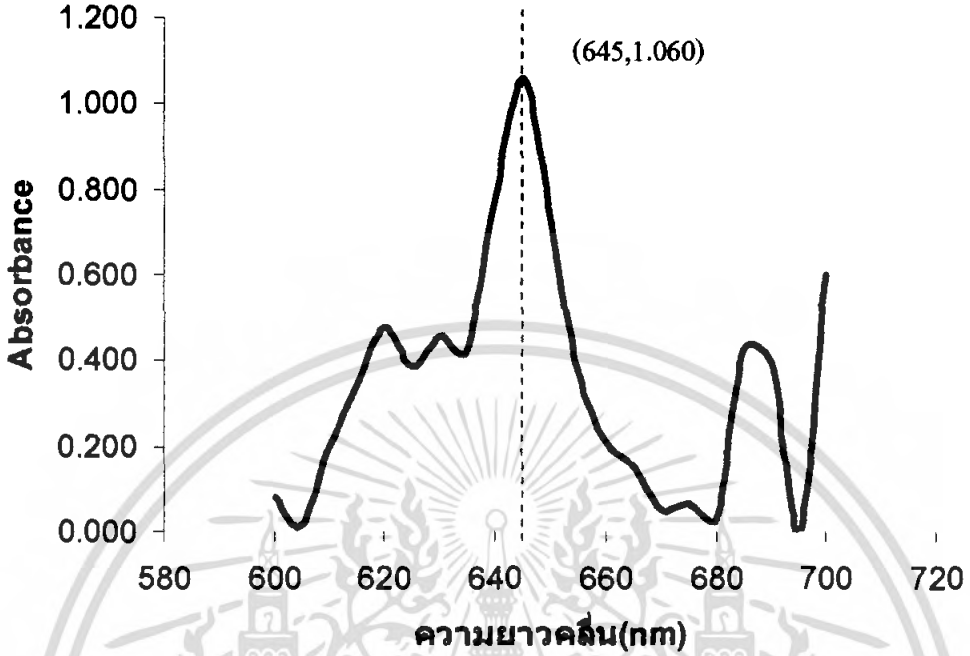
จากกราฟที่ 4.14 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 200 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรเท่ากับ 0.687

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.12 แสดงผลการวัดค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมไซเดียมไนไตรต์ 400 ppm

ความยาวคลื่น	blank(mV)	Absorbance of Total heme pigments				
		ครั้งที่ 1(mV)	ครั้งที่2 (mV)	เฉลี่ย (mV)	T	A
600	36	67	65	66.0	0.833	0.079
605	52	102	103	102.5	0.971	0.013
610	90	147	147	147.0	0.633	0.198
615	133	191	195	193.0	0.451	0.346
620	186	248	248	248.0	0.333	0.477
625	197	278	278	278.0	0.411	0.386
630	263	354	355	354.5	0.348	0.459
635	288	395	397	396.0	0.375	0.426
640	297	344	349	346.5	0.167	0.778
645	287	312	312	312.0	0.087	1.060
650	247	295	295	295.0	0.194	0.711
655	195	279	274	276.5	0.418	0.379
660	152	245	246	245.5	0.615	0.211
665	104	177	178	177.5	0.707	0.151
670	58	109	110	109.5	0.888	0.052
675	29	54	54	54.0	0.862	0.064
680	14	25	29	27.0	0.929	0.032
685	8	12	10	11.0	0.375	0.426
690	5	7	7	7.0	0.400	0.398
695	3	4	2	3.0	0.000	0.000
700	2	3	2	2.5	0.250	0.602

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.15 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความยาวคลื่นและค่าการดูดกลืนแสงของ Total heme – pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm

จากกราฟที่ 4.14 พบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ 400 ppm มีค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 640 นาโนเมตรเท่ากับ 0.778

สรุปผลจากกราฟที่ 4.12, 4.13 และ 4.14 จากผลการทดสอบการทำงานของชุดอุปกรณ์ จะพบว่าการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบด ที่ผสมโซเดียมไนไตรต์ที่ปริมาณมาก จะมีค่าการดูดกลืนแสงที่มากขึ้นด้วย เมื่อเทียบกับการดูดกลืนแสงของ Total heme pigments ในเนื้อหมูบดที่ไม่ได้มีการผสมไนไตรต์เลย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 วิเคราะห์ผลการทดลอง

จากตารางที่ 4.13 และ 4.14 แสดงผลการเปรียบเทียบปริมาณ Nitrosohemochrome ในเนื้อสันนอกหมูบดที่วัดได้จากเครื่อง UV-Visible Sectrophotometer และจากชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น พบว่าค่าการดูดกลืนแสงของ Cured pigment และ Total heme pigments ที่วัดได้จากเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer จะมีค่าต่ำกว่าค่าที่ได้จากชุดอุปกรณ์ที่ได้ประดิษฐ์ขึ้น แต่เมื่อคำนวณค่าดูดกลืนแสงเป็น ppm ของสารสีแต่ละประเภท แล้วคำนวณปริมาณของ Nitrosohemochrome เป็นร้อยละของ Total-heme pigments พบว่า % Nitrosohemochrome ที่วัดได้จากเครื่องทั้งสองมีค่าใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.13 แสดงค่า %Nitrosohemochrome ที่วัดได้จากเครื่อง UV-Visible Spectrophotometer

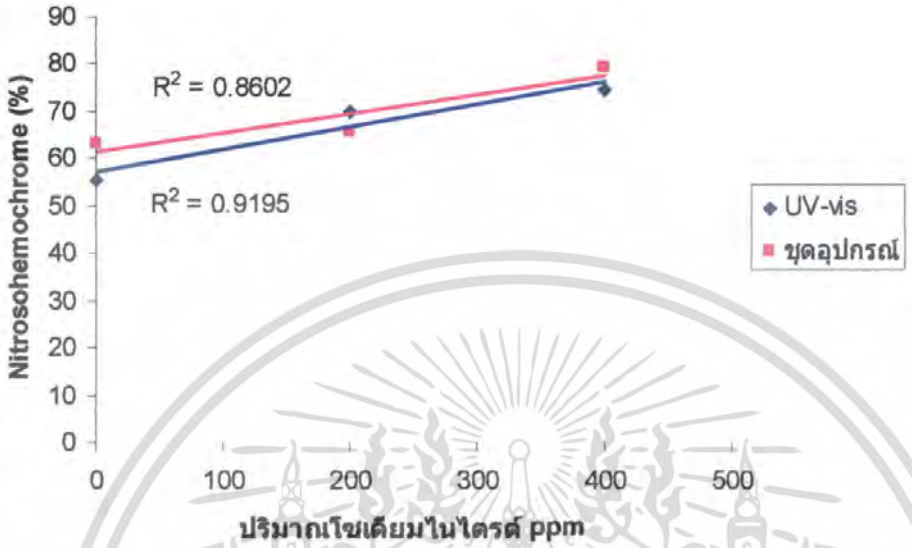
	Cured pigment		Total heme pigments		%
	A	ppm	A	ppm	Nitrosoheme
0 ppm	0.228	66.120	0.175	119.000	55.56
200 ppm	0.551	159.790	0.335	227.800	70.14
400 ppm	0.981	284.490	0.559	380.120	74.84

ตารางที่ 4.14 แสดงค่า %Nitrosohemochrome ที่วัดได้จากชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น

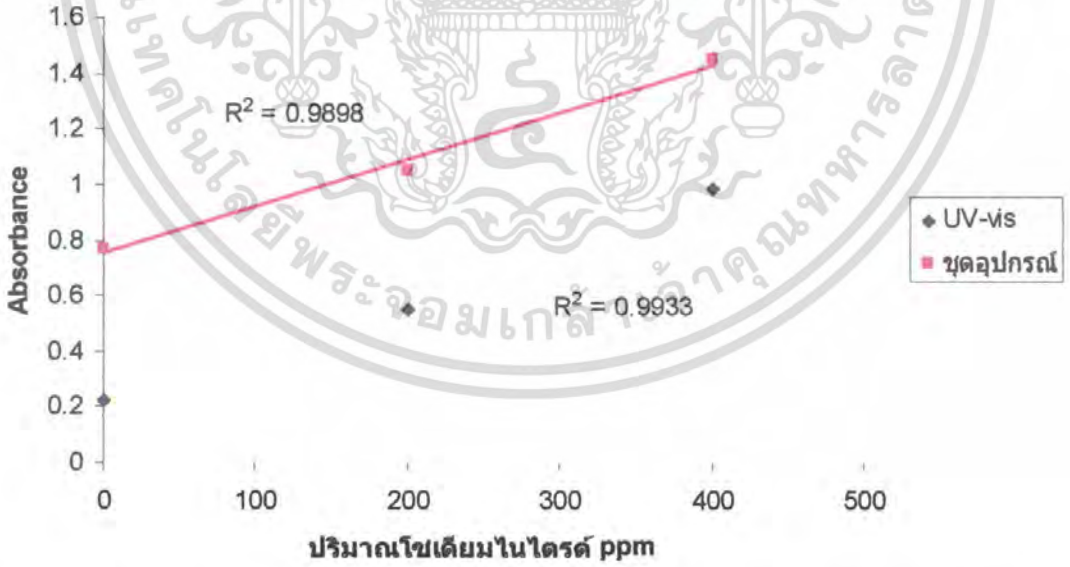
	Cured pigment		Total heme pigments		%
	A	ppm	A	ppm	Nitrosoheme
0 ppm	0.770	223.30	0.519	352.92	63.27
200 ppm	1.049	304.21	0.681	463.08	65.69
400 ppm	1.447	419.63	0.778	529.04	79.31

รูปที่ 4.16 และ 4.17 แสดงการเปรียบเทียบค่าปริมาณ Nitrosohemochrome (%) , ค่าการดูดกลืนแสงของเนื้อหมูบดที่มีปริมาณโซเดียมไนไตรต์ 0 200 และ 400 ppm จากการวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer และชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น พบว่า Nitrosohemochrome (%) และ ค่าการดูดกลืนแสงนั้นมีแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

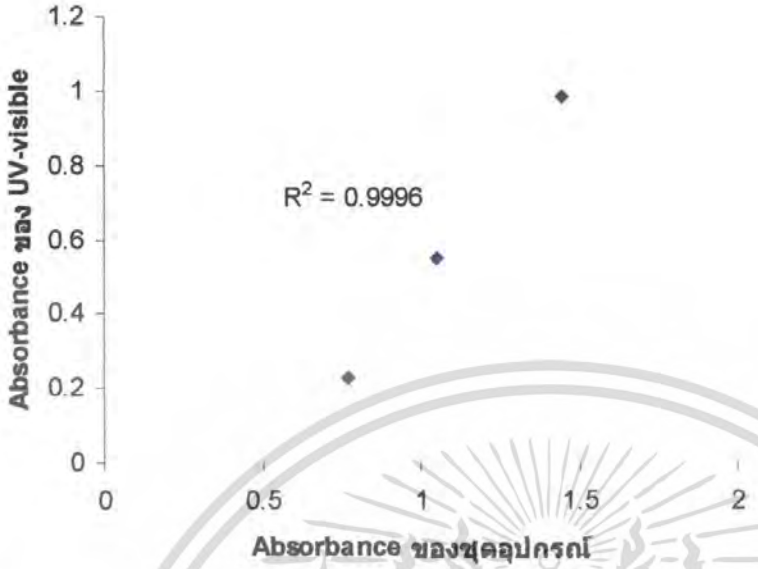


รูปที่ 4.16 กราฟเปรียบเทียบ ปริมาณ Nitrosohemochrome ในเนื้อหมูบด ที่มีปริมาณเกลือโซเดียม-ไนไตรต์ 0 200 และ 400 ppm จากการวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer และชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น



รูปที่ 4.17 การเปรียบค่าการดูดกลืนแสง ของไนโตรโซฮีโมโครม ในเนื้อหมูบดที่มีปริมาณเกลือโซเดียมไนไตรต์ 0, 200 และ 400 ppm จาก การวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer และ ชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.18 กราฟแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Absorbance จากการวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer และชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น

จากรูปที่ 4.18 เป็นการแสดงการเปรียบเทียบปริมาณ Absorbance จากการวัดด้วย UV-Visible Spectrophotometer และชุดอุปกรณ์ที่ทำขึ้น เมื่อทำการหาค่า R^2 พบว่ามีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่าข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือทั้งสองชนิดนั้นมีแนวโน้มที่ไปในทิศทางเดียวกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
สรุปผลการศึกษาทดลองและข้อเสนอแนะ

5.1 สรุปผลการศึกษาวิจัย

จากการศึกษาโครงงานพิเศษเรื่องการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ด้วยวิธีทางแสง ได้ประดิษฐ์ชุดอุปกรณ์เพื่อใช้ในการวัดปริมาณ %Nitrosohemochrome ซึ่งทำให้วัดได้สะดวก รวดเร็ว และมีราคาไม่แพง และจากกราฟเปรียบเทียบความสัมพันธ์แสดงให้เห็นว่าการวัดโดยใช้ UV-Visible Spectrophotometer กับการวัดโดยใช้ชุดอุปกรณ์ที่ประดิษฐ์ขึ้นมีค่าใกล้เคียงกัน โดยพบว่าปริมาณ %Nitrosohemochrome ที่เพิ่มขึ้นส่งผ่านต่อค่าการดูดกลืนที่เพิ่มขึ้นในลักษณะแปรผันตรงกัน

5.2 แนวทางในการพัฒนา

5.2.1 พัฒนารูปแบบชุดอุปกรณ์ให้มีความแข็งแรงทนทานมากขึ้นเพื่อสะดวกในการเคลื่อนย้าย

5.2.2 เพิ่มในส่วนของคอลโทรลเลอร์เพื่อสะดวกและรวดเร็วในการคำนวณผล

5.2.3 เพิ่มเลนส์เข้าไปช่วยในการโฟกัสแสงจากแหล่งกำเนิดแสงไปยังตัวอย่างเพื่อให้การวัดมีความแม่นยำมากขึ้น

5.2.4 ใช้สายไฟเบอร์ออปติกนำแสงที่ออกจาก Monochromator ไปยัง Detector เพื่อให้ Detector สามารถตรวจจับแสงได้ดีขึ้นและสะดวกในการ Alignment

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

รุจริน ลิ้มศุภวานิช. สี การหืน การบรรจุและการเก็บรักษา และความนุ่มของเนื้อ. กรุงเทพฯ : ภาควิชาครุศาสตร์เกษตร คณะครุศาสตร์อุตสาหกรรม สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

สุชาดา จูอนุวัฒนกูล. **Luminescence Spectroscopy.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาเคมี คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

Hornsey, H.C 1956. **Color or Cooked Cured Pork.** J. Sci. Food Agric. Pp. 534-540.

Sair, Louis. **GDL and Cure Acceleration, Mimeograph, Griffith laboratories,** Chicago, IL

ชัยณรงค์ ค้นธพนิต. 2529. **วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์.** กรุงเทพฯ : ภาควิชาสัตวบาล คณะเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

American Meat Science Assosiation. 2003. ***Meat color evaluation guidelines.*** Savoy, IL: American Meat Science Assosiation.

McCauley, W.H., Kropf, D.H, and Hunt, M.C. 1996. **Cured meat color guide.** Manhattan, KS: Kansas Agricultural Experiment Station.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้