



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้
แสงอัลตราไวโอเล็ต

System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light

นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้
แสงอัลตราไวโอเล็ต

System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light

นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดิน ประจำปีงบประมาณ 2559

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) “การพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต”

แหล่งเงิน

งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2559 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 499,000.- บาท
ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2560

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ

นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-329-8347 โทรสาร 02-739-0758

E-mail : apinai@gmail.com

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนาตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต โดยระบบที่สร้างขึ้นมาจะประกอบไปด้วย ระบบสายพานลำเลียง แหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต กล้องเว็บแคม วงจรอิเล็กทรอนิกส์ การ์ดอินเตอร์เฟซ และคอมพิวเตอร์ โดยอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพจะอาศัย อัลกอริทึมแบบเคมีน (K-means clustering) และเทคนิคเทรชโฮลด์ (Thresholding method) ในการนำมาใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดถูกนำมาใช้ในการทดสอบระบบที่นำเสนอ จากผลการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมาสามารถตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการนำไปใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินเบื้องต้นของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร

คำสำคัญ : การตรวจหาอะฟลาท็อกซิน, แสงอัลตราไวโอเล็ต, การประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Research Title: “System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light”

Researcher: Mr. Apinai Rerkratn

Faculty: Department of Instrumentation and Control Engineering, Faculty of Engineering,
King Mongkut’s Institute of Technology Ladkrabang.

ABSTRACT

This research project presents system development for aflatoxin inspection in cereal using ultraviolet light. The proposed system consists of conveyer belt, ultraviolet lamp, webcam, electronic circuits, interface card, and computer. The image processing is employed to detect aflatoxin contamination. K-means clustering and thresholding techniques are used for inspection of aflatoxin contamination in cereal. Corn kernels samples were used to verify the proposed system. The experimental results show that the proposed system can detect aflatoxin affectively and suitable for raw material screening in food production.

Keywords: Aflatoxin inspection; Ultraviolet Light; Image processing

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณในความช่วยเหลือเป็นอย่างมากจาก อาจารย์และเจ้าหน้าที่ภาควิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนคำแนะนำและเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ สำหรับใช้ในการเขียนรายงานโครงการวิจัย

ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณผู้แต่งและเอกสารอ้างอิงต่างๆ ที่ผู้วิจัยนำมาใช้อ้างอิงเพื่อทำการวิจัยและเขียนรายงานโครงการวิจัย

ขอขอบคุณสำนักบริหารงานวิจัยและนวัตกรรมพระจอมเกล้าลาดกระบัง

การวิจัยครั้งนี้ได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง เลขรหัสโครงการ A118-59-005 ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2559



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VIII
สารบัญรูป.....	IX
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	1
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	1
1.4 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	2
1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ(information)ที่เกี่ยวข้อง.....	3
1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์.....	4
1.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....	4
1.8 วิธีการดำเนินการวิจัยและสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....	5
1.9 ระยะเวลาที่ทำการวิจัยและแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....	5
บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง.....	7
2.1 เทคนิค Chromatography.....	7
2.1.1 Liquid Chromatography (LC).....	7
2.1.2 Thin-Layer Chromatography (TLC)	8
2.1.3 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)	10
2.2 Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA).....	15
2.3 ไบโอสเซนเซอร์ (Biosensors).....	17
2.4 บทสรุป.....	20
บทที่ 3 เทคนิคที่นำมาใช้ในการตรวจสอบอะฟลาท็อกซิน.....	21
3.1 แสงอัลตราไวโอเล็ต.....	21
3.2 หลอดอัลตราไวโอเล็ต.....	22
3.3 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบ.....	24
3.4 บทสรุป.....	26

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 4 ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช.....	27
4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware).....	27
4.1.1 ระบบสายพานลำเลียงธัญพืช.....	28
4.1.2 ตู้ตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช	30
4.1.2.1 แหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Light source)	30
4.1.2.2 เว็บแคม (Webcam).....	31
4.1.2.3 ตู้ตรวจสอบ.....	31
4.1.3 การ์ดอินเตอร์เฟซ (Interface card) และรีเลย์โมดูล (Relay module).....	38
4.1.3.1 การ์ดอินเตอร์เฟซ.....	38
4.1.3.2 รีเลย์โมดูล.....	41
4.1.4 ทาวเวอร์ไลท์ (Tower Light).....	41
4.1.5 ระบบคัดแยก (Sorting system).....	42
4.1.5.1 ปัมลม (Air compressor).....	43
4.1.5.2 ระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศ (Air treatment system)	43
4.1.5.3 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)	44
4.1.5.4 กระบอกสูบแบบสองทาง (Double-acting Cylinder)	44
4.1.6 ระบบตรวจจับตำแหน่งบนสายพานลำเลียง.....	44
4.1.7 โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช...46	
4.2 อัลกอริทึมในการประมวลผลภาพ.....	50
4.2.1 อัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน.....52	
4.2.2 อัลกอริทึมในการหาค่าพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน.....53	
บทที่ 5 การทดสอบระบบ.....	54
5.1 การสอบระบบควบคุมความเร็วของสายพานด้วยอินเวอร์เตอร์	54
5.2 การทดสอบระบบถ่ายภาพด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ.....	55
5.3 การทดสอบอัลกอริทึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน.....	57
5.3.1 กรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน	58
5.3.2 กรณีมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน.....	61
5.4 การทดสอบโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน.....	64
5.4.1 กรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน	65
5.4.2 กรณีมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน.....	66

สารบัญ

	หน้า
บทที่ 6 บทสรุป.....	68
บทที่ 7 สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย.....	69
เอกสารอ้างอิง.....	70
ภาคผนวก ก ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช.....	72
ภาคผนวก ข บทความวิจัย.....	74
ภาคผนวก ค สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย.....	81
ภาคผนวก ง ข้อมูลประวัติผู้วิจัย.....	85

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2.1	ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานไบโอเซนเซอร์ในงานต่างๆ.....	18
4.1	คุณสมบัติอินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K.....	29
4.2	คุณสมบัติของกล่องเว็บแคมรุ่น OKER OE-177.....	31
4.3	คุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009.....	33
4.4	คุณสมบัติของรีเลย์โมดูลรุ่น SRD-05VDC-SL-C.....	34
4.5	คุณสมบัติของ Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK.....	39
5.1	ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงด้วยอินเวอร์เตอร์.....	43



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1	โครงสร้างของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต.....2
1.2	ส่วนประกอบของห้องสำหรับการตรวจสอบของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต.....2
2.1	ตัวอย่างของการทดสอบด้วยวิธี Liquid Chromatography.....8
2.2	แผ่นเพลทสำหรับการทดสอบด้วยเทคนิค Thin-Layer Chromatography8
2.3	การวางเพลทที่ผ่านการหยดสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบลงบนสารละลายประเภทเฟสเคลื่อนที่.....9
2.4	การแยกแยะระดับของสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบกับสารละลาย9
2.5	การใช้แสงยูวีช่วยในการสังเกตผลการทดสอบ.....10
2.6	High Performance Liquid Chromatography System.....10
2.7	โครงสร้างภายในของระบบ HPLC..... 11
2.8	คอลัมน์ที่ใช้ในระบบ HPLC..... 11
2.9	ลักษณะภายในของคอลัมน์ที่ใช้ในระบบ HPLC..... 12
2.10	ผลของความยาวคอลัมน์และความสามารถในการแยกแยะเมื่อขนาดของอนุภาคเดียวกันในคอลัมน์ 12
2.11	ผลของขนาดอนุภาคภายในคอลัมน์และความสามารถในการแยกแยะเมื่อความยาวของคอลัมน์เท่ากัน 12
2.12	ลักษณะการทำงานของตัวตรวจวัด..... 13
2.13	กราฟแสดงสารตัวอย่าง A ที่นำมาทดสอบมีสารอะคริลาไมด์ (Acrylamide) ซึ่งจุดสูงสุดของ Chromatography จะเกิดขึ้นที่ 2.85 นาที..... 13
2.14	กราฟแสดงสารตัวอย่าง A และสารตัวอย่าง B ที่นำมาทดสอบมีสารอะคริลาไมด์ทั้งคู่ซึ่งจุดสูงสุดของ Chromatography จะเกิดขึ้นที่ 2.85 นาที..... 14
2.15	ผลการทดสอบโดยระบบ HPLC ในการตรวจหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในสารตัวอย่าง..... 14
2.16	การตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA 15
2.17	ผลการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA 16
2.18	ชุดตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA..... 16
2.19	โครงสร้างพื้นฐานของไบโอเซนเซอร์..... 17
2.20	การจำแนกประเภทของไบโอเซนเซอร์ 17
2.21	การนำเอาสัญญาณจากไบโอเซนเซอร์ไปใช้งาน 18
2.22	โครงสร้างของไบโอเซนเซอร์ที่นำเสนอโดย Rijian Mo และคณะ..... 19
2.23	การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านเซนเซอร์เมื่อตรวจพบอะฟลาท็อกซิน 19

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.1	แถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ.....21
3.2	หลอด Blacklight Blue HPW & MLW ของบริษัท Philips.....22
3.3	ความยาวคลื่นแสงจากหลอด Blacklight Blue HPW & MLW ของบริษัท Philips.....22
3.4	หลอดอัลตราไวโอเล็ตแบบ CFL Spiral22
3.5	หลอดอัลตราไวโอเล็ตขนาด 18 W 370 nm UV Black Light ของบริษัท Philip.....23
3.6	หลอดอัลตราไวโอเล็ตแบบ SURFACE LED SERIES SFL-UV ของบริษัท Opsytec.....23
3.7	ความยาวคลื่นแสงจากหลอดอัลตราไวโอเล็ตแบบ SURFACE LED SERIES SFL-UV ชนิดต่างๆ ของบริษัท Opsytec..... 23
3.8	การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบรอยแตกบกพร่องบนวัตถุ24
3.9	การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบรอยร้าว.....24
3.10	การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบธนบัตร.....25
3.11	การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบแบคทีเรีย25
3.12	การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์.....25
4.1	ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต.....27
4.2	ส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช.....27
4.3	โครงสร้างของสายพานลำเลียงที่ใช้ในระบบที่พัฒนาขึ้น.....28
4.4	ลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนสายพานลำเลียง.....28
4.5	อินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K29
4.6	รูปร่างและขนาดของอินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K.....29
4.7	การควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงด้วยอินเวอร์เตอร์.....30
4.8	หลอดไฟ Black Light Blue Fluorescent Tube ของบริษัท Philip Model TL6WT5/BLB.....30
4.9	กล้องเว็บแคม OKER OE-177.....31
4.10	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบ.....32
4.10	การ์ดอินเตอร์เฟซของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009.....32
4.11	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 1.....33
4.12	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 2.....33
4.13	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 3.....33
4.14	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 4.....34
4.15	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 5.....34
4.16	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 6.....34
4.17	โครงสร้างของตู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 7.....35
4.18	ตู้ตรวจสอบก่อนทำการพ่นสี (ด้านบน).....35
4.19	ตู้ตรวจสอบก่อนทำการพ่นสี (ด้านหน้า).....36
4.20	ตู้ตรวจสอบก่อนทำการพ่นสี (ด้านข้าง).....36

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
4.21	ผู้ตรวจสอบหลังทำการพ่นสีดำ (ด้านหน้า).....37
4.22	ผู้ตรวจสอบหลังทำการพ่นสีดำ (ด้านข้าง).....37
4.23	ผู้ตรวจสอบหลังทำการพ่นสีดำ (ด้านบน)38
4.24	การ์ดอินเตอร์เฟสของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009.....38
4.25	ลักษณะโครงสร้างของการ์ดอินเตอร์เฟส รุ่น USB-6009.....39
4.26	ลักษณะพอร์ตเชื่อมต่อของการ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น USB-6009.....39
4.27	รีเลย์โมดูลรุ่น SRD-05VDC-SL-C.....41
4.28	ลักษณะทั่วไปของทาวเวอร์ไลท์.....41
4.29	ลักษณะการควบคุมทาวเวอร์ไลท์.....42
4.30	โครงสร้างของระบบคัดแยก.....42
4.31	ลักษณะของปั๊มลม.....43
4.32	ระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศ.....43
4.33	โซลีนอยด์วาล์ว.....44
4.34	กระบอกสูบแบบสองทาง.....44
4.35	โครงสร้างของระบบตรวจจับตำแหน่งบนสายพานเลี้ยง.....45
4.36	โครงสร้างของ Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK.....45
4.37	การกำหนดระยะในการตรวจจับวัตถุของ Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK...45
4.38	การต่อใช้งาน Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK.....46
4.39	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านหน้า).....47
4.40	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางเข้าของตัวอย่างทดสอบ).....47
4.41	การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางออกของตัวอย่างทดสอบ).....48
4.42	การติดตั้งติดตั้งผู้ตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านหน้า).....48
4.43	การติดตั้งติดตั้งผู้ตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางเข้าของตัวอย่างทดสอบ).....49
4.44	การติดตั้งติดตั้งผู้ตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางออกของตัวอย่างทดสอบ).....49
4.45	ชุดควบคุมระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช.....50
4.46	ภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์.....51
4.47	ภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต.....51
4.48	อัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินออกจาก ภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืช.....52
4.49	อัลกอริทึมในการหาค่าพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน53
5.1	การทดสอบการควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงด้วยอินเวอร์เตอร์.....54
5.2	การทดสอบระบบถ่ายภาพด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ.....55
5.3	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (ปราศจากการปนเปื้อน อะพลาที่อกซิน).....55
5.4	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (ปราศจากการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....55

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาต

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป (ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.5	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน)...56
5.6	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....57
5.7	การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของ อะพลาที่อกซิน.....57
5.8	อัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน.....58
5.9	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (ปราศจากการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....59
5.10	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation (ปราศจากการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....59
5.11	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation และแปลงเป็นภาพแบบ Grayscale (ปราศจากการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....60
5.12	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation แปลงเป็นภาพแบบ Grayscale และผ่านการทำ Thresholding (ปราศจากการปนเปื้อน อะพลาที่อกซิน).....60
5.13	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....61
5.14	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....61
5.15	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation และแปลงเป็นภาพแบบ Grayscale (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน).....62
5.16	ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation แปลงเป็นภาพแบบ Grayscale และผ่านการทำ Thresholding (มีการปนเปื้อน อะพลาที่อกซิน).....62
5.17	กราฟแสดงค่าความสว่างของแต่ละพิกเซลจากภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดด้วย แสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการประมวลผลภาพ.....63
5.18	โครงสร้างของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน64
5.19	การทำงานของโปรแกรมกรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน65
5.20	การทำงานของโปรแกรมกรณีมีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน66
1ก	ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช (ด้านหน้า).....72
2ก	ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช (ด้านทางเข้าของตัวอย่างทดสอบ).....72
3ก	ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช (ด้านทางออกของตัวอย่างทดสอบ)73
4ก	ชุดควบคุมระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช.....73

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ในปัจจุบันปัญหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน (Aflatoxin)[1-3] ในอาหารต่างๆ ที่จำหน่ายอยู่ในท้องตลาดนับว่าเป็นปัญหาใหญ่ที่ส่งผลกระทบต่อผู้บริโภคและการส่งออกผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ เนื่องจากมีการตรวจพบว่าอาหารหลายชนิดมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน โดยเฉพาะอาหารหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธัญพืชต่าง เช่น ถั่วลิสง ข้าว ข้าวโพด เป็นต้น ซึ่งอะฟลาท็อกซินนี้สามารถเข้าสู่ร่างกายผู้บริโภคโดยตรงโดยการบริโภคผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน เช่น ถั่วลิสง ข้าว ข้าวโพด หรือทางอ้อมโดยการบริโภคผลิตภัณฑ์จากสัตว์ที่มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินเนื่องจากสัตว์บริโภคอาหารที่มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินเข้าไปและเกิดการสะสมในร่างกายของสัตว์ สำหรับผลกระทบของอะฟลาท็อกซินต่อผู้บริโภค เมื่อทานอาหารที่มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินเข้าไปก็จะเกิดการสะสมอยู่ในร่างกายและเป็นสาเหตุให้เกิดโรคต่างๆ ได้แก่ โรคมะเร็งตับ โรคตับอักเสบ โรคตับแข็ง โรคมะเร็งอวัยวะอื่น เป็นต้น โดยความเป็นพิษและการเกิดโรคต่างๆ จะแสดงออกมามากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับ รูปแบบของการบริโภคอาหาร อายุ เพศ ฮอริโมน และปริมาณของอะฟลาท็อกซินที่เข้าสู่ร่างกาย

จากปัญหาที่กล่าวมาข้างต้น จึงต้องมีการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารต่างๆ ซึ่งปกติแล้วการตรวจหาอะฟลาท็อกซินมักจะทำในห้องแล็บและมีวิธีการที่ซับซ้อนใช้เวลานานกว่าจะทราบผล นอกจากนี้การตรวจสอบยังจำกัดเฉพาะอาหารที่ทำการสุ่มตรวจเท่านั้นทำให้อาจมีอาหารที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินหลุดรอดไปยังผู้บริโภคได้ ด้วยเหตุนี้ทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะวิจัยและพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารต่างๆ โดยการประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการคัดกรองธัญพืชต่างๆ ที่อาจมีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินออกไปก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและช่วยยกระดับคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธัญพืชต่างๆ

1.2 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชแบบไม่ทำลายเพื่อประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ
2. พัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
3. พัฒนาระบบการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย
4. พัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

1.3 ขอบเขตของโครงการวิจัย

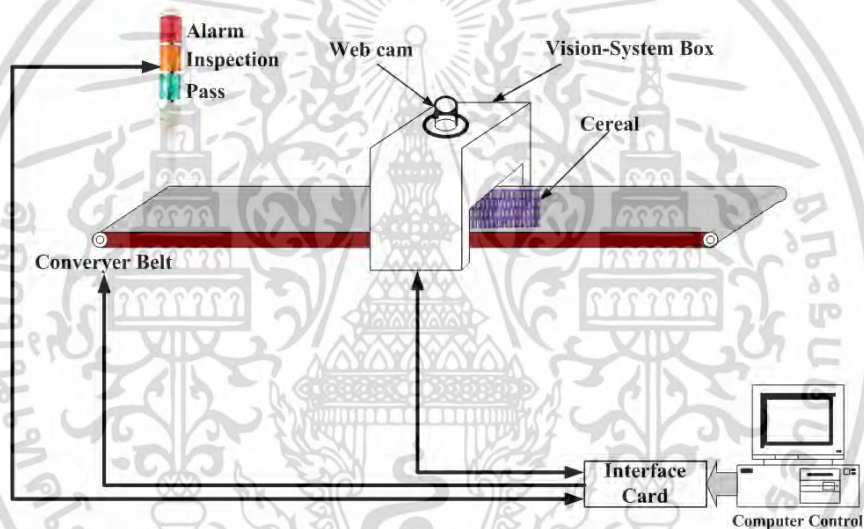
โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการคัดกรองธัญพืชต่างๆ ที่อาจมีการปนเปื้อน

อะพลาที่อกซินออกไปก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและช่วยยกระดับคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธัญพืชต่างๆ

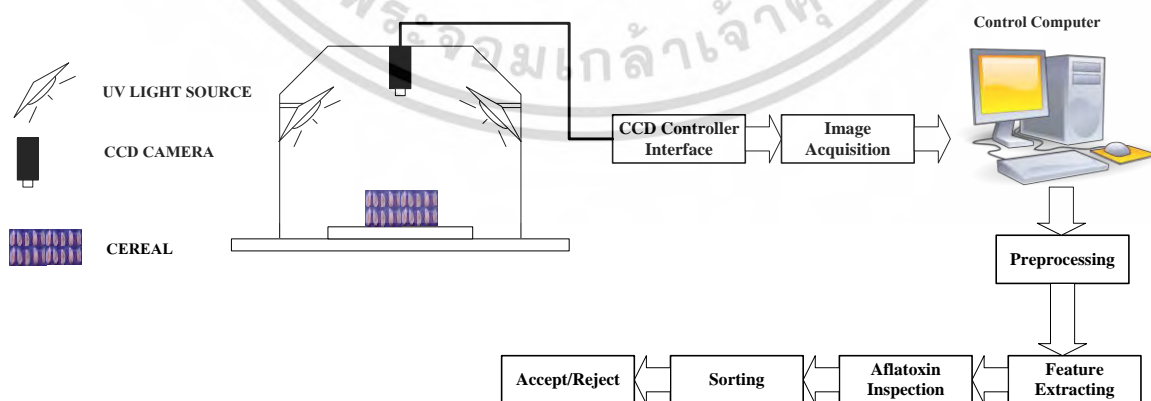
1.4 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ในโครงการวิจัยนี้กล่าวถึงการพัฒนาตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช ทั้งนี้เพื่อช่วยในการคัดกรองธัญพืชต่างๆ ที่อาจมีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน ออกไปก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและช่วยยกระดับคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธัญพืชต่างๆ

สำหรับส่วนประกอบทั้งหมดของโครงสร้างระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่จะทำการพัฒนาขึ้นมา สามารถแสดงดังรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.1 โครงสร้างของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต



รูปที่ 1.2 ส่วนประกอบของห้องสำหรับการตรวจสอบของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 1.1 และรูปที่ 1.2 โครงสร้างของระบบจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลักคือคอมพิวเตอร์ สำหรับควบคุมการตรวจสอบและประมวลผลภาพ สายพานสำหรับลำเลียงธัญพืชเข้าสู่ห้องสำหรับการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต หากการตรวจสอบธัญพืชไม่พบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินก็จะลำเลียงผ่านไป แต่ถ้ามีการตรวจพบธัญพืชที่นำมาตรวจสอบมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินก็จะส่งสัญญาณผ่านวงจรควบคุมไปขับสัญญาณเตือนและขับกระบอกสูบเพื่อผลักกล่องบรรจุธัญพืชที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินตกลงไปในช่องที่เตรียมไว้

1.5 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ(information)ที่เกี่ยวข้อง [1-7]

สำหรับการค้นพบสารพิษอะฟลาท็อกซินได้มีการตรวจพบครั้งแรกในประเทศอังกฤษ ในปี ค.ศ. 1960 โดยตรวจพบในไก่วงเนื่องจากมีไก่วงตายเป็นจำนวนมากซึ่งเป็นผลมาจากการบริโภคอาหารที่ประกอบไปด้วยถั่วลิสง ซึ่งจากผลการตรวจสอบพบว่าถั่วลิสงที่ใช้เป็นอาหารให้ไก่วงมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน จากผลการศึกษาพบว่าวัตถุดิบประเภทธัญพืชต่างๆ เช่น ถั่วลิสง ข้าวโพด มีโอกาสที่จะเกิดอะฟลาท็อกซินได้ ก่อนที่จะมีการเก็บเกี่ยวขึ้นขึ้นอยู่กับสภาพแวดล้อม เช่น ความชื้น สภาวะอากาศ และสภาพการถูกกัดกินของแมลง ดังนั้นในปี ค.ศ. 1963 คณะกรรมการอาหารและยาของประเทศสหรัฐอเมริกาจึงได้กำหนดมาตรฐานเรื่องการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารเพื่อการบริโภคไม่ควรมีปริมาณสารอะฟลาท็อกซินเกิน 20 ppb (Part per billion) สำหรับองค์การอนามัยโลกได้จัดให้อะฟลาท็อกซินเป็นสารก่อมะเร็งที่มีความร้ายแรงมากที่สุดชนิดหนึ่ง โดยโรคที่ตรวจพบในคนที่สาเหตุมาจากอะฟลาท็อกซินได้แก่ โรคมะเร็งตับ โรคมะเร็งอวัยวะอื่น โรคมะเร็งลำไส้ โรคมะเร็งปาก โรคมะเร็งไต เป็นต้น โดยความเป็นพิษและการเกิดโรคต่างๆ จะแสดงออกมา มากหรือน้อยจะขึ้นอยู่กับ รูปแบบของการบริโภคอาหาร อายุ เพศ ฮอร์โมน และปริมาณของอะฟลาท็อกซินที่เข้าสู่ร่างกาย จากอันตรายของอะฟลาท็อกซินที่กล่าวมาทำให้มีการวิจัยและพัฒนาวิธีการตรวจสอบหาอะฟลาท็อกซินด้วยวิธีการต่างๆ ดังนี้

1. วิธี TLC (Thin layer chromatography)

สำหรับวิธีการนี้เป็นวิธีที่ง่ายและมีการใช้งานมานานแล้วโดยใช้เครื่อง Fluorodensitometer เป็นเครื่องตรวจวัด แต่มีข้อเสียคือใช้เวลาในการตรวจวัดนานคือ 8-15 ชั่วโมง

2. วิธี HPLC (High performance liquid chromatography)

วิธีนี้มีข้อดีคือมีความแม่นยำและรวดเร็วกว่าวิธี TLC แต่อย่างไรก็ตามวิธีนี้จะมีค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบสูง

3. วิธี Immuno assay kit

วิธีการนี้มีความรวดเร็วในการตรวจสอบมากกว่า 2 วิธีแรกที่กล่าวมา แต่วิธีนี้มีข้อเสียคือชุดตรวจสอบมีอายุการใช้งานจำกัดและบางชนิดต้องเก็บไว้ในตู้เย็นตลอดเวลา

จากตัวอย่างของวิธีการตรวจสอบหาอะฟลาท็อกซินด้วยวิธีการต่างๆ ดังที่กล่าวมาเน้นการตรวจสอบในลักษณะของห้องปฏิบัติการซึ่งการตรวจสอบจะต้องใช้กระบวนการ เวลา และค่าใช้จ่ายที่สูง ซึ่งไม่เหมาะในการนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบหาอะฟลาท็อกซินในธัญพืชในอุตสาหกรรมทางการเกษตรหรือ

ผลิตภัณฑ์อาหารต่างๆ ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะวิจัยและพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชซึ่งเป็นวัตถุดิบหลักในการผลิตอาหารต่างๆ โดยการประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการคัดกรองธัญพืชต่างๆ ที่อาจมีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินออกไปก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและช่วยยกระดับคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธัญพืชต่างๆ

สำหรับเทคนิคที่นำมาใช้ในการพัฒนาระบบจะอ้างอิงจากบทความวิจัยตามเอกสารอ้างอิง [8-13]

1.6 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. พัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชแบบไม่ทำลายเพื่อประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ
2. กระตุ้นให้เกิดการทำวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เทคโนโลยีและวัสดุภายในประเทศ
3. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้าทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
4. ช่วยประหยัดแรงงานและเวลาในการใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช
5. สามารถนำเทคนิคที่พัฒนาขึ้นมาไปประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบอะฟลาท็อกซินในอาหารต่างๆ

1.7 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

นำเสนอรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ พร้อมทั้งนำเสนอบทความวิจัยในสถานที่ต่างๆ และถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตแก่บุคคลและหน่วยงานต่างๆ ที่สนใจนำระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตไปใช้งานหรือพัฒนาต่อ เช่น

- นักศึกษา จากมหาวิทยาลัยหรือสถาบันต่างๆ
- นักวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ
- หน่วยงานทางภาคเกษตรกรรม
- หน่วยงานทางภาคอุตสาหกรรม
- ผู้สนใจที่จะนำระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตไปประยุกต์ใช้งาน
- ฯลฯ

1.8 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

เพื่อให้การวิจัยสร้างระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตสำเร็จรวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนดประมาณ 12 เดือน จึงขอแบ่งวิธีการวิจัยดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของเทคนิคและวิธีการตลอดจนหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช
2. ศึกษาข้อมูลเทคนิคในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต
3. ออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต
4. ทดสอบระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา
5. ปรับปรุงคุณภาพของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา
6. สร้างต้นแบบระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต
7. สรุปผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

สำหรับสถานที่ในการทำการทดลองและเก็บข้อมูลจะใช้สถานที่ของสาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.9 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

เริ่มต้นตั้งแต่เดือนตุลาคม 2558 จนถึง กันยายน 2559 ซึ่งจะทำการวิจัยให้เสร็จภายในปีงบประมาณ 2559

แผนการดำเนินการตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	งบประมาณปี 2559												
	ต.ค.	พ.ย.	ธ.ค.	ม.ค.	ก.พ.	มี.ค.	เม.ย.	พ.ค.	มิ.ย.	ก.ค.	ส.ค.	ก.ย.	
1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของเทคนิคและวิธีการทดลองหลักเกณฑ์ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในรัฐพีช	←	→											
2. ศึกษาข้อมูลเทคนิคในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในรัฐพีชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต		←	→										
3. ออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในรัฐพีชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต				←	→								
4. ทดสอบระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในรัฐพีชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา						←	→						
5. ปรับปรุงคุณภาพของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในรัฐพีชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา									←	→			
6. สร้างต้นแบบระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในรัฐพีชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต											←	→	
7. สรุปผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์												←	→

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2 ทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง

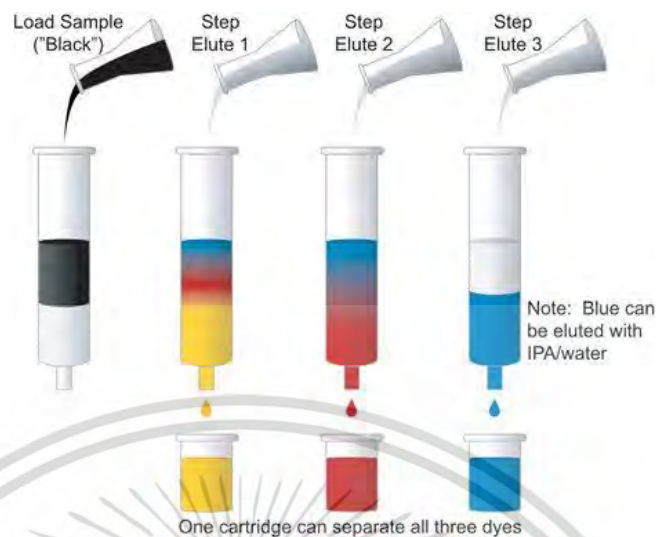
จากปัญหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารต่างๆ เช่น นม ข้าวโพด ข้าว พริกแห้ง และ ถั่วประเภทต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินเข้าไปในร่างกายจะส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งตับ โรคตับแข็ง โรคไตสมองอักเสบ โดยระดับความเป็นพิษและอาการของโรคจะขึ้นอยู่กับปริมาณของอะฟลาท็อกซินที่ได้รับ อายุ เพศ ของผู้ที่ได้รับ ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการศึกษาค้นคว้า ทำวิจัยและพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหาร ขึ้นมามากมายซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไปดังรายละเอียดต่อไปนี้

2.1 เทคนิค Chromatography

Chromatography เป็นวิธีการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารที่นิยมใช้แบบหนึ่ง ซึ่งจะมีอยู่หลายเทคนิค เช่น Gas Chromatography (GC), Liquid Chromatography (LC), High Performance Liquid Chromatography (HPLC) and Thin Layer Chromatography (TLC) เป็นต้น โดยเทคนิคทาง Chromatography ที่นิยมใช้กันมากได้แก่ LC, TLC และ HPLC ซึ่งเทคนิคที่กล่าวมานี้ยังคงมีการพัฒนาและทำวิจัยกันอย่างต่อเนื่อง เนื่องจากมีความไวและความถูกต้องในการตรวจสอบสูง แต่อย่างไรก็ตามในการใช้งานต้องการผู้ใช้งานที่มีทักษะสูงและราคาของระบบที่ค่อนข้างแพง สำหรับรายละเอียดของแต่ละเทคนิคสามารถอธิบายได้ดังนี้

2.1.1 Liquid Chromatography (LC) [14-15]

Liquid Chromatography เป็นเทคนิคทาง Chromatography แบบหนึ่งที่นิยมใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในของเหลว เช่น นม น้ำผลไม้ต่างๆ เป็นต้น เนื่องจากวิธีนี้มีค่าความไวในการตรวจสอบสูง โดยในการตรวจสอบ ตัวอย่างของของเหลวที่จะทำการทดสอบจะถูกป้อนเข้าสู่คอลัมน์ที่บรรจุด้วยของแข็งที่เป็นอนุภาคขนาดเล็กทำให้ตัวอย่างของเหลวไหลผ่านคอลัมน์ด้วยอัตราเร็วต่างกันขึ้นอยู่กับอนุภาคของตัวอย่างของเหลวที่นำมาทดสอบ โดยตัวอย่างของการทดสอบด้วยวิธี Liquid Chromatography สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 ตัวอย่างของการทดสอบด้วยวิธี Liquid Chromatography : www.waters.com

2.1.2 Thin-Layer Chromatography (TLC)

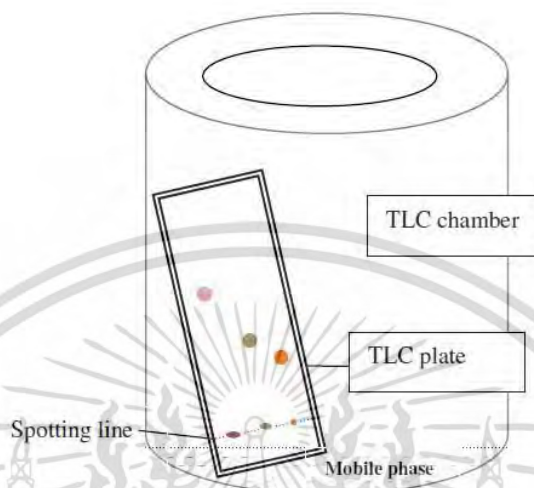
Thin-Layer Chromatography (TLC) เป็นเทคนิคทาง Chromatography ที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลายในห้องปฏิบัติการต่างๆ เช่น การวิเคราะห์ห้องค์ประกอบและการตรวจสอบคุณภาพของอาหาร การตรวจสอบหาสิ่งเจือปนหรือการปนเปื้อนในอาหาร การตรวจสอบคุณภาพและความปลอดภัยของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรต่างๆ ซึ่งวิธี TLC มีข้อดีคือ มีขั้นตอนในการตรวจสอบง่ายไม่ซับซ้อน และค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบต่ำ วิธีนี้จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่านำมาใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหาร โดยหลักการทำงานของ TLC จะอาศัยการวัดระยะการกระจายตัวของสาร โดยในการทดสอบจะมีการเตรียมแผ่นเพลท (Plate) สำหรับการทดสอบ โดยการเคลือบสารประเภทเฟสนิ่ง (Stationary phase) เช่น ซิลิกาเจล (Silica gel) อลูมิเนียมออกไซด์ (Aluminium oxide) เซลลูโลส (Cellulose) ไว้บนแผ่นเพลทที่ทำมาจาก กระดาษ อลูมิเนียม หรือ พลาสติกบางๆ ดังแสดงในรูปที่ 2.2



รูปที่ 2.2 แผ่นเพลทสำหรับการทดสอบด้วยเทคนิค Thin-Layer Chromatography : www.carolina.com

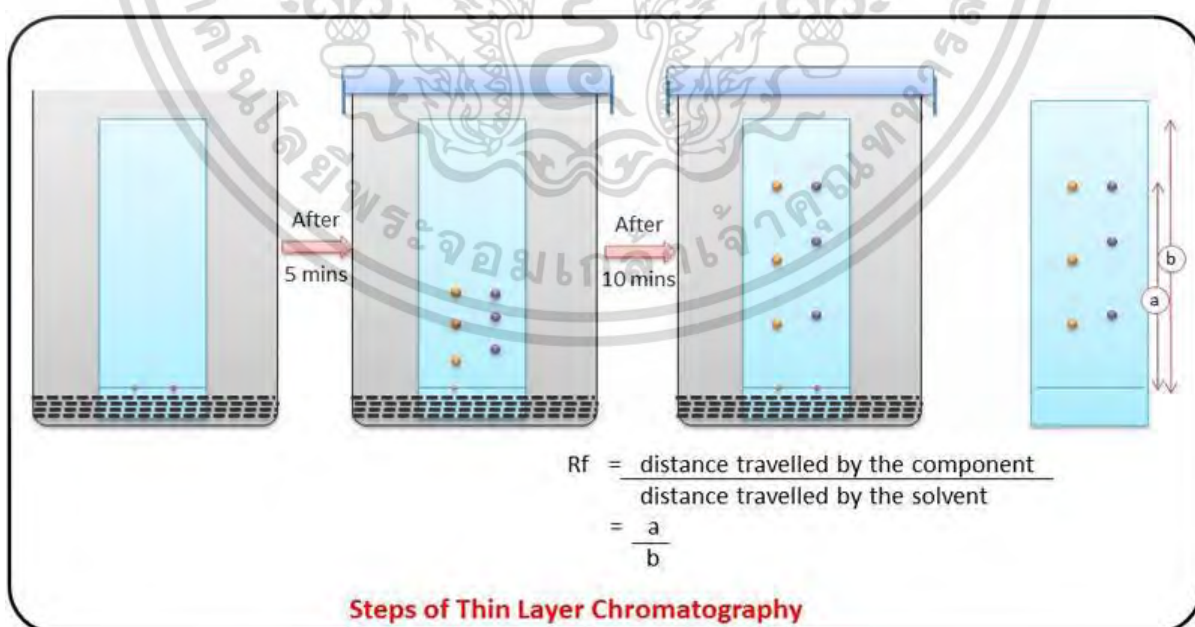
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.2 แผ่นเพลทที่นำมาทดสอบจะถูกนำมาหยดสารตัวอย่างโดยใช้หลอดแคปิลลารี (Capillary Tube) จากนั้นจึงนำแผ่นเพลทไปวางในภาชนะที่ใส่สารละลายประเภทเฟสเคลื่อนที่ (Mobile phase) เช่น แอลกอฮอล์ (Alcohol) อะซีโตน (Acetone) เป็นต้น ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การวางเพลทที่ผ่านการหยดสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบลงบนสารละลายประเภทเฟสเคลื่อนที่ : www.microbenotes.com

จากรูปที่ 2.3 สารละลายจะถูกดูดซึมพร้อมสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบขึ้นไปบนแผ่นเพลททดสอบ ซึ่งระยะการเคลื่อนของสารแต่ละชนิดจะไม่เท่ากันโดยขึ้นอยู่กับองค์ประกอบของสารนั้นทำให้เห็นความแตกต่างของระยะการเคลื่อนที่ของสารละลายแต่ละชนิดไม่เท่ากันดังรูปที่ 2.4



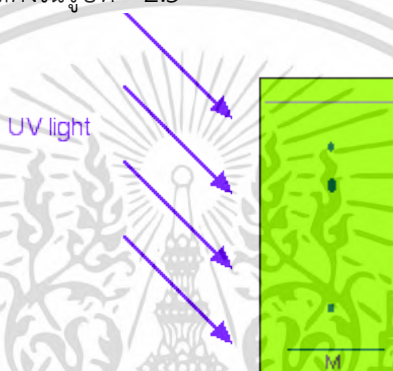
รูปที่ 2.4 การแยกระดับของสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบกับสารละลาย : www.microbenotes.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.4 แสดงตัวอย่างของผลการทดสอบซึ่งจะมียอดประกอบสำคัญคือ ระยะทางที่สารตัวอย่างเคลื่อนที่และระยะทางที่สารละลายเคลื่อนที่ โดยอัตราส่วนระหว่างระยะทางทั้งสองนี้เรียกว่าค่า Retention factor (Rf) ซึ่งสามารถแสดงได้ดังสมการที่ 2.1

$$\text{Retention factor (Rf)} = \frac{\text{ระยะทางที่สารตัวอย่างเคลื่อนที่ (ซม.)}}{\text{ระยะทางที่สารละลายเคลื่อนที่ (ซม.)}} \quad (2.1)$$

ซึ่งค่า Rf ที่คำนวณได้นี้จะใช้ในการจำแนกประเภทและชนิดของสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบ แต่ในสารตัวอย่างบางชนิดไม่สามารถสังเกตผลการทดสอบได้ชัดเจน จะต้องมีการนำเอาแสงยูวี (UV light) มาช่วยในการสังเกตผลการทดสอบดังแสดงในรูปที่ 2.5



รูปที่ 2.5 การใช้แสงยูวีช่วยในการสังเกตผลการทดสอบ : www.chemguide.co.uk

2.1.3 High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

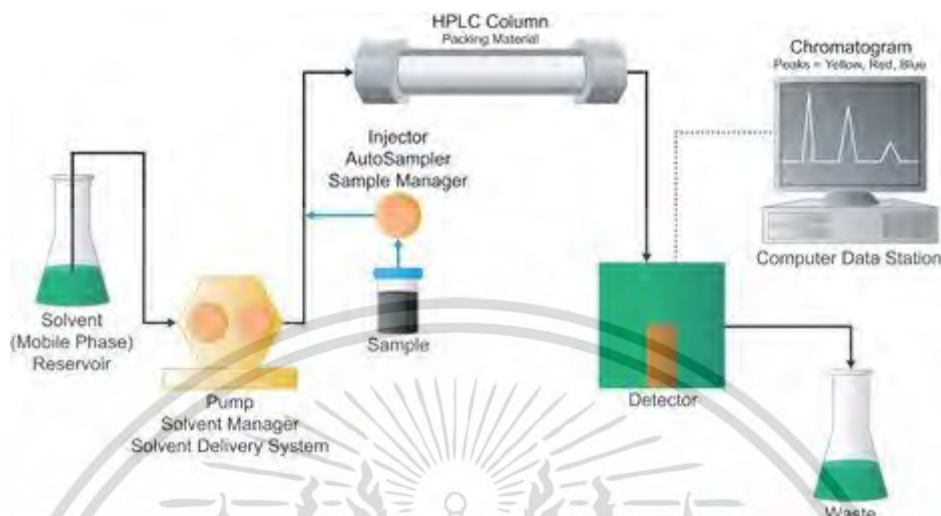
สำหรับเทคนิค High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ถูกนำมาใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินแบบอัตโนมัติ ซึ่งมีค่าความไวและความสามารถในการตรวจสอบสูง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในปัจจุบันเทคนิค HPLC ได้ถูกนำมาใช้กันอย่างแพร่หลายในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชและสินค้าทางการเกษตรต่างๆ เนื่องจากมีประสิทธิภาพในการตรวจสอบสูงกว่าวิธี TLC สำหรับตัวอย่างของระบบ HPLC สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.6



รูปที่ 2.6 High Performance Liquid Chromatography System : www.jascoinc.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 2.6 แสดงตัวอย่างของระบบ HPLC ซึ่งภายในจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบสำคัญดัง
รูปที่ 2.7



รูปที่ 2.7 โครงสร้างภายในของระบบ HPLC : www.waters.com

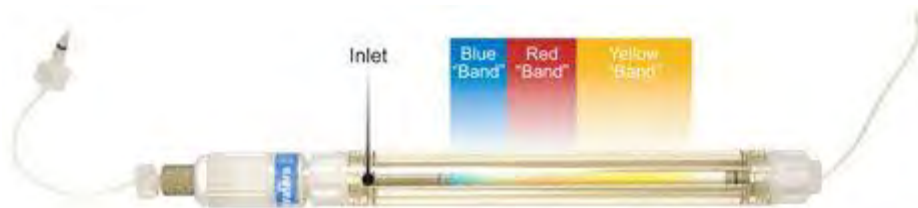
จากรูปที่ 2.7 แสดงโครงสร้างภายในของระบบ HPLC ซึ่งจะประกอบไปด้วย

1. ปั๊ม (Pump) สำหรับใช้ในการดูดสารละลายประเภทเฟสเคลื่อนที่เข้าไปในคอลัมน์ด้วยอัตราการไหล 0.5-10 ม.ล./นาที ซึ่งทำให้เกิดความดันอัดเข้าไปในคอลัมน์ในช่วง 400-600 บาร์ (Bar)
2. ตัวฉีด (Injector) เป็นอุปกรณ์ที่ใช้ในการควบคุมการป้อนสารตัวอย่างเข้าสู่คอลัมน์ในช่วง 5-20 ไมโครลิตร
3. คอลัมน์ (Column) เป็นส่วนที่ให้สารเคลื่อนที่ผ่านโดยมีลักษณะเป็นทรงกระบอกโดยสารจะเคลื่อนที่ผ่านคอลัมน์ได้เร็วหรือช้าจะขึ้นอยู่กับขนาดอนุภาคของสารนั้นๆ สำหรับลักษณะภายนอกและโครงสร้างภายในของคอลัมน์ที่ใช้ในระบบ HPLC สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.8 และรูปที่ 2.9 ตามลำดับ



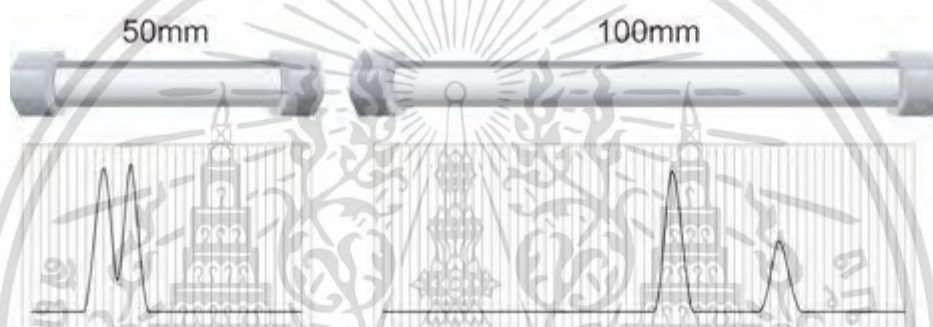
รูปที่ 2.8 คอลัมน์ที่ใช้ในระบบ HPLC : www.waters.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

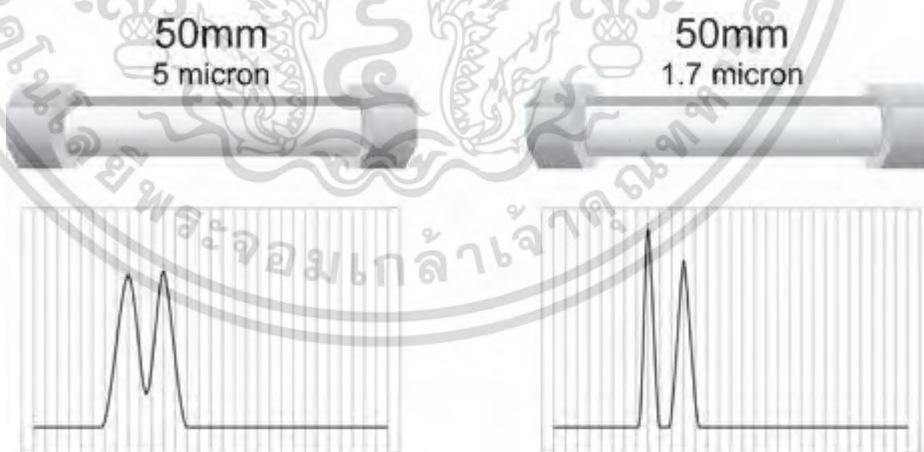


รูปที่ 2.9 ลักษณะภายในของคอลัมน์ที่ใช้ในระบบ HPLC : www.waters.com

สำหรับความสามารถในการแยกสารจะขึ้นอยู่กับความยาวของคอลัมน์และขนาดของอนุภาคคอลัมน์ ดังแสดงในรูปที่ 2.10 และรูปที่ 2.11



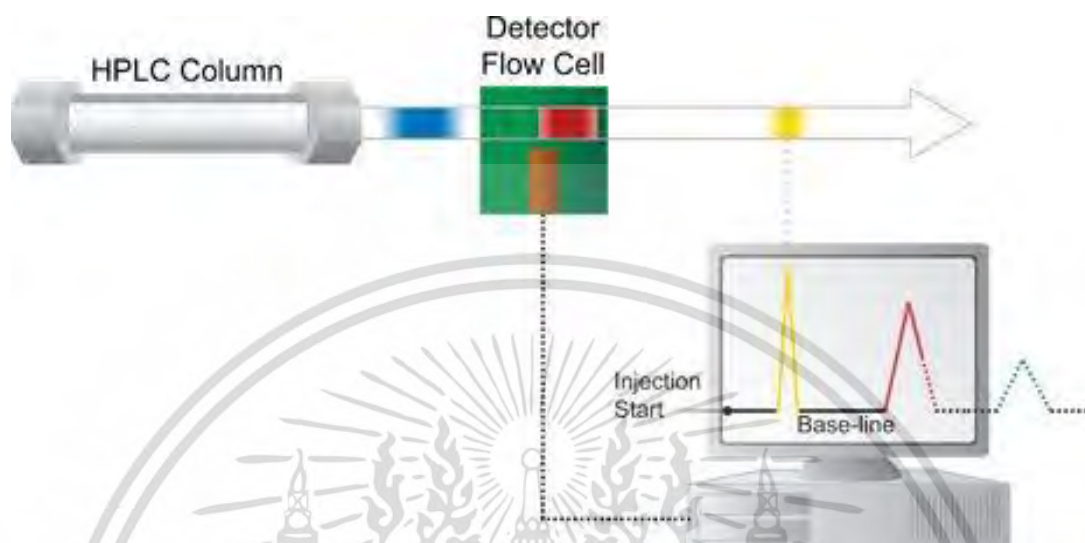
รูปที่ 2.10 ผลของความยาวคอลัมน์และความสามารถในการแยกแยะเมื่อขนาดของอนุภาคเดียวกันในคอลัมน์ : www.waters.com



รูปที่ 2.11 ผลของขนาดอนุภาคภายในคอลัมน์และความสามารถในการแยกแยะเมื่อความยาวของคอลัมน์เท่ากัน : www.waters.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. ตัวตรวจวัด (Detector) ทำหน้าที่ในการตรวจวัดส่วนประกอบของสารตัวอย่างและทำการส่งข้อมูลไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวลผลดังแสดงในรูปที่ 2.12



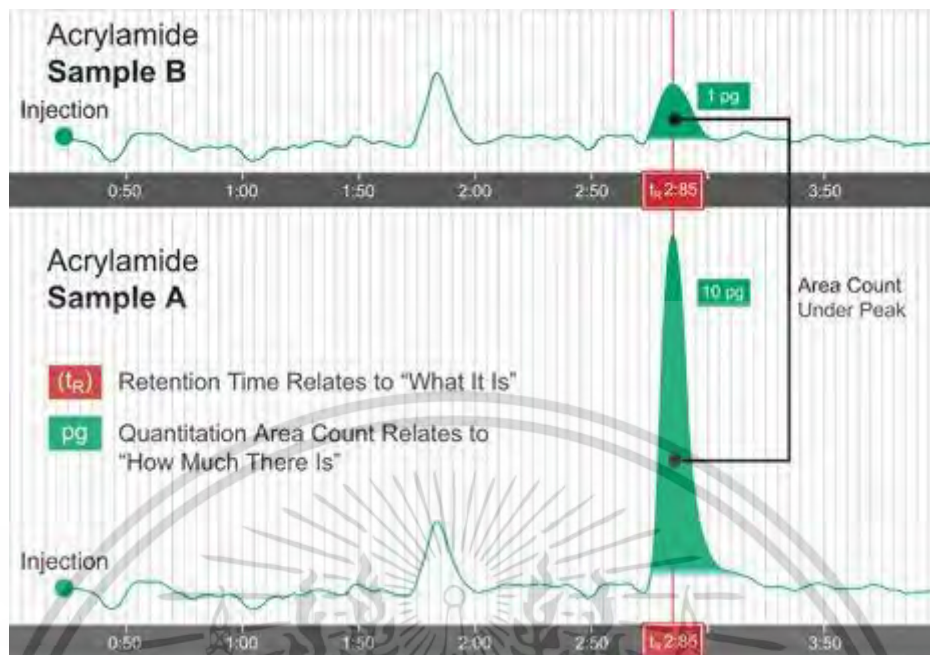
รูปที่ 2.12 ลักษณะการทำงานของตัวตรวจวัด : www.waters.com

5. คอมพิวเตอร์ (Computer) ทำหน้าที่รับสัญญาณจากตัวตรวจวัดเพื่อทำการประมวลผลและสร้างกราฟแสดงองค์ประกอบของสารตัวอย่างที่นำมาทดสอบ ดังตัวอย่างในรูปที่ 2.13 และรูปที่ 2.14



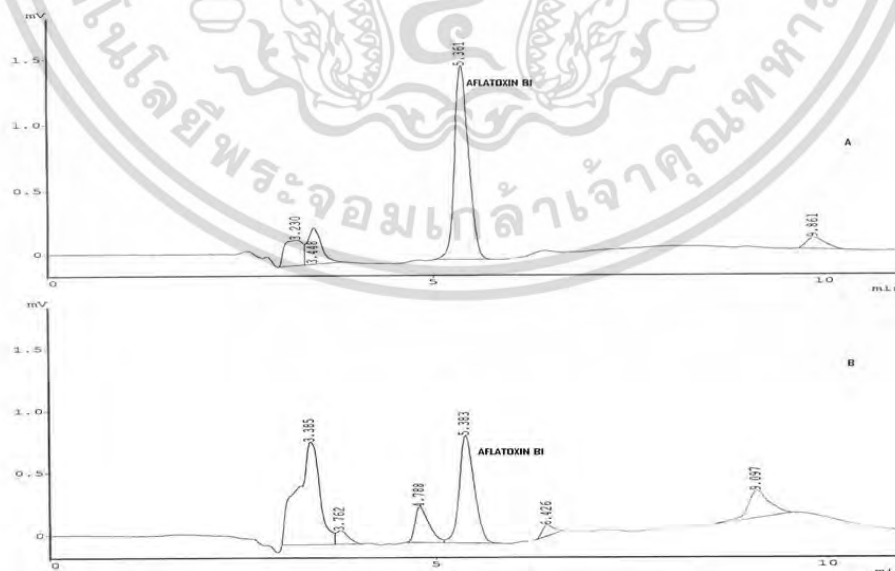
รูปที่ 2.13 กราฟแสดงสารตัวอย่าง A ที่นำมาทดสอบมีสารอะคริลามิด (Acrylamide) ซึ่งจุดสูงสุดของ Chromatography จะเกิดขึ้นที่ 2.85 นาที : www.waters.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.14 กราฟแสดงสารตัวอย่าง A และสารตัวอย่าง B ที่นำมาทดสอบมีสารอะคริลาไมด์ทั้งคู่ซึ่งจุดสูงสุดของ Chromatography จะเกิดขึ้นที่ 2.85 นาที : www.waters.com

จากรูปที่ 2.14 นอกจากกราฟจาก HPLC system จะแสดงว่าสารตัวอย่าง A และสารตัวอย่าง B ที่นำมาทดสอบมีสารอะคริลาไมด์ทั้งคู่แล้ว ยังบอกให้ทราบด้วยว่าสารตัวอย่าง A มีความเข้มข้นของสารอะคริลาไมด์สูงกว่าสารตัวอย่าง B สำหรับตัวอย่างผลการทดสอบโดยระบบ HPLC ในการตรวจหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในสารตัวอย่างสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.15



รูปที่ 2.15 ผลการทดสอบโดยระบบ HPLC ในการตรวจหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในสารตัวอย่าง [3]
(A) For standard (B) For sample

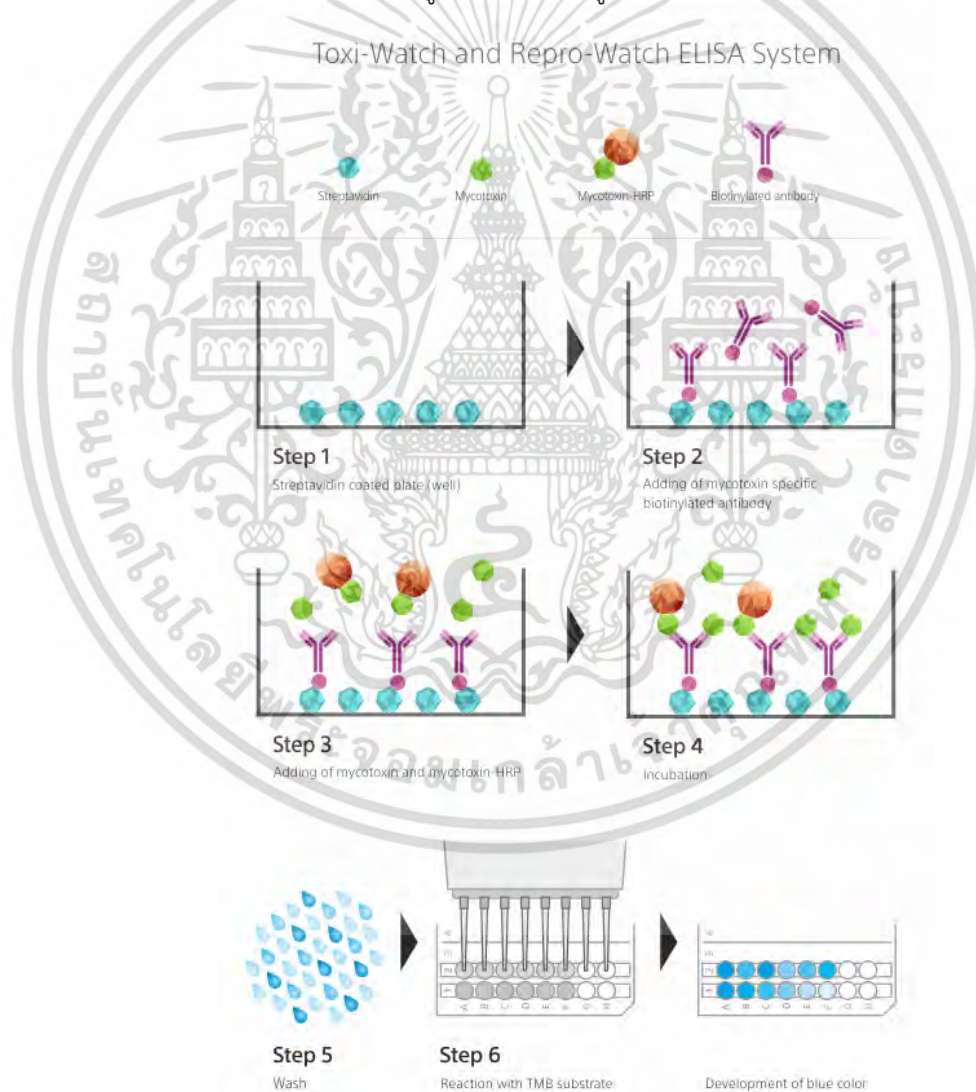
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2 Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) [3,17-18]

สำหรับเทคนิค Enzyme-linked immunosorbent assay หรือ ELISA นั้นเป็นวิธีการทดสอบที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการตรวจหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารต่างๆ เนื่องจากวิธีการตรวจสอบมีความเรียบง่าย ความไวในการตรวจสอบสูง ค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบต่ำ และมีความปลอดภัยต่อผู้ปฏิบัติงาน โดยระบบ ELISA จะมีอยู่ด้วยกัน 2 แบบคือ

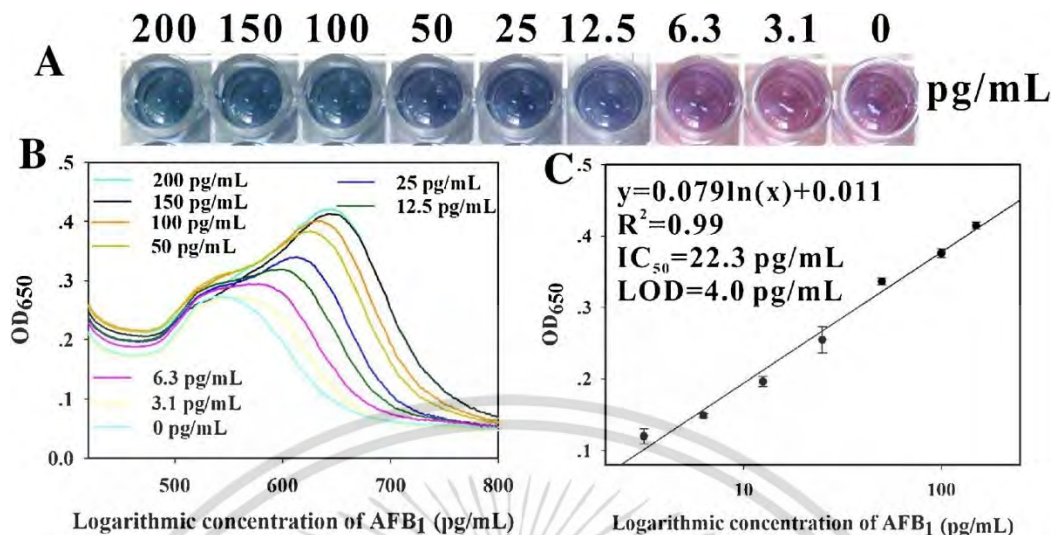
- Direct competitive enzyme-linked immunosorbent assay
- Indirect competitive enzyme-linked immunosorbent assay

ซึ่งวิธี ELISA นี้เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพซึ่งมักใช้ในอุตสาหกรรมเพื่อการวิจัยการวินิจฉัยและการควบคุมคุณภาพ ซึ่งหนึ่งในนั้นก็คือการนำวิธี ELISA มาใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารดังตัวอย่างขั้นตอนของ ELISA ดังรูปที่ 2.16 และรูปที่ 2.17



รูปที่ 2.16 การตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA : www.softflow.hu

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.17 ผลการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA [18]

สำหรับในตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA ในปัจจุบันมีผู้ผลิตชุดตรวจสอบ (Test kit) สำเร็จรูปมากมายหลายบริษัทดังตัวอย่างในรูปที่ 2.18



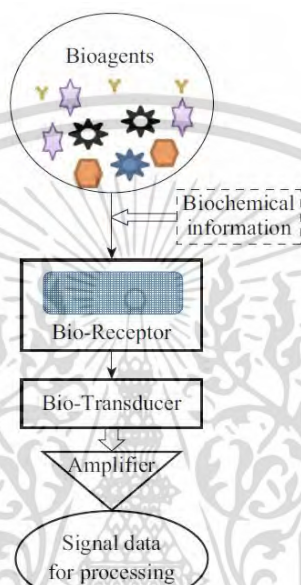
รูปที่ 2.18 ชุดตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธี ELISA : www.bio-equip.cn

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 ไบโอสเซนเซอร์ (Biosensors)[3,19-21]

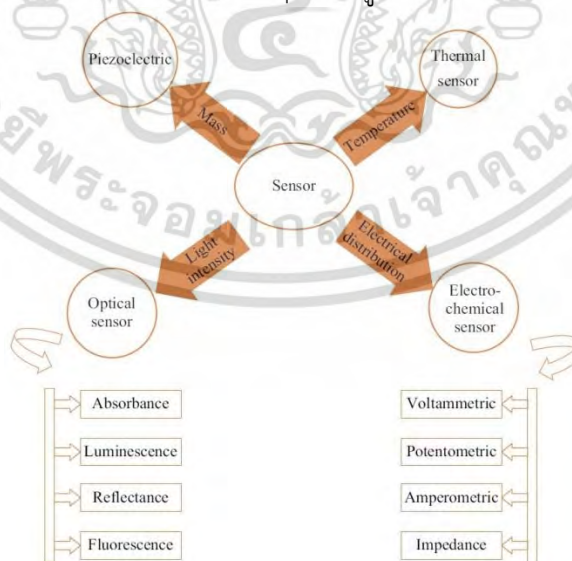
จากวิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารแบบต่างๆ ที่ได้กล่าวมาซึ่งโดยส่วนใหญ่มีวัตถุประสงค์หลักในการพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบคือความรวดเร็วในการตรวจสอบและความน่าเชื่อถือของผลการตรวจสอบตลอดจนค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบ ทำให้ในปัจจุบันได้มีการพัฒนาไบโอสเซนเซอร์สำหรับการตรวจสอบอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยความรวดเร็วและราคาถูก

สำหรับโครงสร้างพื้นฐานของไบโอสเซนเซอร์จะประกอบด้วยสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 2.19



รูปที่ 2.19 โครงสร้างพื้นฐานของไบโอสเซนเซอร์ [19]

โดยเราสามารถจำแนกประเภทของไบโอสเซนเซอร์ต่างๆ ได้ดังรูปที่ 2.20



รูปที่ 2.20 การจำแนกประเภทของไบโอสเซนเซอร์ [19]

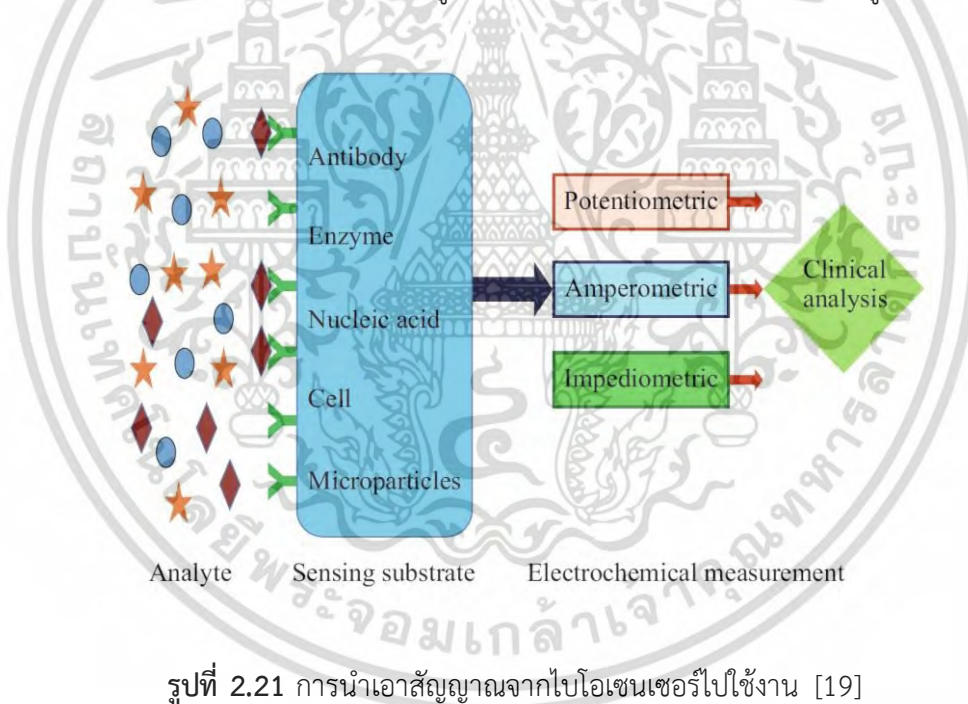
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานไบโอเซนเซอร์ในงานต่างๆ สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 2.1

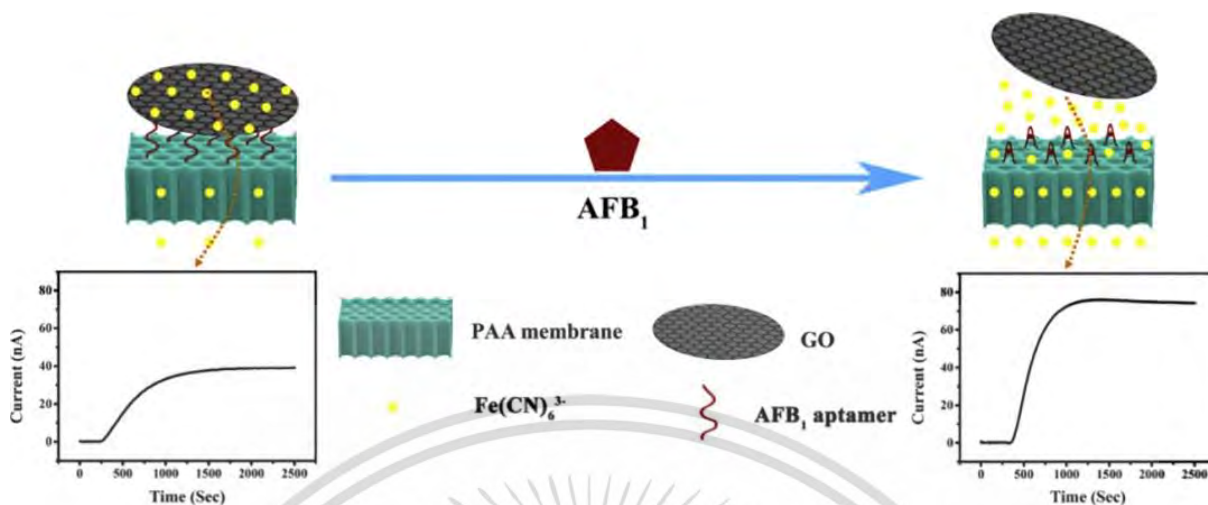
ตารางที่ 2.1 ตัวอย่างการประยุกต์ใช้งานไบโอเซนเซอร์ในงานต่างๆ [20]

Transducer System	Measurement Mode	Typical Applications
Ion-Selective Electrode	Potentiometric	Ions in biological media, enzyme electrodes
Gas-Sensing Electrodes	Potentiometric	Gases, enzyme, organelle, cell or tissue electrodes
Field-Effect Transistors	Potentiometric	Ions, gases, enzyme substrates immunological analytes
Optoelectronic and Fiber-Optic Devices	Optical	pH; enzymes; immunological analytes
Thermistors	Calorimetric	Enzyme, organelle, gases, pollutants, antibiotics, vitamins
Enzyme Electrodes	Amperometric	Enzymes, immunological systems
Conductimeter	Conductance	Enzyme substrates
Piezoelectric Crystals	Acoustic (mass)	Volatile gases and vapors, antibodies

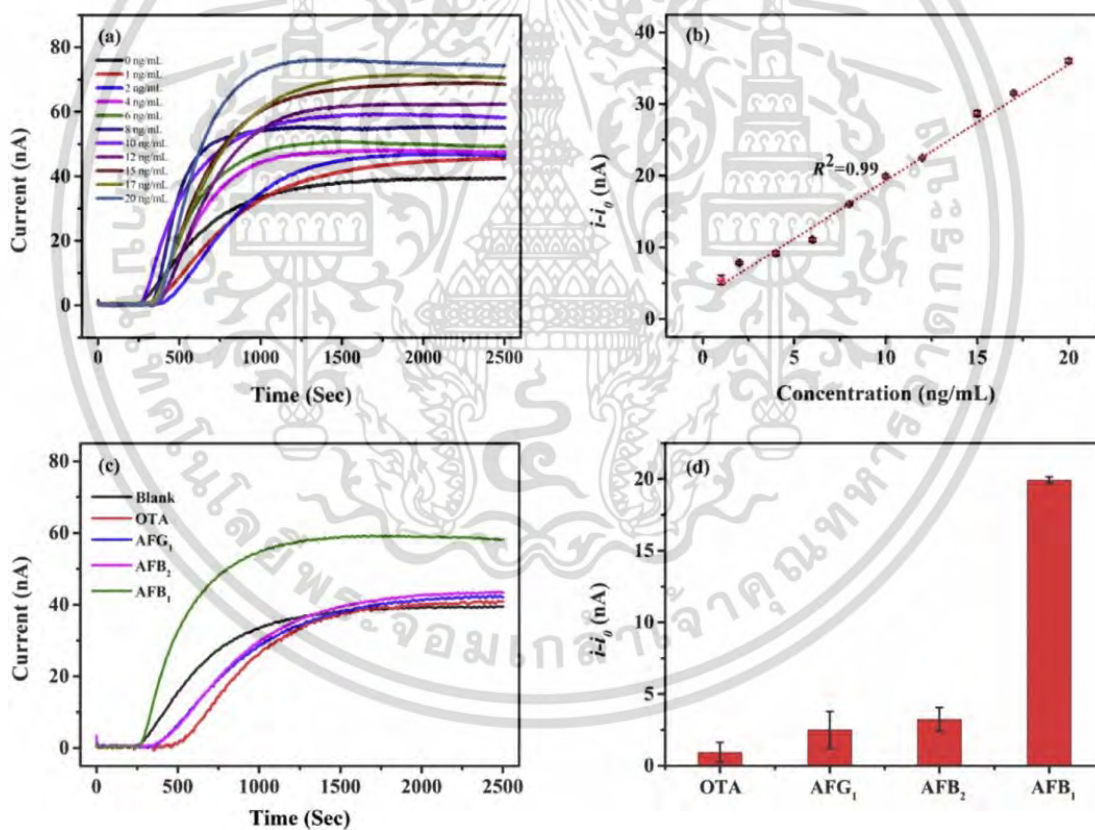
จากตารางที่ 2.1 ไบโอเซนเซอร์แต่ละชนิดจะให้สัญญาณเอาต์พุตที่ต่างกัน ดังนั้นวิธีการวัด (Measurement mode) จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับไบโอเซนเซอร์แต่ละชนิดดังแสดงในรูปที่ 2.21



สำหรับในการนำเอาไบโอเซนเซอร์ไปใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหาร โดยหลักการทำงานจะอาศัยองค์ประกอบของอะฟลาท็อกซินไปทำให้เกิดการเพิ่มขึ้นของกระแสโดยเป็นส่วนกับความเข้มข้นของอะฟลาท็อกซิน โดยรูปที่ 2.22 และรูปที่ 2.23 แสดงให้เห็นโครงสร้างของไบโอเซนเซอร์และการเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านเซนเซอร์เมื่อตรวจพบอะฟลาท็อกซิน โดยตัวอย่างนี้เป็นไบโอเซนเซอร์ที่นำเสนอโดย Rijian Mo และคณะ



รูปที่ 2.22 โครงสร้างของไบโอเซนเซอร์ที่นำเสนอโดย Rijian Mo และคณะ [21]



รูปที่ 2.23 การเปลี่ยนแปลงของกระแสที่ไหลผ่านเซนเซอร์เมื่อตรวจพบอะฟลาทอกซิน [22]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.4 บทสรุป

จากตัวอย่างเทคนิคในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารด้วยวิธีต่างๆ ดังที่ได้กล่าวมาข้างต้น ซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป แต่ส่วนใหญ่จะมุ่งเน้นการตรวจสอบที่ต้องใช้อุปกรณ์และเครื่องมือเฉพาะทาง อีกทั้งต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญในการปฏิบัติการตลอดจนการวิเคราะห์ผล ทำให้เสียเวลาตลอดจนค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะพัฒนาระบบตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารโดยการประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการคัดกรองธัญพืชต่างๆ ที่อาจมีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินออกไปก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ ซึ่งจะส่งผลดีต่อสุขภาพของผู้บริโภคและช่วยยกระดับคุณภาพของสินค้าหรือผลิตภัณฑ์ที่ทำมาจากธัญพืชต่างๆ



บทที่ 3

เทคนิคที่นำมาใช้ในการตรวจสอบอะพลาที่อกชิน

สำหรับในบทนี้ทางผู้วิจัยนำเสนอเทคนิคที่จะนำไปใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในอาหารโดยมีรายละเอียดดังนี้

3.1 แสงอัลตราไวโอเล็ต [22-23]

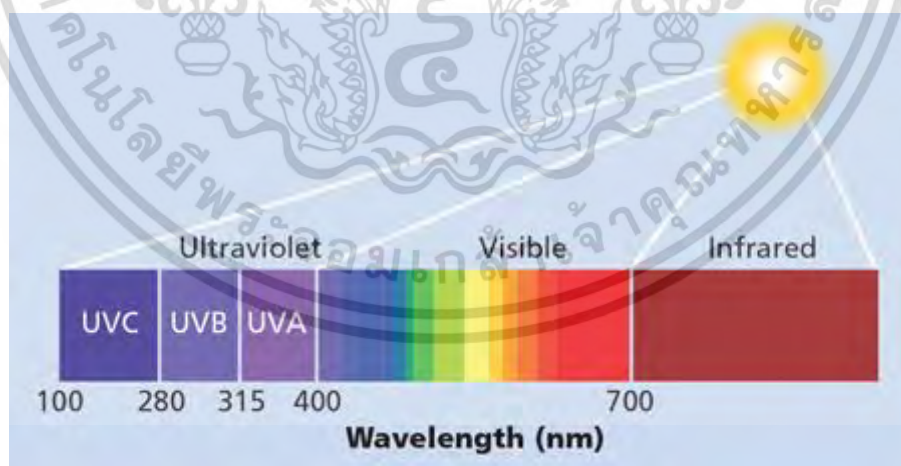
สำหรับในงานวิจัยนี้ได้นำเอาแสงอัลตราไวโอเล็ตหรือแสงยูวีมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในอาหาร โดยแสงยูวีจัดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งที่มีความยาวคลื่นอยู่ในช่วง 100 – 400 นาโนเมตร โดยเราสามารถแบ่งแสงยูวีแบ่งเป็น 3 ช่วงดังนี้

1. UV A ช่วงความยาวคลื่น 315 – 400 nm เป็นช่วงความยาวคลื่นที่มีพลังงานต่ำที่สุดของแสงยูวีสามารถนำมาใช้เป็นประโยชน์ในทางด้านเคมีและฟิสิกส์แต่เนื่องจากเป็นคลื่นที่อยู่ใกล้กับแสงที่ตามองเห็น จึงเรียกอีกชื่อหนึ่งว่า near UV

2. UV B ช่วงความยาวคลื่น 280 – 315 nm จะมีพลังงานสูงขึ้น สามารถทำให้ผิวหนังไหม้เกรียมและมีหลักฐานว่า เป็นต้นเหตุของการเกิดมะเร็งผิวหนัง แต่มีคุณประโยชน์ในการรักษาโรคผิวหนังบางชนิดได้ รวมถึงการประยุกต์ใช้ในงานอุตสาหกรรมเคมี

3. UV C ช่วงความยาวคลื่น 100 - 280 nm ซึ่งมีพลังงานสูงกว่าแสงยูวีสองชนิดแรก เป็นรังสีที่มีอันตรายต่อร่างกายอย่างรุนแรง เช่น ผิวแดงไหม้เกรียม (Erythema) หรือ เยื่อบุตาอักเสบ (Conjunctivitis) แต่เราสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการฆ่าเชื้อโรคได้

โดยแสงยูวีทั้ง 3 ช่วงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.1



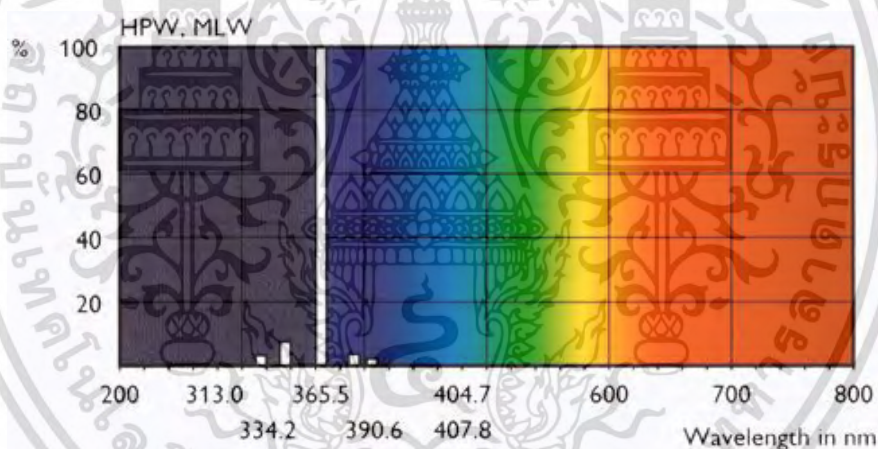
รูปที่ 3.1 แถบสเปกตรัมของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดต่างๆ : www.eyehortilux.com

3.2 หลอดอัลตราไวโอเล็ต (Ultra-violet : UV Lamp)[20]

สำหรับหลอดไฟที่ให้แสงอัลตราไวโอเล็ต ในปัจจุบันมีการผลิตขึ้นมามากมายหลายบริษัทดังตัวอย่าง เช่น หลอด Blacklight Blue HPW & MLW ของ 'Philips' ชนิด Short-arc High-pressure Mercury Discharge Lamp UV radiation 340-380 nm ซึ่งให้ความเข้มของแสงยูวีสูงมาก โดยมีลักษณะและคุณสมบัติดังแสดงในรูปที่ 3.2 และรูปที่ 3.3 นอกจากนี้ยังมีหลอดไฟที่ให้แสงอัลตราไวโอเล็ตแบบอื่นๆ ดังแสดงในรูปที่ 3.4 ถึงรูปที่ 3.7



รูปที่ 3.2 หลอด Blacklight Blue HPW & MLW ของบริษัท Philips [23]



รูปที่ 3.3 ความยาวคลื่นแสงจากหลอด Blacklight Blue HPW & MLW ของบริษัท Philips [23]



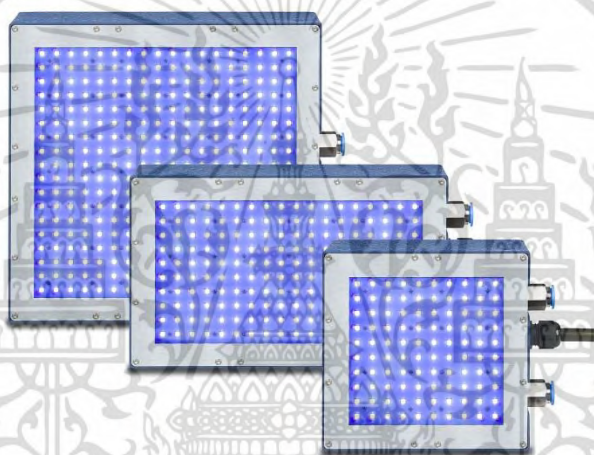
รูปที่ 3.4 หลอดอัลตราไวโอเล็ตแบบ CFL Spiral : www.th.aliexpress.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



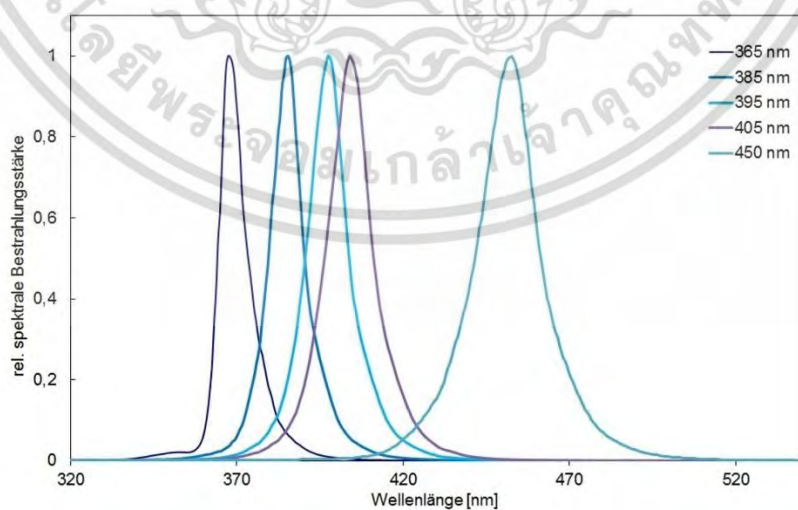
รูปที่ 3.5 หลอดอัลตราไวโอเล็ตขนาด 18 W 370 nm UV Black Light ของบริษัท Philip :

www.au.rs-online.com



รูปที่ 3.6 หลอดอัลตราไวโอเล็ตแบบ SURFACE LED SERIES SFL-UV ของบริษัท Opsytec :

www.opsytec.com

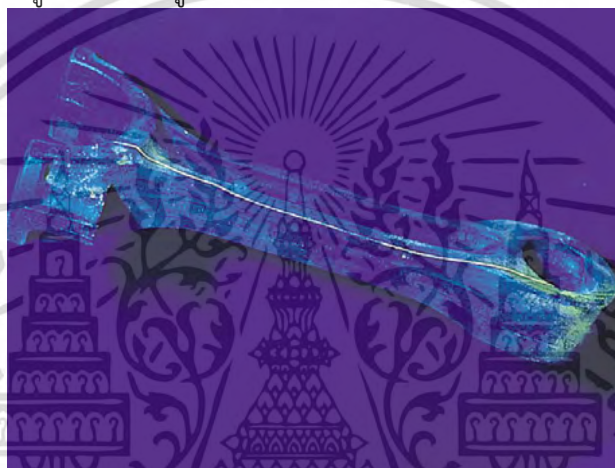


รูปที่ 3.7 ความยาวคลื่นแสงจากหลอดอัลตราไวโอเล็ตแบบ SURFACE LED SERIES SFL-UV ชนิดต่างๆ ของบริษัท Opsytec : www.opsytec.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบ [20]

แสงอัลตราไวโอเล็ตนิยมเป็นแสงที่นิยมนำมาใช้ประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบ และวิเคราะห์วัสดุต่างๆ เนื่องจากสารบางชนิดจะเกิดการเรืองแสงที่สามารถมองเห็นได้ ภายใต้แสงอัลตราไวโอเล็ตซึ่งเราเรียกว่า ปฏิกิริยาเรืองแสง (Fluorescence Effect) จึงได้มีการนำเอาคุณสมบัตินี้มาประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบต่างๆ รวมถึงการวิเคราะห์ผลที่เกิดจากปฏิกิริยาเรืองแสง (Fluorescence Analysis) เพื่อนำไปประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบต่างๆ โดยแหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการตรวจสอบนิยมใช้หลอดประเภท Low-pressure Mercury-vapour Lamp Black Light หรือ Black Light Blue ที่ให้รังสี UV-A ช่วงความยาวคลื่นประมาณ 360 nm (340-380 nm) สำหรับตัวอย่างการประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.8 ถึงรูปที่ 3.12



รูปที่ 3.8 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบรอยแตกบนพร่องบนวัสดุ : www.uv-light.co.uk



รูปที่ 3.9 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบรอยร้าว : www.machinerylubrication.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.10 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบธนบัตร : www.uksecuritysystems.com



รูปที่ 3.11 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบแบคทีเรีย : www.en.wikipedia.org



รูปที่ 3.12 การประยุกต์ใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตในการตรวจสอบทางนิติวิทยาศาสตร์ : www.spectroline.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 บทสรุป

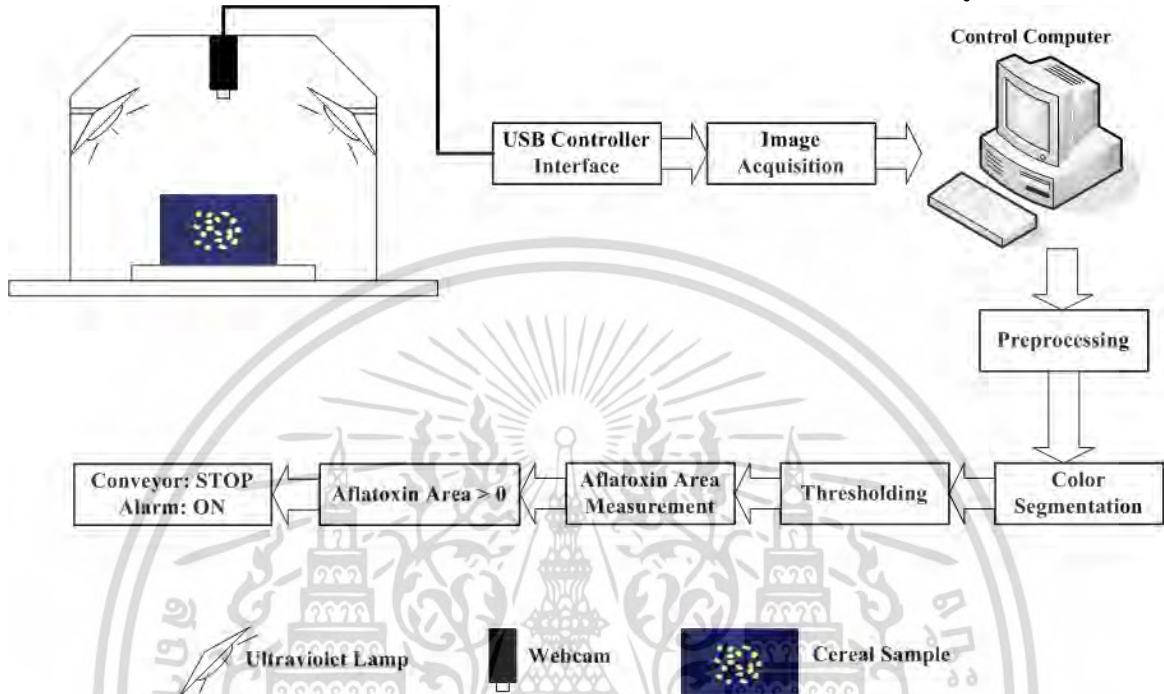
จากปัญหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารต่างๆ เช่น นม ข้าวโพด ข้าว พริกแห้ง และถั่วประเภทต่างๆ เป็นต้น ซึ่งเมื่อร่างกายได้รับอาหารที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินเข้าไปในร่างกายจะส่งผลให้เกิดโรคต่างๆ เช่น โรคมะเร็งตับ โรคตับแข็ง โรคไขสมองอักเสบ โดยระดับความเป็นพิษและอาการของโรคจะขึ้นอยู่กับปริมาณของอะฟลาท็อกซินที่ได้รับ อายุ เพศ ของผู้ที่ได้รับ ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวทำให้มีการศึกษาค้นคว้า ทำวิจัยและพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในอาหารขึ้นมามากมายซึ่งแต่ละวิธีนั้นจะมีข้อดีข้อเสียแตกต่างกันไป ทางผู้วิจัยจึงมีแนวคิดที่จะนำเอาแสงอัลตราไวโอเลตมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน



บทที่ 4

ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต สำหรับส่วนประกอบทั้งหมดของระบบสามารถแสดงดังรูปที่ 4.1

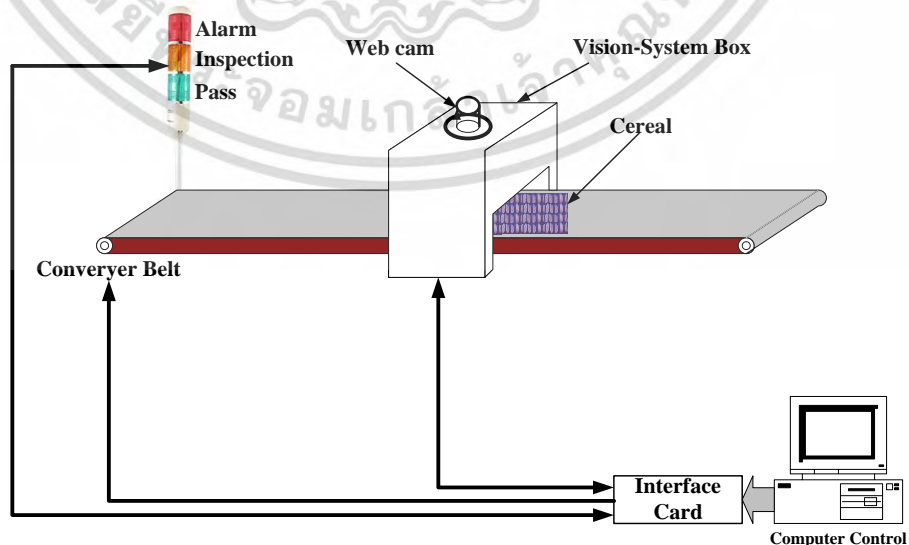


รูปที่ 4.1 ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต

จากรูปที่ 4.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนด้วยกันคือ

4.1 ส่วนของฮาร์ดแวร์ (Hardware)

ส่วนของฮาร์ดแวร์เป็นส่วนที่ใช้ในการถ่ายภาพธัญพืชที่นำมาตรวจสอบและส่วนในการแสดงผลการตรวจสอบให้ผู้ใช้งานทราบ ซึ่งจะประกอบด้วยส่วนต่างๆ ดังรูปที่ 4.2



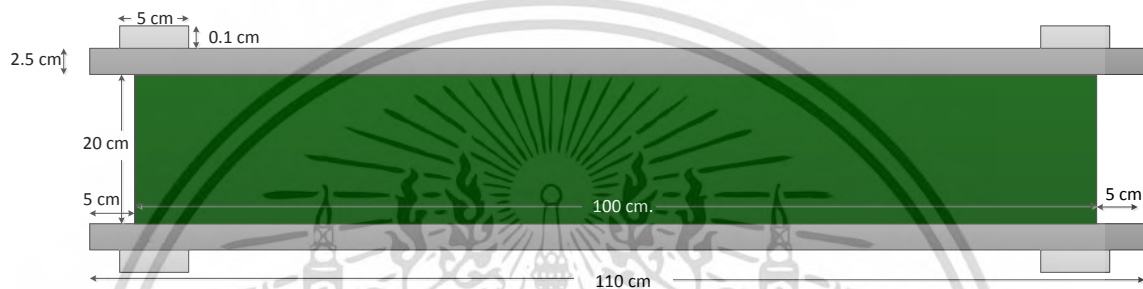
รูปที่ 4.2 ส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.2 แสดงรายละเอียดฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินใน รัญพีซซึ่งสามารถอธิบายได้ดังนี้

4.1.1 ระบบสายพานลำเลียงรัญพีซ

ระบบสายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ในการนำรัญพีซเข้าสู่ตู้สำหรับตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินและนำรัญพีซที่ผ่านการตรวจสอบแล้วออกไป โดยการทำงานของสายพานจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ (Interface circuit) โดยลักษณะของโครงสร้างของสายพานลำเลียงที่ใช้ในระบบที่พัฒนาขึ้นสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.3



รูปที่ 4.3 โครงสร้างของสายพานลำเลียงที่ใช้ในระบบที่พัฒนาขึ้น

จากโครงสร้างของสายพานลำเลียงในรูปที่ 4.3 จะถูกขับเคลื่อนด้วยมอเตอร์ชนิดอินดักชัน (Induction Motor) SESAME MOTOR รุ่น 5IK40GN-S/U ซึ่งมอเตอร์นี้จะถูกติดตั้งอยู่ภายในระบบสายพานลำเลียง โดยลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนสายพานลำเลียงสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.4



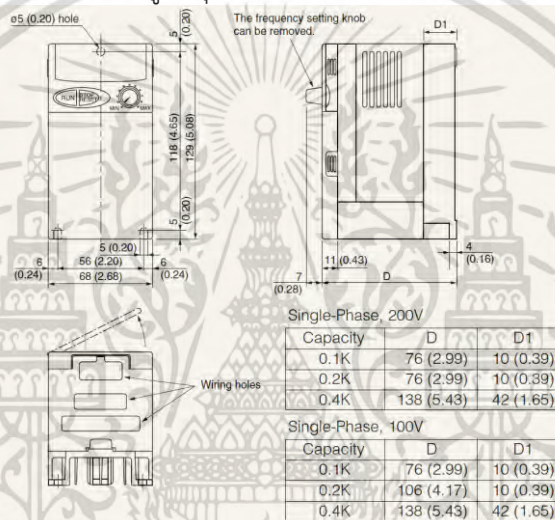
รูปที่ 4.4 ลักษณะของมอเตอร์ที่ใช้สำหรับขับเคลื่อนสายพานลำเลียง : www.ebay.com

มอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียงจะถูกควบคุมความเร็วโดยใช้อินเวอร์เตอร์ (Inverter) โดยในงานวิจัยนี้จะใช้อินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K โดยมีคุณสมบัติดังแสดงในรูปที่ 4.5 ถึงรูปที่ 4.7 และตารางที่ 4.1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 อินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K : www.bonton-nagoya.com



รูปที่ 4.6 รูปร่างและขนาดของอินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K : www.acpd.co.uk

ตารางที่ 4.1 คุณสมบัติอินเวอร์เตอร์ของมิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K : www.acpd.co.uk

Model	FR-E520-0.4K
Control method selection	Soft-PWM control or high carrier frequency PWM control; select V/F control or general-purpose flux vector control.
Output frequency range	0.2 to 400Hz (variable starting frequency 0 to 60Hz)
Analog input	0 to 5V DC, 0 to 10V DC, 4 to 20mA DC, built-in analog knob.
Digital input	Input from control panel. (CC-Link Series: Input using CC-Link communications or parameter unit.)
Voltage/frequency characteristics	Any base frequency setting possible between 0 and 400Hz; constant torque or variable torque pattern selection possible.
Starting torque	Minimum 150% at 1Hz or minimum 200% at 3Hz: General purpose flux vector control when set for slip compensation.
Torque boost	Manual torque boost can be set between 0–30%
Acceleration time setting	0.01 to 3,600 seconds
Deceleration time setting	0.01 to 3,600 seconds
Acceleration/deceleration pattern	Linear, S-curve A, or S-curve B modes.

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.7 การควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนสามเฟสด้วยอินเวอร์เตอร์

จากรูปที่ 4.7 ในการควบคุมมอเตอร์ขับเคลื่อนสามเฟสด้วยอินเวอร์เตอร์ จะทำการเปลี่ยนแปลงความถี่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ที่ส่งไปควบคุมมอเตอร์ในช่วงความถี่ 0 – 60 Hz เพื่อควบคุมความเร็วของมอเตอร์ที่ใช้ขับเคลื่อนสามเฟส

4.1.2 ผู้ตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในรัฐฟิซ

ผู้ตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในรัฐฟิซ จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

4.1.2.1 แหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต (Ultraviolet Light source)

แหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต ที่มีความยาวคลื่นประมาณ 365 นาโนเมตร จะเลือกใช้หลอดไฟ Black Light Blue Fluorescent Tube ของบริษัท Philip รุ่น TL6WT5/BLB



รูปที่ 4.8 หลอดไฟ Black Light Blue Fluorescent Tube ของบริษัท Philip Model TL6WT5/BLB : www.bulbs.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.2.2 เว็บแคม (Webcam)

เว็บแคมทำหน้าที่ในการถ่ายภาพเมล็ดธัญพืชเพื่อใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน โดยจะทำการส่งภาพเมล็ดธัญพืชที่บันทึกไว้ผ่านสาย USB ไปยังเครื่องคอมพิวเตอร์ได้เพื่อทำการประมวลผล



รูปที่ 4.9 กล้องเว็บแคม OKER OE-177 : www.ok2home.com

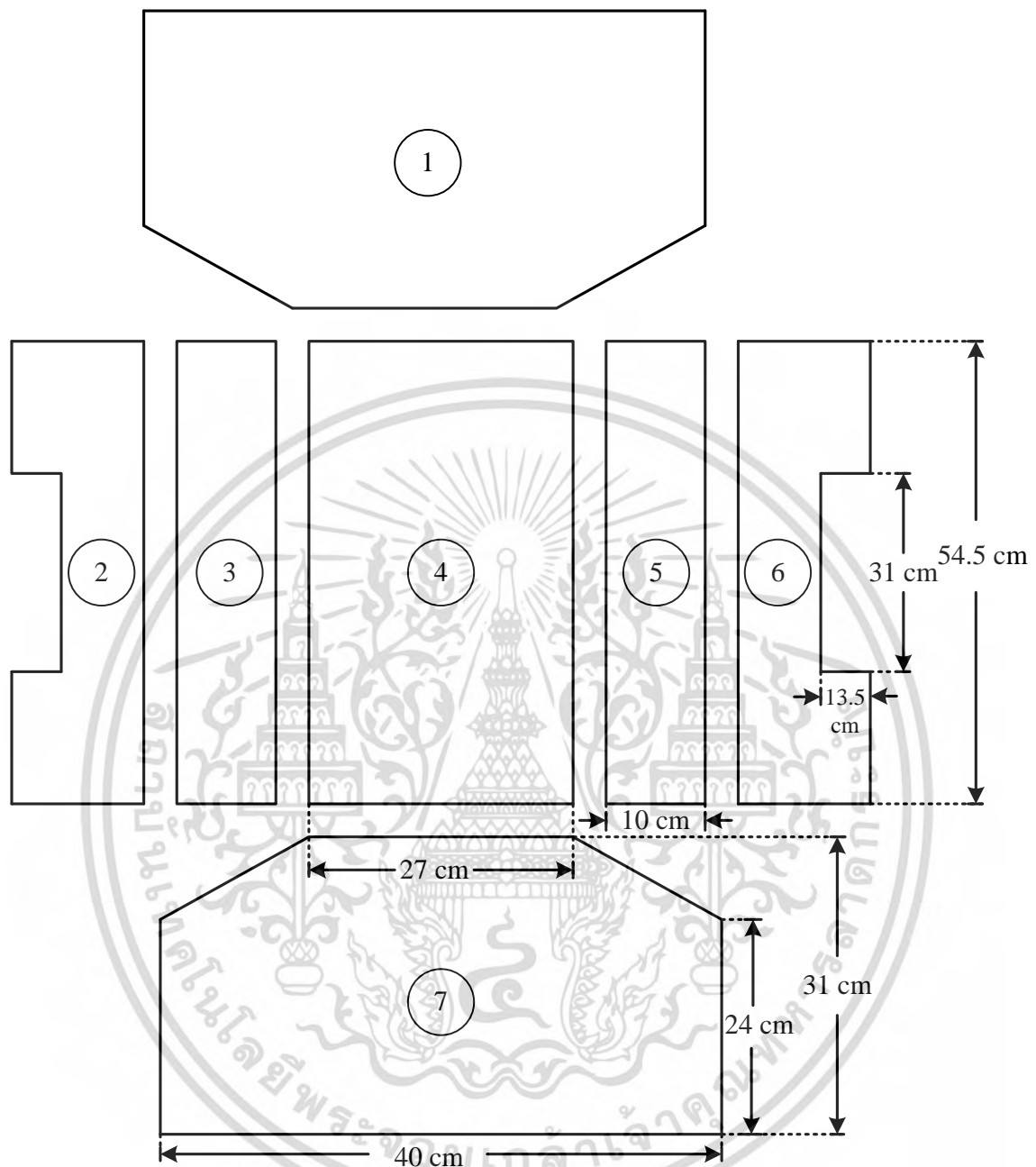
ตารางที่ 4.2 คุณสมบัติของกล้องเว็บแคมรุ่น OKER OE-177 : www.advice.co.th

Brand	OKER
Model	OE-177
Lens	High quality glass lens
Resolution	2.0M Pixels up to 16.0M Pixels by Software
Frame rate	60 fps
Focus range	30 mm - infinite
Interface	USB 2.0
System Requirements	Windows 2000, ME, XP, Vista
Info noise rate	48 dB

4.1.2.3 ตู้ตรวจสอบ

ตู้ตรวจสอบจะทำหน้าที่ในการป้องกันแสงจากภายนอกเข้าไปรบกวนแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการตรวจสอบ ซึ่งจะทำให้ภาพถ่ายตัวอย่างที่ได้มีความชัดเจนขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยป้องกันแสงอัลตราไวโอเล็ตที่ใช้ในการตรวจสอบไม่ให้ออกมาทำอันตรายต่อผู้ใช้งาน โดยในโครงการวิจัยนี้เลือกใช้ไม่ในการสร้างตู้ตรวจสอบเนื่องจากมีความแข็งแรงและง่ายต่อการตัดและประกอบขึ้นรูปเป็นตู้ตรวจสอบ โดยลักษณะโครงสร้างของตู้ตรวจสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.10 โครงสร้างของตู้ตรวจสอบ

จากรูปที่ 4.10 แสดงโครงสร้างของตู้ตรวจสอบที่ประกอบด้วยชิ้นส่วนต่างๆ จำนวน 7 ชิ้น ซึ่งจะนำไปสร้างต้นแบบของตู้ตรวจสอบโดยใช้ไม้อัดความหนา 5 มิลลิเมตร โดยจะนำไม้อัดมาทำการตัดเป็นชิ้นส่วนต่างๆ ตามขนาดที่แสดงในรูปที่ 4.10 ก่อนที่จะนำไปพันสีดำเพื่อป้องกันการสะท้อนแสง โดยลักษณะของไม้อัดที่ทำการตัดเป็นขนาดต่างๆ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.11 ถึงรูปที่ 4.17

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 โครงสร้างของผู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 1



รูปที่ 4.12 โครงสร้างของผู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 2



รูปที่ 4.13 โครงสร้างของผู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.14 โครงสร้างของผู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 4



รูปที่ 4.15 โครงสร้างของผู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 5



รูปที่ 4.16 โครงสร้างของผู้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.17 โครงสร้างของตุ้ตรวจสอบชิ้นส่วนที่ 7

จากรูปที่ 4.11 ถึงรูปที่ 4.17 แสดงชิ้นส่วนต่างๆ ของตุ้ตรวจสอบก่อนที่จะนำมาประกอบเป็นตุ้ตรวจสอบดังแสดงในรูปที่ 4.18 ถึงรูปที่ 4.20



รูปที่ 4.18 ตุ้ตรวจสอบก่อนทำการพ่นสี (ด้านบน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



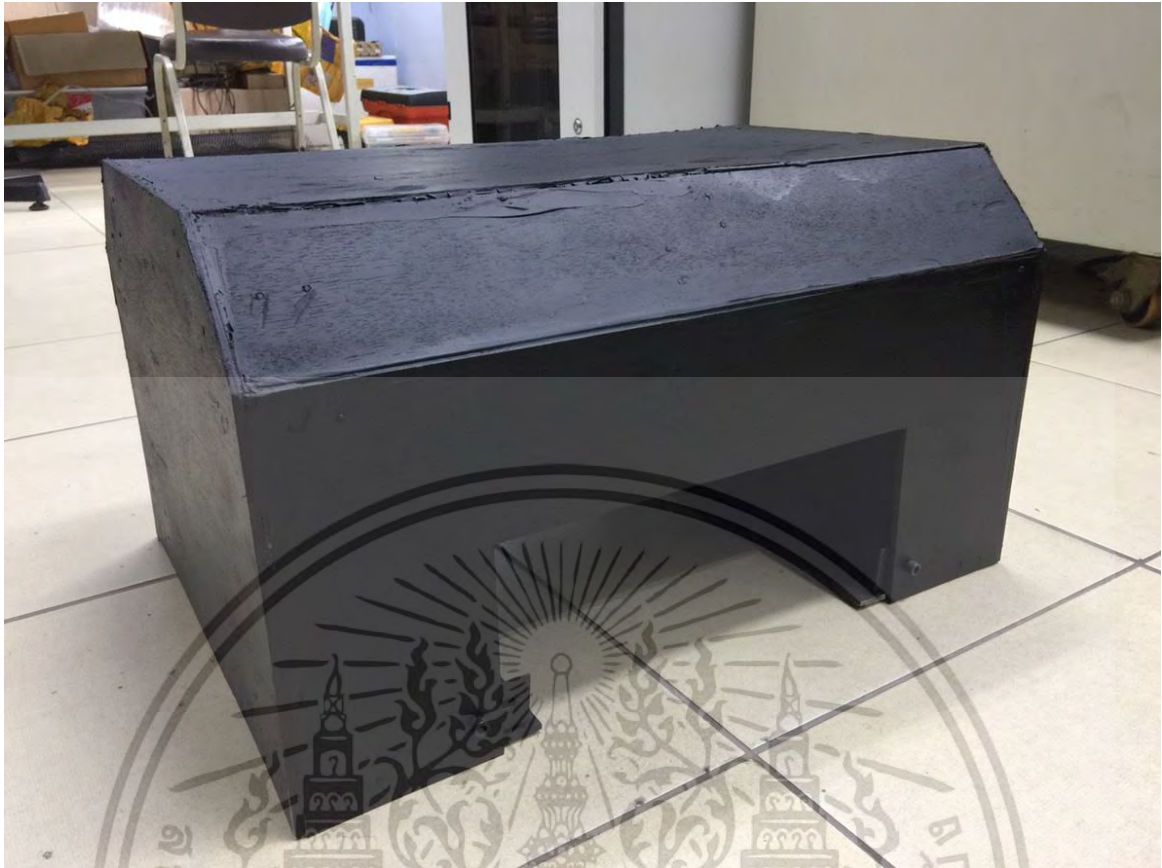
รูปที่ 4.19 ตู้ตรวจสอบก่อนทำการพ่นสี (ด้านหน้า)



รูปที่ 4.20 ตู้ตรวจสอบก่อนทำการพ่นสี (ด้านข้าง)

จากรูปที่ 4.18 ถึงรูปที่ 4.20 แสดงตู้ตรวจสอบที่ทำการประกอบขึ้นมา จากนั้นจึงทำการพ่นสีดำ ทั้งด้านนอกและด้านในของตู้ตรวจสอบดังแสดงในรูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.23

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.21 ตู้ตรวจสอบหลังทำการพ่นสีดำ (ด้านหน้า)



รูปที่ 4.22 ตู้ตรวจสอบหลังทำการพ่นสีดำ (ด้านข้าง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.23 ตู้ตรวจสอบหลังทำการพันสีดำ (ด้านบน)

จากรูปที่ 4.21 ถึงรูปที่ 4.23 หลังจากทำการประกอบตู้เสร็จแล้วจะทำการติดตั้งกล่องเว็บแคม หลอดอัลตราไวโอเล็ต และมันบังแสงเข้ากับตู้ตรวจสอบก่อนจะนำไปติดตั้งเข้าสายพานลำเลียงต่อไป

4.1.3 การ์ดอินเตอร์เฟซ (Interface card) และรีเลย์โมดูล (Relay module)

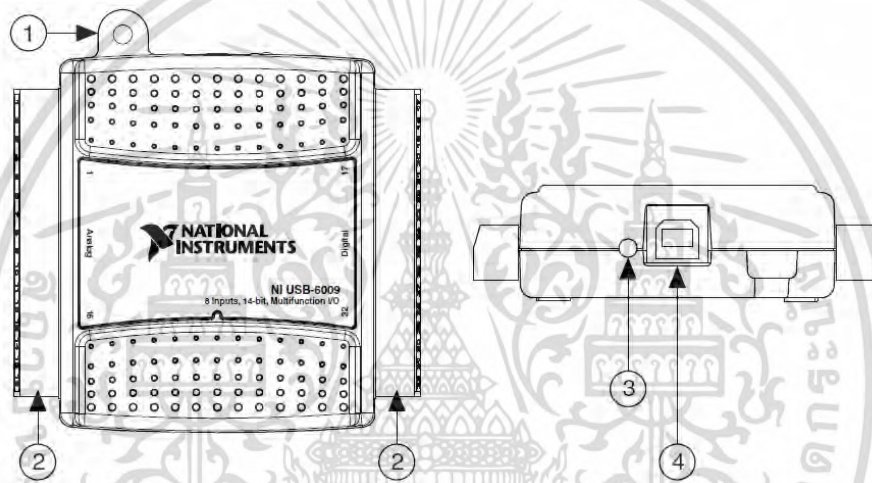
การ์ดอินเตอร์เฟซและรีเลย์โมดูลจะใช้ในการรับส่งสัญญาณควบคุมระหว่างคอมพิวเตอร์ และส่วนของฮาร์ดแวร์ในการควบคุมการทำงานของระบบดังรายละเอียดต่อไปนี้

4.1.3.1 การ์ดอินเตอร์เฟซ

การ์ดอินเตอร์เฟซทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับระบบต่างๆ ที่สร้างขึ้นมา โดยในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้การ์ดอินเตอร์เฟซของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009 ซึ่งมีลักษณะและโครงสร้างดังรูปที่ 4.24 ถึงรูปที่ 4.26

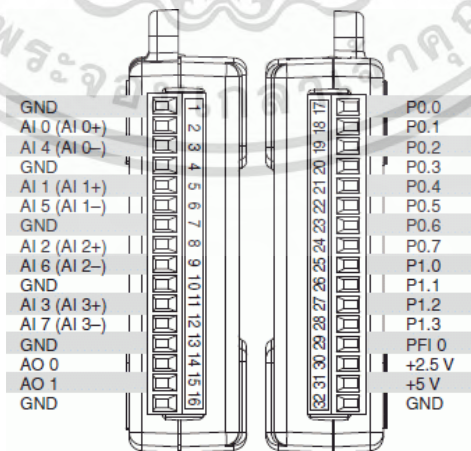


รูปที่ 4.24 การ์ดอินเตอร์เฟสของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009 :
www.researchgate.net



- 1. USB Cable Strain Relief
- 2. Screw Terminal Connector Plug
- 3. LED Indicator
- 4. USB Connector

รูปที่ 4.25 ลักษณะโครงสร้างของการ์ดอินเตอร์เฟส รุ่น USB-6009 : www.ni.com



รูปที่ 4.26 ลักษณะพอร์ตเชื่อมต่อของการ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น USB-6009 :

www.trenddelicate.xyz

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.24 ถึงรูปที่ 4.26 แสดงลักษณะของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009 ของบริษัท National Instruments โดยการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่นนี้สามารถเชื่อมต่อเข้ากับคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมผ่านสาย USB ทำให้มีความสะดวกในการติดตั้งและใช้งาน สำหรับคุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009 สามารถแสดงได้ดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 คุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009 : www.ni.com

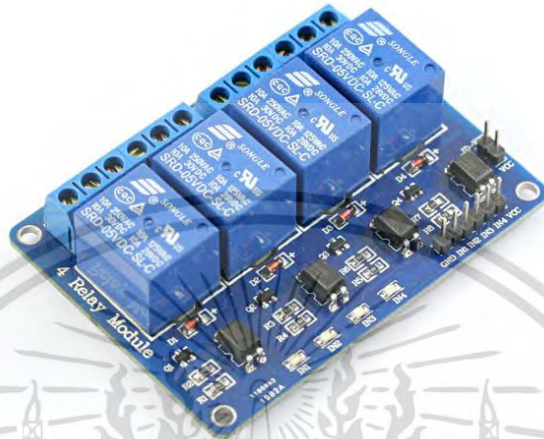
คุณสมบัติของการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009	
Analog inputs	Differential = 4 Channels Single-ended = 8 Channels
Input resolution	Differential = 14 bits Single-ended = 13 bits
Max sample rate	48 kS/s
Input range	Differential = ± 20 V, ± 10 V, ± 5 V, ± 4 V, ± 2.5 V, ± 2 V, ± 1.25 V, ± 1 V Single-ended = ± 10 V
Analog outputs	2
Output resolution	12 bits
Output range	0 to +5 V
Output impedance	50 Ω
Output current drive	5 mA
Digital I/O lines	P0.<0..7> 8 lines P1.<0..3> 4 lines
Direction control	Each channel individually programmable as input or output
Output driver type	Each channel individually programmable as open collector or active drive
Compatibility	TTL, LVTTTL, CMOS
USB specification	USB 2.0 full-speed
USB bus speed	12 Mb/s

จากตารางที่ 4.3 จะเห็นว่าการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009 ประกอบไปด้วยวงจรแปลงสัญญาณอนาลอกเป็นดิจิทัล (A/D Converter circuit) วงจรแปลงสัญญาณดิจิทัลเป็นอนาลอก (D/A Converter circuit) และอินพุทเอาต์พุทแบบดิจิทัล สำหรับในโครงการวิจัยนี้เรานำการ์ดอินเตอร์เฟซรุ่น USB-6009 ไปประยุกต์ใช้ในการควบคุมระบบสายพานลำเลียงและระบบแสดงผลต่างๆ โดยผ่านรีเลย์โมดูล โดยการควบคุมทั้งหมดจะผ่านการควบคุมการทำงานจากคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.3.2 รีเลย์โมดูล

เนื่องจากสัญญาณที่ส่งมาจากการ์ดอินเตอร์เฟสรุ่น USB-6009 ไม่สามารถที่จะขับโหลดหรือวงจรแสดงผลได้โดยตรง เช่น หลอดไฟเตือน (Alarm lamp) ดังนั้นจำเป็นต้องใช้รีเลย์โมดูลเพื่อช่วยในการควบคุมการทำงาน โดยในโครงการวิจัยนี้จะใช้รีเลย์โมดูลรุ่น SRD-05VDC-SL-C ซึ่งรองรับการควบคุมได้ 4 ช่องสัญญาณ โดยมีลักษณะและคุณสมบัติดังรูปที่ 4.27 และตารางที่ 4.4



รูปที่ 4.27 รีเลย์โมดูลรุ่น SRD-05VDC-SL-C : www.arduitronics.com

ตารางที่ 4.4 คุณสมบัติของรีเลย์โมดูลรุ่น SRD-05VDC-SL-C

Model	SRD-05VDC-SL-C
Maximum load	AC 250V/10A, DC 30V/10A
Trigger current	5mA
Working voltage	5V
Standard interface	TTL logic
Channel Relay	4 Channels
Four mounting bolts holes	diameter 3.1mm
Module size	70 x 53 x 17mm (L x W x H)

4.1.4 ทาวเวอร์ไลท์ (Tower Light)

ทาวเวอร์ไลท์เป็นอุปกรณ์สำหรับใช้แสดงสถานะการทำงานของเครื่องจักรในโรงงานอุตสาหกรรมต่างๆ โดยลักษณะทั่วไปของทาวเวอร์ไลท์สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.28

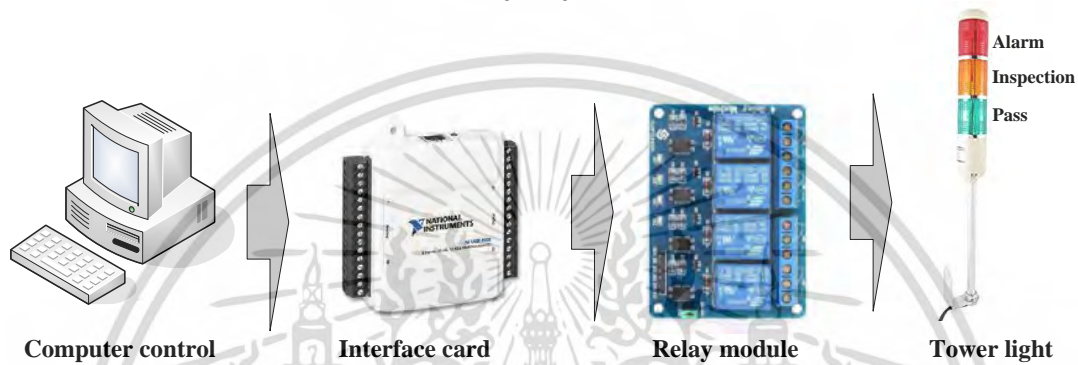


รูปที่ 4.28 ลักษณะทั่วไปของทาวเวอร์ไลท์ : www.amazon.com
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์และห้ามเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากผู้จัดทำเอกสารนี้ หากมีข้อผิดพลาดประการใดขออภัยเป็นอย่างสูง
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในโครงการวิจัยนี้จะใช้ทาวเวอร์ไลท์ในการแสดงสถานะการทำงานของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต โดยการทำงานจะแบ่งออกเป็น 3 สถานะคือ

- ไฟสีเขียวแสดงสถานะ “ไม่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชที่นำมาตรวจสอบ”
- ไฟสีเหลืองแสดงสถานะ “อยู่ในขั้นตอนการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช”
- ไฟสีแดงแสดงสถานะ “พบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชที่นำมาตรวจสอบ”

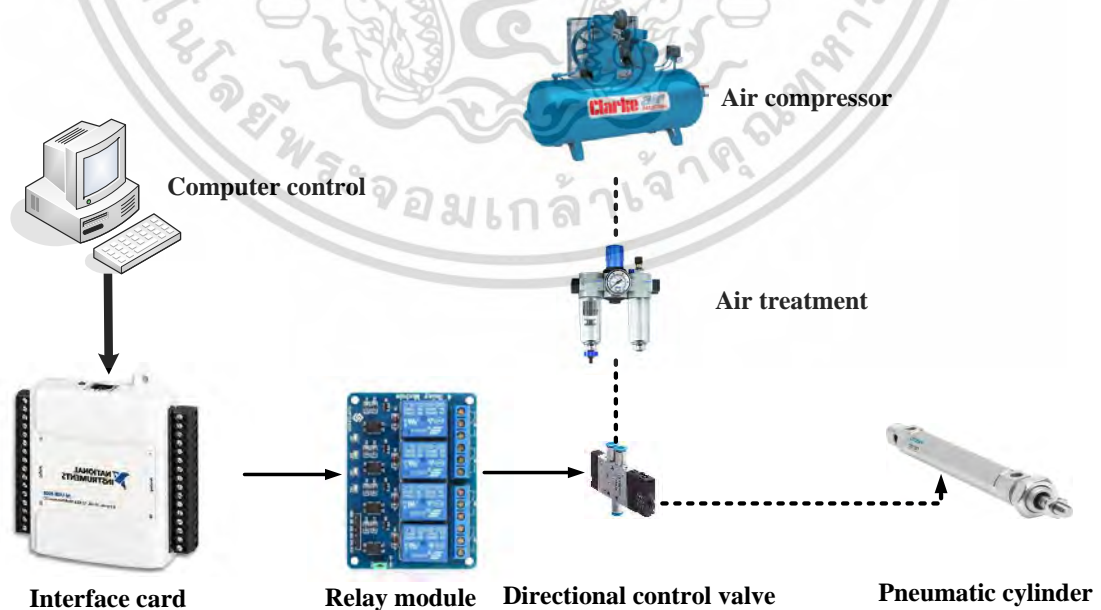
โดยลักษณะการควบคุมทาวเวอร์ไลท์จะได้รับสัญญาณการควบคุมจากเครื่องคอมพิวเตอร์ที่ควบคุมระบบผ่านอินเตอร์เฟซการ์ดและรีเลย์โมดูลดังรูปที่ 4.29



รูปที่ 4.29 ลักษณะการควบคุมทาวเวอร์ไลท์

4.1.5 ระบบคัดแยก (Sorting system)

สำหรับระบบคัดแยกจะทำหน้าที่คัดแยกตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชที่นำมาตรวจสอบออกไปจากระบบ โดยลักษณะโครงสร้างของระบบคัดแยกสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.30



รูปที่ 4.30 โครงสร้างของระบบคัดแยก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่ออนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.30 แสดงโครงสร้างและส่วนประกอบของระบบคัดแยกตัวอย่างที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชที่นำมาตรวจสอบออกไปจากระบบ ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1.5.1 ปัมลม (Air compressor)

ปัมลมทำหน้าที่ในการนำเอาอากาศมาอัดให้เกิดความดันสูงเพื่อนำไปใช้ในการควบคุมการทำงานของกระบอกสูบให้เคลื่อนที่เข้าออกในการคัดแยกตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบ โดยลักษณะของปัมลมสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.31



รูปที่ 4.31 ลักษณะของปัมลม : www.gasweld.com.au

4.1.5.2 ระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศ (Air treatment system)

ระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศทำหน้าที่เพื่อควบคุมความดันอากาศเอาต์พุต ลดความชื้นและสิ่งปนเปื้อนของอากาศและเพิ่มสารหล่อลื่นให้อุปกรณ์ที่ใช้ลมในการควบคุมการทำงาน โดยลักษณะของระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.32

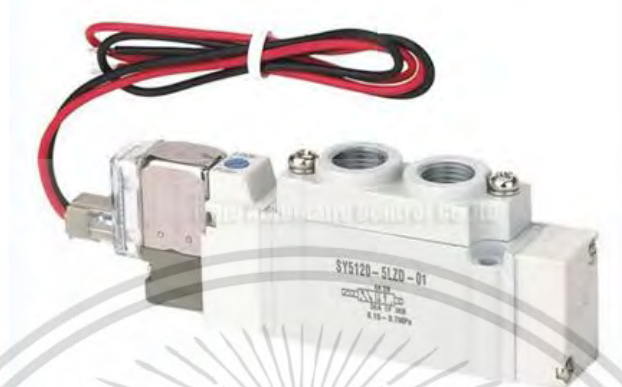


รูปที่ 4.32 ระบบปรับปรุงคุณภาพอากาศ : www.pclairtechnology.com

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น เมื่อผู้ใดเห็นประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.1.5.3 โซลินอยด์วาล์ว (Solenoid valve)

โซลินอยด์วาล์วทำหน้าที่ควบคุมการทำงานของกระบอกสูบให้เลื่อนเข้าออกในการคัดแยกตัวอย่าง โดยตัวอย่างของโซลินอยด์วาล์วสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.33



รูปที่ 4.33 โซลินอยด์วาล์ว : www.onlinepneumatic.com

4.1.5.4 กระบอกสูบแบบสองทาง (Double-acting Cylinder)

สำหรับกระบอกสูบแบบสองทางจะทำหน้าที่ในการเปลี่ยนพลังงานลมให้เป็นพลังงานกลเพื่อขับเคลื่อนให้ตัวอย่างตกไปในช่องที่ต้องการ โดยลักษณะของกระบอกสูบแบบสองทางสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.34



รูปที่ 4.34 กระบอกสูบแบบสองทาง : www.smc Pneumatics.com

4.1.6 ระบบตรวจจับตำแหน่งบนสายพานลำเลียง

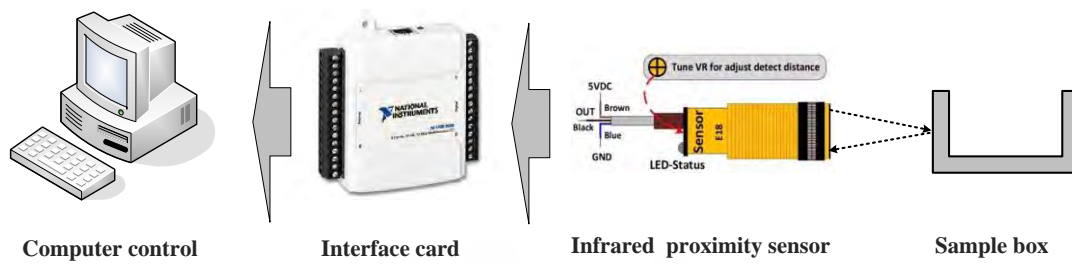
ระบบตรวจจับตำแหน่งบนสายพานลำเลียงจะใช้ในการตรวจจับตำแหน่งของตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะพลาที่ออกซินในรัฐพีชบนสายพานลำเลียง โดยในการตรวจจับตำแหน่งบนสายพานลำเลียงจะมีอยู่ 2 จุด คือ

- ตำแหน่งที่ตัวอย่างเคลื่อนที่มาอยู่ที่ตำแหน่งถ่ายภาพเพื่อใช้ในการนำไปประมวลผลภาพ
- ตำแหน่งที่ตัวอย่างเคลื่อนที่มาอยู่ที่ตำแหน่งสำหรับคัดแยก

โดยลักษณะโครงสร้างของระบบตรวจจับตำแหน่งบนสายพานลำเลียงสามารถแสดงได้ดัง

รูปที่ 4.35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

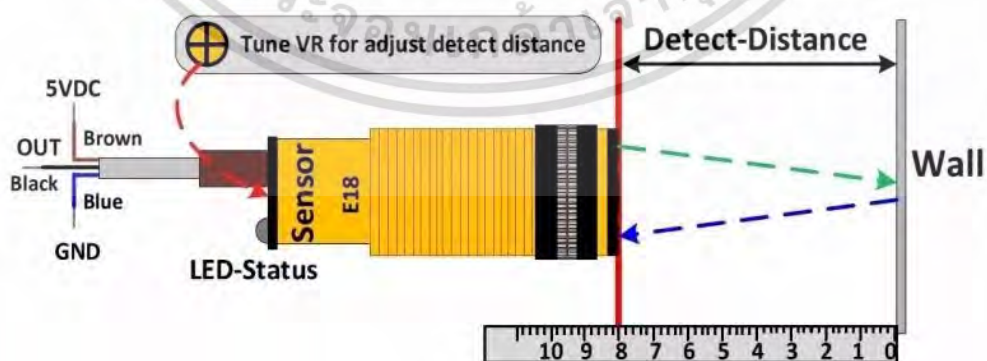


รูปที่ 4.35 โครงสร้างของระบบตรวจจับตำแหน่งบนสายพานเลี้ยง : www.articulo.mercadolibre.cl

โดยเซนเซอร์ที่ใช้ในการตรวจจับตำแหน่งบนสายพานเลี้ยงจะเลือกใช้ Infrared Proximity Sensor ซึ่งเป็นเซนเซอร์ตรวจจับวัตถุที่ใช้หลักการสะท้อนของแสงอินฟราเรดในการตรวจจับตำแหน่งของวัตถุ โดยสามารถกำหนดระยะในการตรวจจับวัตถุได้โดยปรับค่าที่ Potentiometer ที่อยู่ด้านหลังเซนเซอร์ โดยลักษณะโครงสร้าง การกำหนดระยะในการตรวจจับวัตถุ การต่อใช้งานและคุณสมบัติของ Infrared Proximity Sensor สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.36 ถึงรูปที่ 4.38 และตารางที่ 4.5

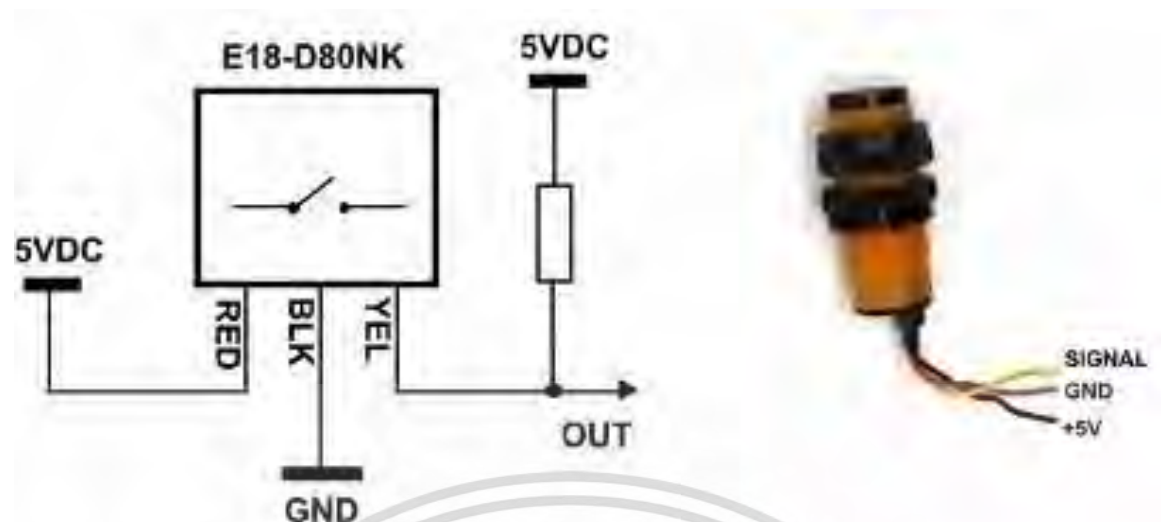


รูปที่ 4.36 โครงสร้างของ Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK : www.articulo.mercadolibre.cl



รูปที่ 4.37 การกำหนดระยะในการตรวจจับวัตถุของ Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK : www.articulo.mercadolibre.cl

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.38 การต่อใช้งาน Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK :
www.articulo.mercadolibre.cl

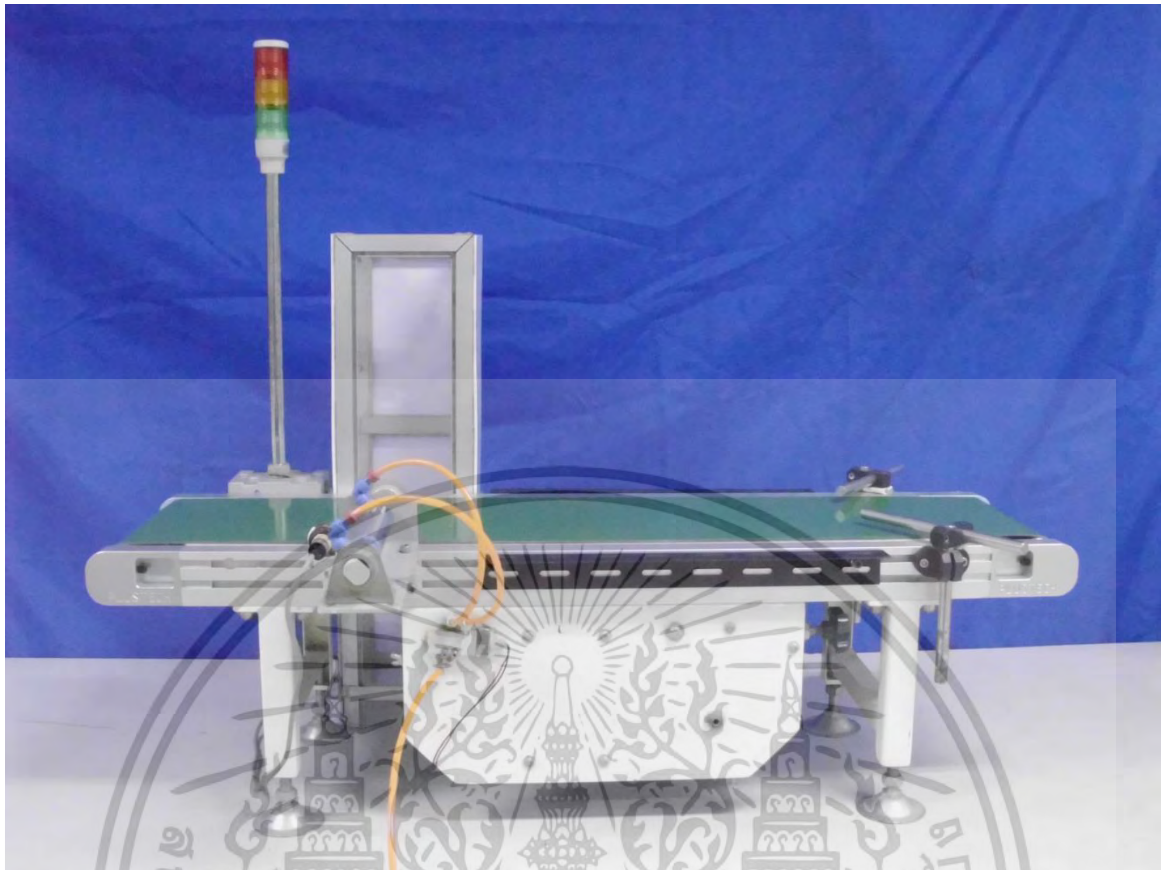
ตารางที่ 4.5 คุณสมบัติของ Infrared Proximity Sensor รุ่น E18-D50NK

Working voltage	DC 5V
Output current	100mA
Current consumption	DC < 25mA
Output type	NPN output
Response time	< 2ms
Sensing angle	Less than 15 degree
Detecting range	3~50 cm
Working temperature	-25~55 °C
Dimension	1.7cm (D) x 4.3cm (L)
Wiring	Red (DC 4.5~5V power high level) Yellow (Pin A0 microcontroller) Green (GND 0V power low level)

4.1.7 โครงสร้างฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช

จากส่วนประกอบของส่วนฮาร์ดแวร์ทั้งหมดที่กล่าวมาทั้งหมด เราจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับระบบสายพาวเวอร์แลมเบียงดังแสดงในรูปที่ 4.39 ถึงรูปที่ 4.41

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

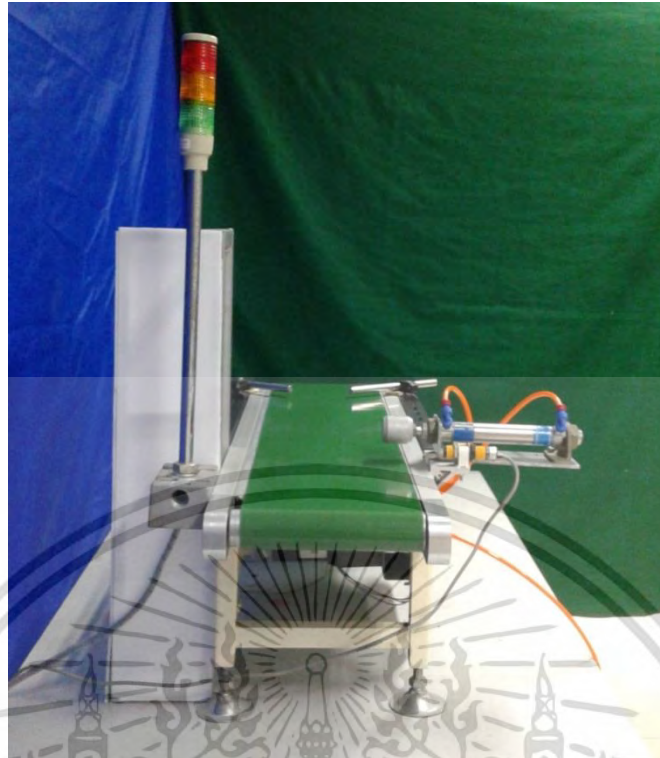


รูปที่ 4.39 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช้ากับสายพลาเลียยง (ด้านหน้า)

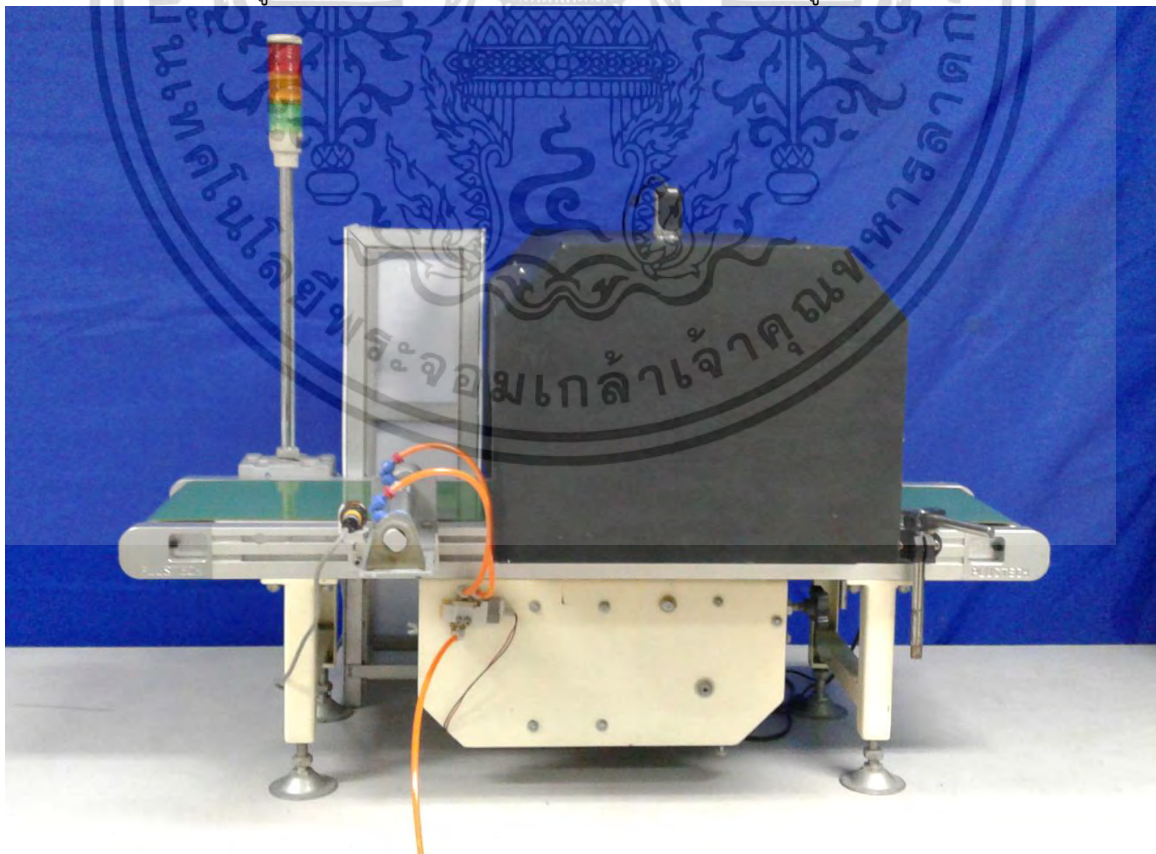


รูปที่ 4.40 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เช้ากับสายพลาเลียยง (ด้านทางเข้าของตัวอย่างทดสอบ)

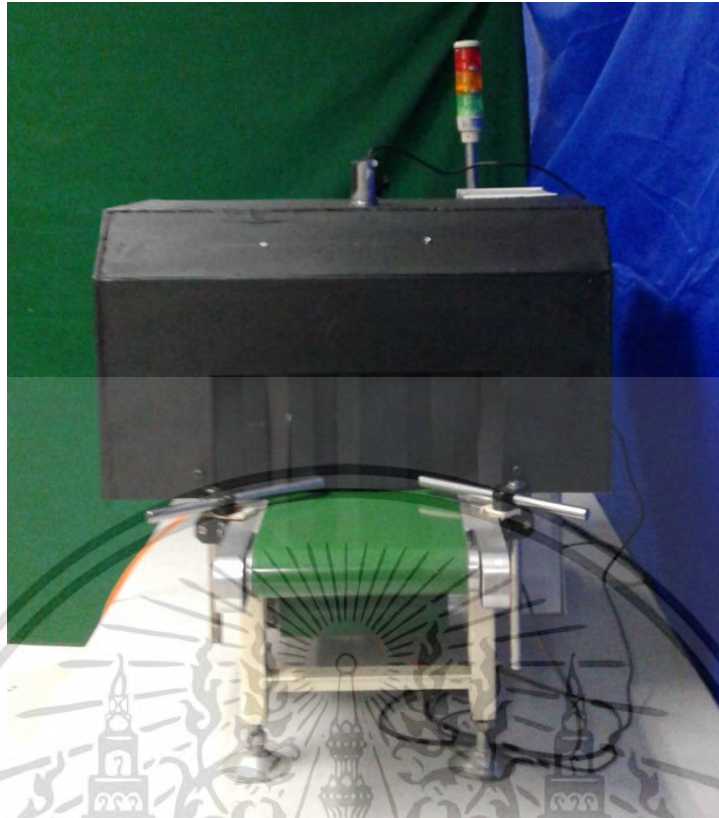
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



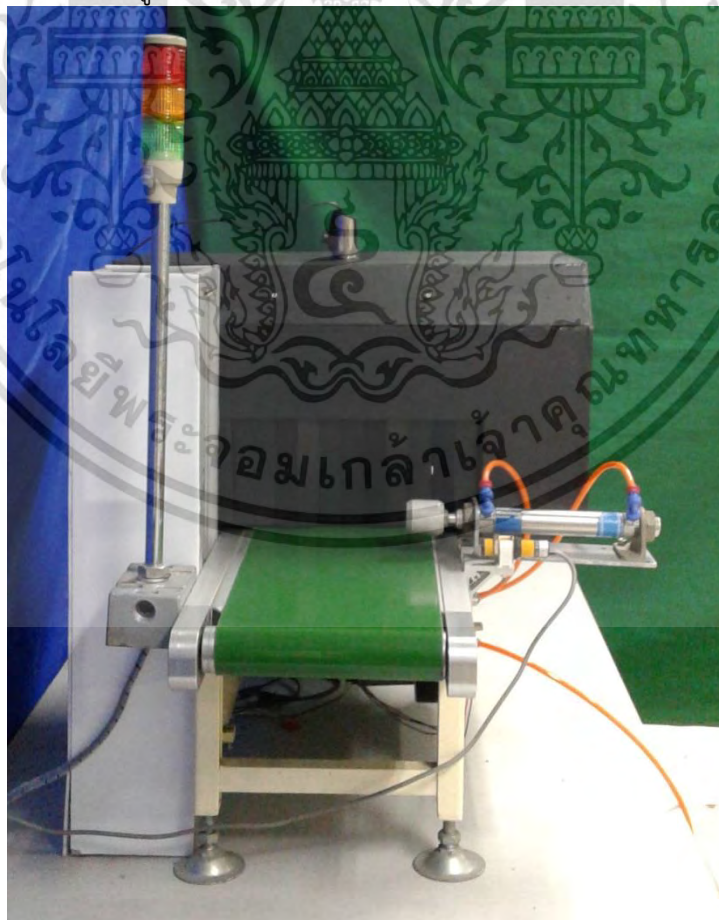
รูปที่ 4.41 การติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางออกของตัวอย่างทดสอบ)
จากรูปที่ 4.39 ถึงรูปที่ 4.41 หลังจากทำการติดตั้งอุปกรณ์ต่างๆ เข้ากับสายพานลำเลียงแล้ว
จากนั้นจะทำการติดตั้งตัวตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียงต่อไปดังแสดงในรูปที่ 4.42 ถึง 4.44



รูปที่ 4.42 การติดตั้งติดตั้งตัวตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านหน้า)
เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของโรงเรียนเทคโนโลยีการเกษตรและสหกรณ์ เมื่อผู้เผยแพร่เห็นประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

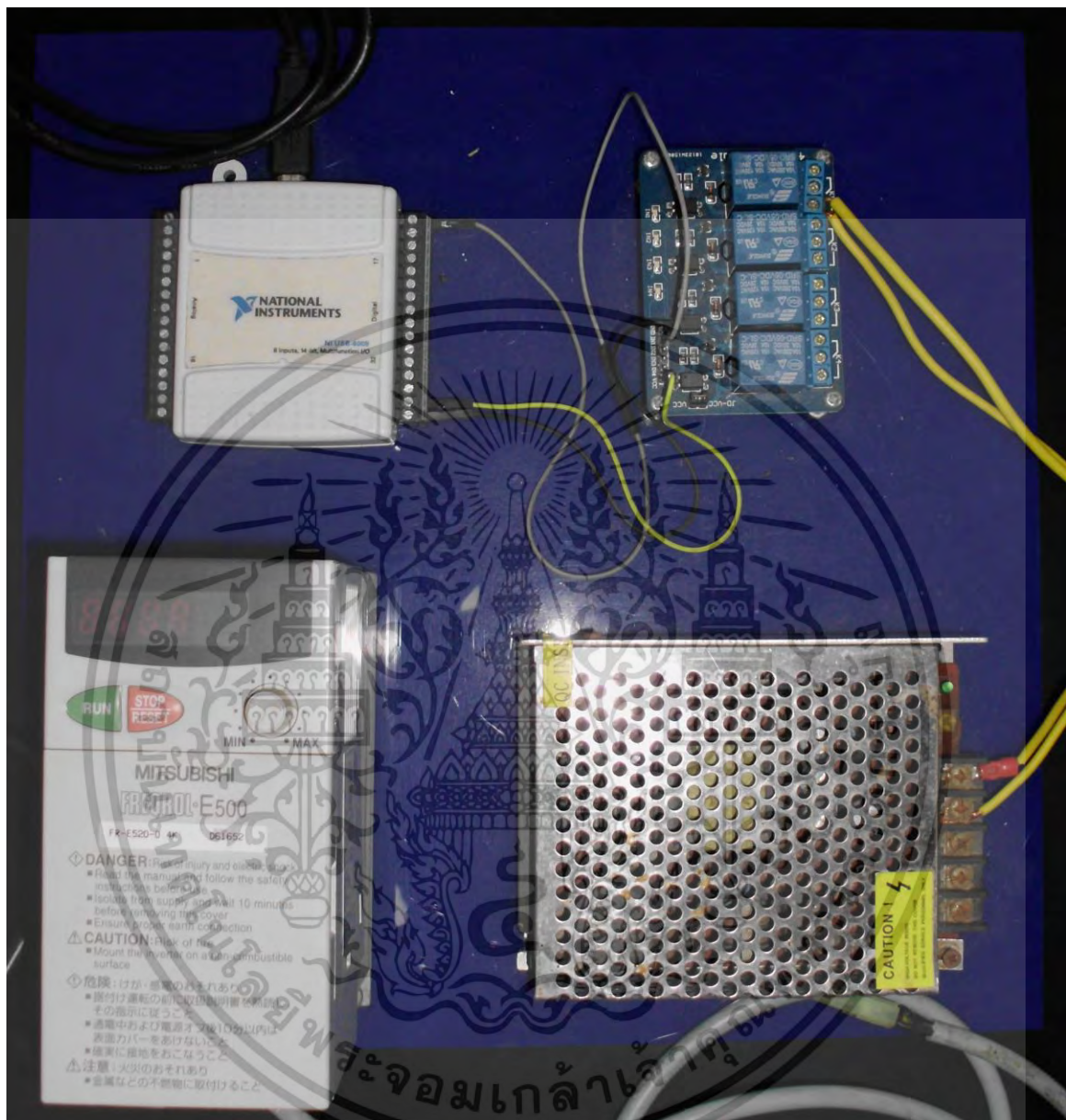


รูปที่ 4.43 การติดตั้งติดตั้งตัวตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางเข้าของตัวอย่างทดสอบ)



รูปที่ 4.44 การติดตั้งติดตั้งตัวตรวจสอบเข้ากับสายพานลำเลียง (ด้านทางออกของตัวอย่างทดสอบ)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากส่วนฮาร์ดแวร์ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชที่สร้างขึ้นมา ระบบทั้งหมดจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์โดยผ่านวงจรควบคุมดังแสดงในรูปที่ 4.45

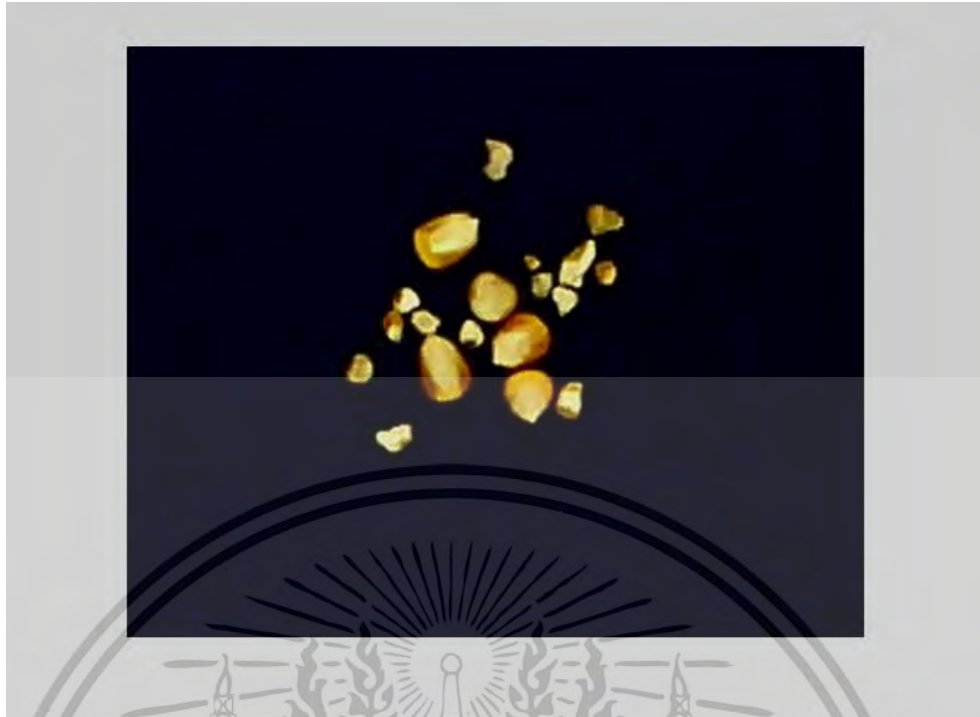


รูปที่ 4.45 ชุดควบคุมระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช

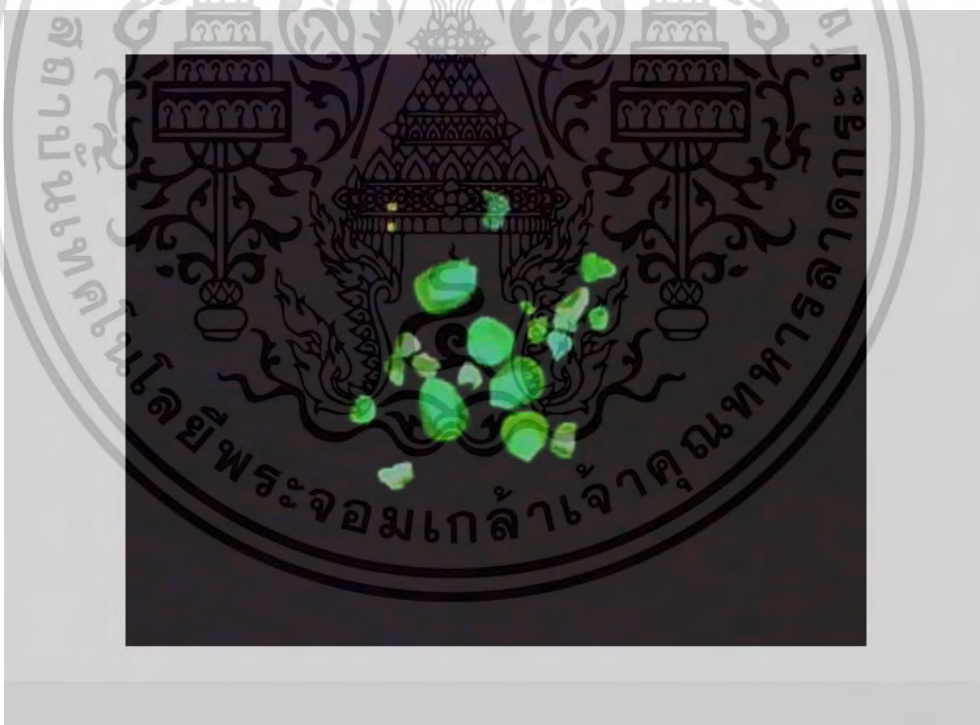
4.2 อัลกอริธึมในการประมวลผลภาพ

จากผลการพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตร่วมกับเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการคัดกรองธัญพืชต่างๆ ที่อาจมีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซินออกไปก่อนที่จะนำไปจำหน่ายหรือส่งเป็นวัตถุดิบเพื่อผลิตอาหารต่างๆ ซึ่งจากการทดสอบเบื้องต้นโดยใช้ภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืชที่ถ่ายด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์และภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืชที่ถ่ายด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต พบว่าการนำแสงอัลตราไวโอเล็ตมาใช้ในการตรวจสอบธัญพืชช่วยเพิ่มความสามารถในการแยกแยะธัญพืชที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินได้ชัดเจนและสะดวกขึ้นดังตัวอย่างในรูปที่ 4.46 และรูปที่ 4.47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.46 ภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์



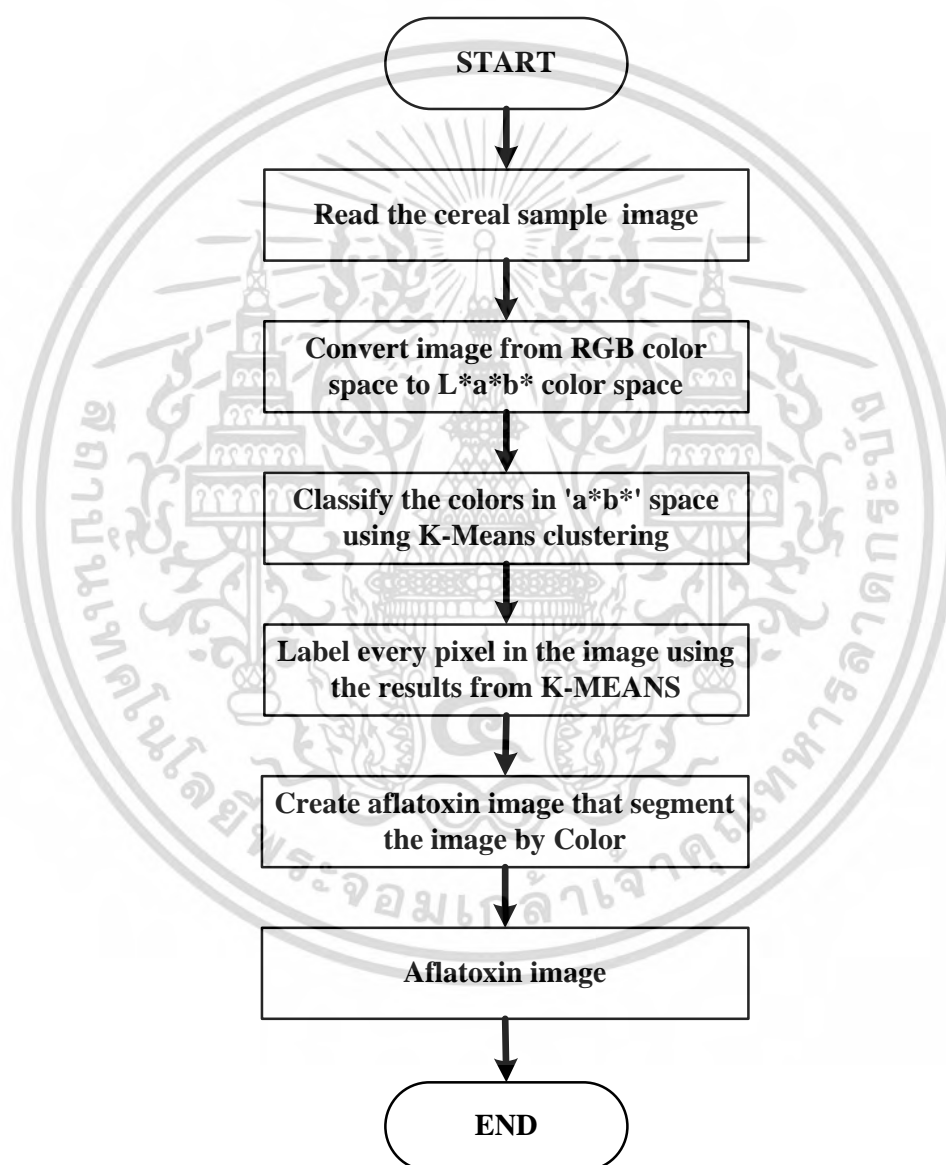
รูปที่ 4.47 ภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต

จากภาพถ่ายในรูปที่ 4.46 และรูปที่ 4.47 เราพบว่าภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตจะให้ภาพที่มีความแยกแยะของการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินได้ชัดเจน ซึ่งในโครงการวิจัยนี้จะนำภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตมาทำการประมวลผลภาพเพื่อตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน โดยอัลกอริธึมในการประมวลผลภาพจะแบ่งออกเป็น 2 ส่วนดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.2.1 อัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

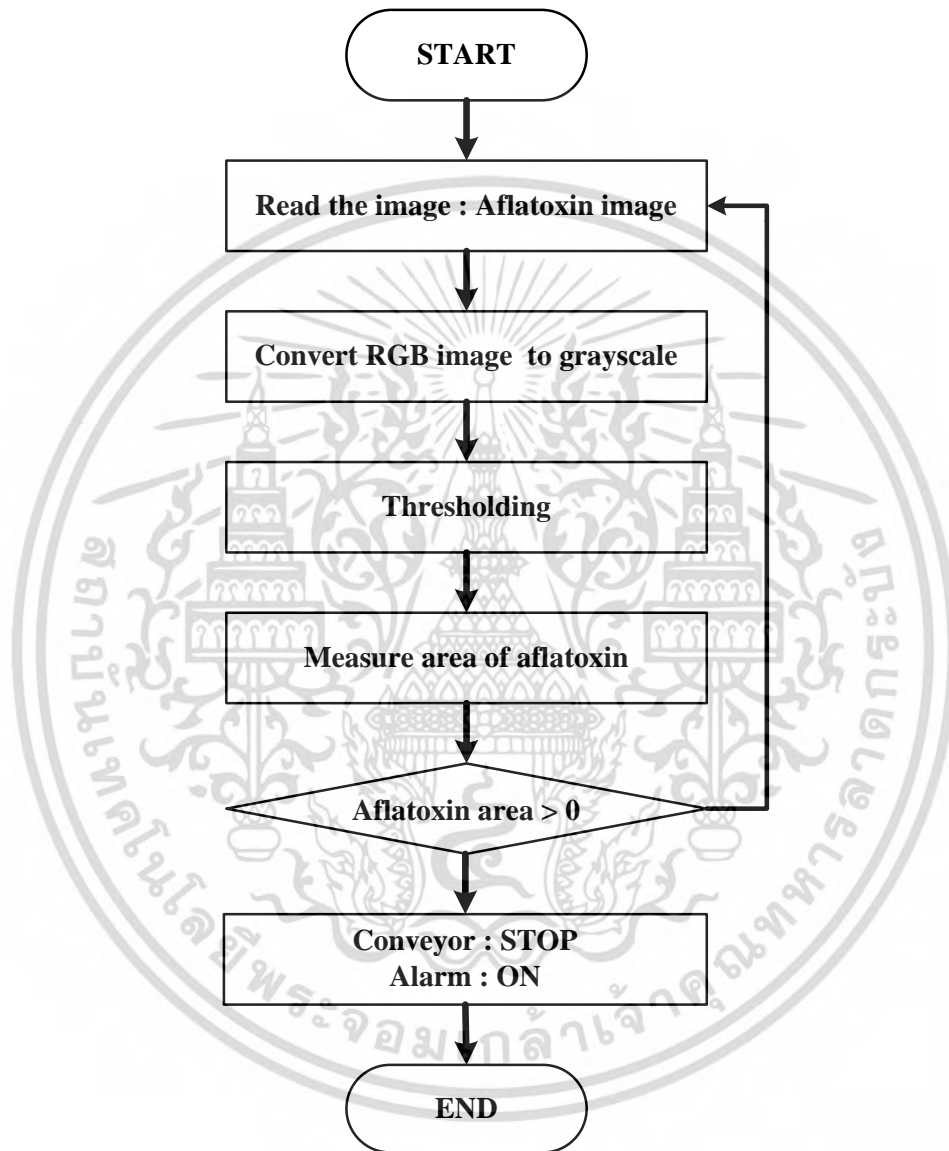
อัลกอริทึมในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินออกจากภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืชที่นำมาตรวจสอบ โดยอัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบจะใช้อัลกอริทึมแบบเคมีน (K-Means clustering) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการวิเคราะห์แบ่งกลุ่มข้อมูล (Clustering Analysis) โดยลักษณะขั้นตอนการทำงานของอัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินออกจากภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืชที่นำมาตรวจสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.48



รูปที่ 4.48 อัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินออกจากภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืช

4.2.2 อัลกอริทึมในการหาค่าพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน

อัลกอริทึมส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการคำนวณหาค่าของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน โดยใช้ภาพที่ได้จากอัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินออกจากภาพถ่ายตัวอย่างธัญพืชมาใช้ในการคำนวณหาค่าพื้นที่ซึ่งขั้นตอนการหาพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซินสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 4.49



รูปที่ 4.49 อัลกอริทึมในการหาค่าพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาทอกซิน

บทที่ 5 การทดสอบระบบ

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบระบบต่างๆ ของระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกชินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ทำการสร้างขึ้นมาดังรายละเอียดต่อไปนี้

5.1 การทดสอบระบบควบคุมความเร็วของสายพานด้วยอินเวอร์เตอร์

สำหรับการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบการควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงด้วยอินเวอร์เตอร์ มิตซูบิชิรุ่น FR-E520-0.4K โดยในการทดลองจะทำการเชื่อมอินเวอร์เตอร์เข้ากับมอเตอร์ที่ทำหน้าที่ขับสายพานลำเลียงดังแสดงในรูปที่ 5.1



รูปที่ 5.1 การทดสอบการควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงด้วยอินเวอร์เตอร์

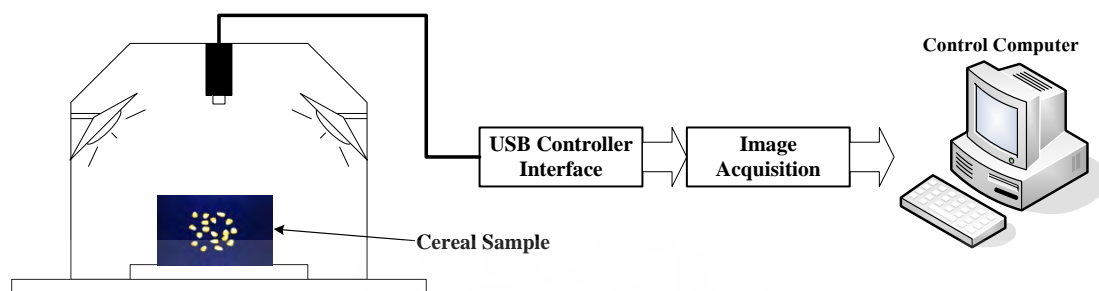
จากรูปที่ 5.1 สำหรับการทดสอบจะทำการตั้งค่าความถี่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ที่ทำหน้าที่ควบคุมความเร็วของมอเตอร์ขับเคลื่อนสายพานลำเลียง แล้วทำการวัดค่าเวลาที่สายพานลำเลียงเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ โดยจะทำการปรับค่าความถี่ในการทดสอบทั้งหมด 6 ความถี่ คือ 10 Hz, 20 Hz, 30 Hz, 40 Hz, 50 Hz และ 60 Hz แล้วทำการจับเวลาในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ (100 เซนติเมตร) โดยผลการทดสอบที่ได้สามารถแสดงดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ผลการทดสอบการควบคุมความเร็วของสายพานลำเลียงด้วยอินเวอร์เตอร์

ความถี่เอาต์พุตของอินเวอร์เตอร์ (Hz)	เวลาที่ใช้ในการเคลื่อนที่ครบ 1 รอบ (sec)	ความเร็วสายพาน (cm/sec)
10	57.77	1.73
20	24.42	4.10
30	15.61	6.41
40	11.71	8.54
50	9.42	10.62
60	7.78	12.85

เอกสาร 5.2 การทดสอบระบบถ่ายภาพด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ ไม่นอนุญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับในการทดสอบนี้ จะทำการถ่ายภาพตัวอย่างธัญพืชด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ และแสงอัลตราไวโอเล็ต โดยการทดสอบจะทำการติดตั้งอุปกรณ์ในการทดสอบดังรูปที่ 5.2



รูปที่ 5.2 การทดสอบระบบถ่ายภาพด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ

จากรูปที่ 5.2 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับทดสอบระบบถ่ายภาพด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ โดยในการทดสอบจะแยกเป็น 2 กรณี โดยใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ดังนี้

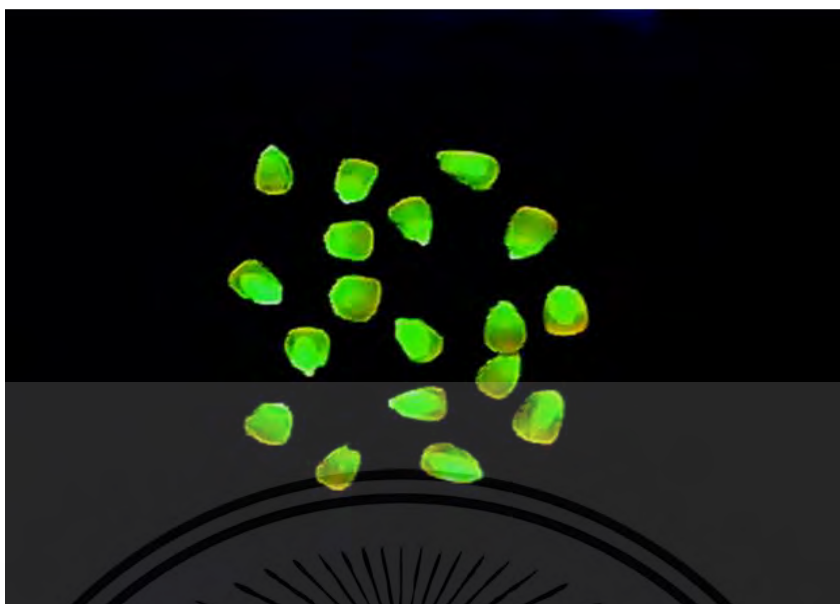
- ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่ไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน
- ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

โดยผลการทดสอบระบบถ่ายภาพด้วยแหล่งกำเนิดแสงแบบต่างๆ ทั้ง 2 กรณีสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.3 ถึงรูปที่ 5.6



รูปที่ 5.3 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์
(ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

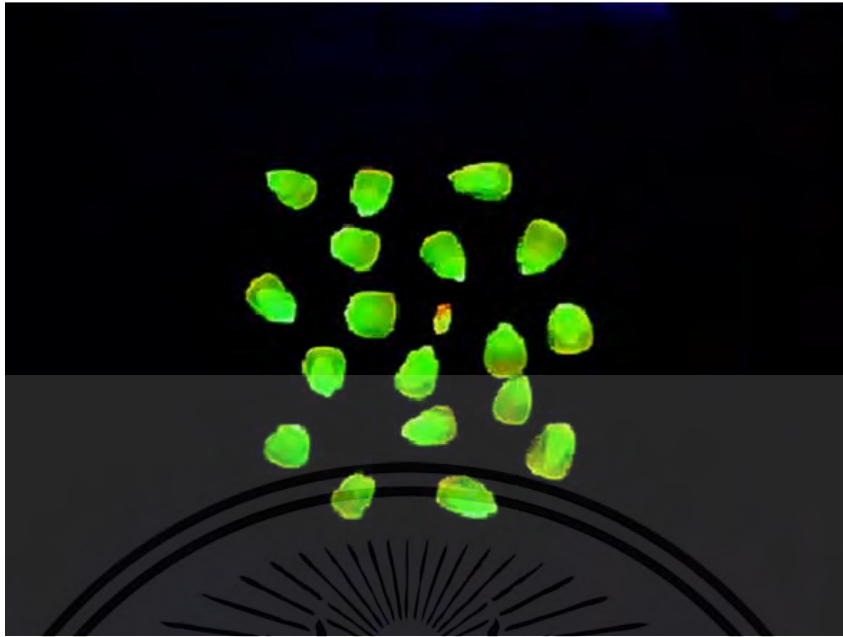


รูปที่ 5.4 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต
(ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)



รูปที่ 5.5 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์
(มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

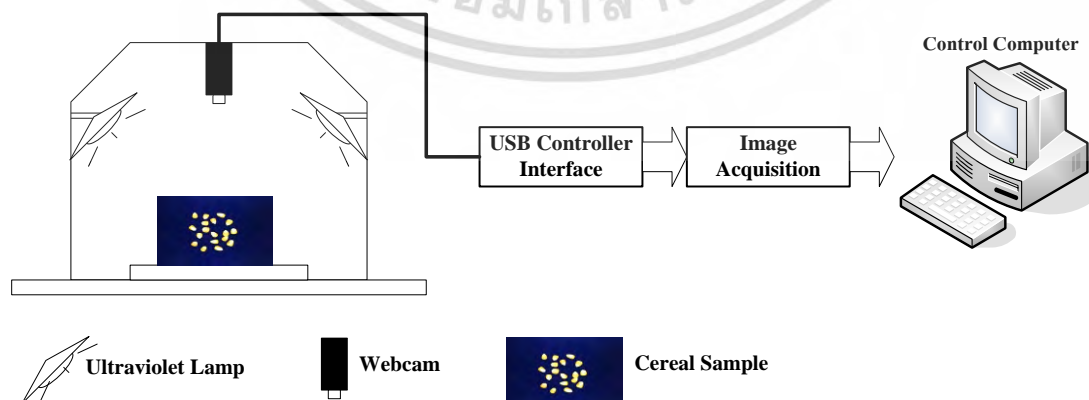


รูปที่ 5.6 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต
(มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)

จากผลการทดสอบดังรูปที่ 5.3 ถึงรูปที่ 5.6 พบว่าภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตจะให้ภาพที่มีความชัดเจนสูงกว่ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงจากหลอดฟลูออเรสเซนต์ ทั้งในกรณีตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่ไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน และตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน โดยเราจะเลือกใช้ภาพถ่ายด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตไปใช้ในการประมวลผลภาพเพื่อตรวจหาการปนเปื้อนของสารอะฟลาท็อกซินในการทดสอบต่อไป

5.3 การทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

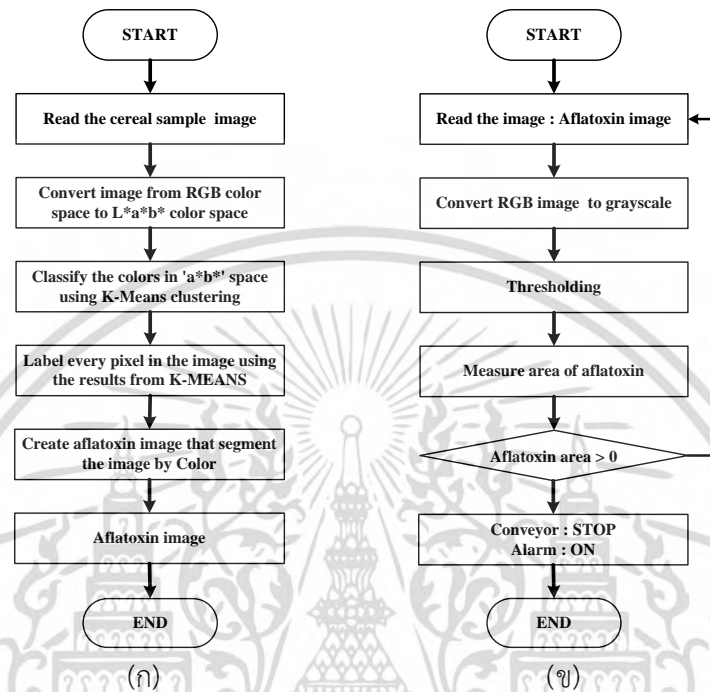
สำหรับในการทดสอบนี้จะเป็นการทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินจากภาพถ่ายของตัวอย่างธัญพืชที่นำมาทดสอบ โดยการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.7



รูปที่ 5.7 การติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อน
ของอะฟลาท็อกซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.7 แสดงการติดตั้งอุปกรณ์สำหรับการทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน โดยในการทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินซึ่งจะประกอบด้วยอัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน และอัลกอริทึมในการหาค่าพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินดังแสดงในรูปที่ 5.8



รูปที่ 5.8 อัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

(ก) อัลกอริทึมในการแยกองค์ประกอบของพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

(ข) อัลกอริทึมในการหาค่าพื้นที่ที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

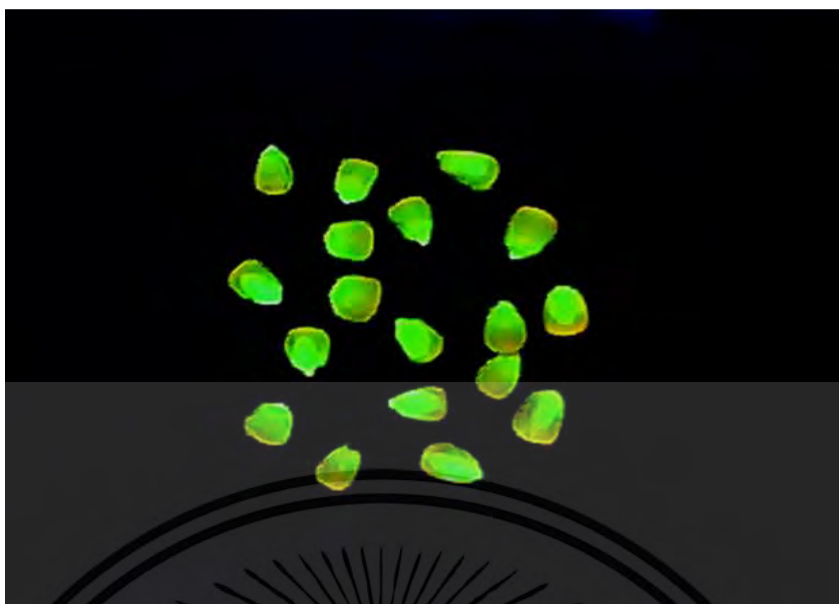
จากอัลกอริธึมในรูปที่ 5.8 ในการทดสอบจะทดสอบจะแยกเป็น 2 กรณี โดยใช้เมล็ดข้าวโพดเป็นตัวอย่างในการทดสอบ ดังนี้

- ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่ไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน
- ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

โดยผลการทดสอบในแต่ละกรณี สามารถแสดงได้ดังนี้

5.3.1 กรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

สำหรับในการทดสอบนี้จะใช้ตัวอย่างในการทดสอบเป็นเมล็ดข้าวโพดที่ปราศจากการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินดังแสดงในรูปที่ 5.9



รูปที่ 5.9 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)

เมื่อเรานำภาพที่ได้มาผ่านการประมวลผลภาพด้วยอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน สามารถแสดงผลที่ได้ดังรูปที่ 5.10 ถึงรูปที่ 5.12



รูปที่ 5.10 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation (ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.11 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation และแปลงเป็นภาพแบบ Grayscale (ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)



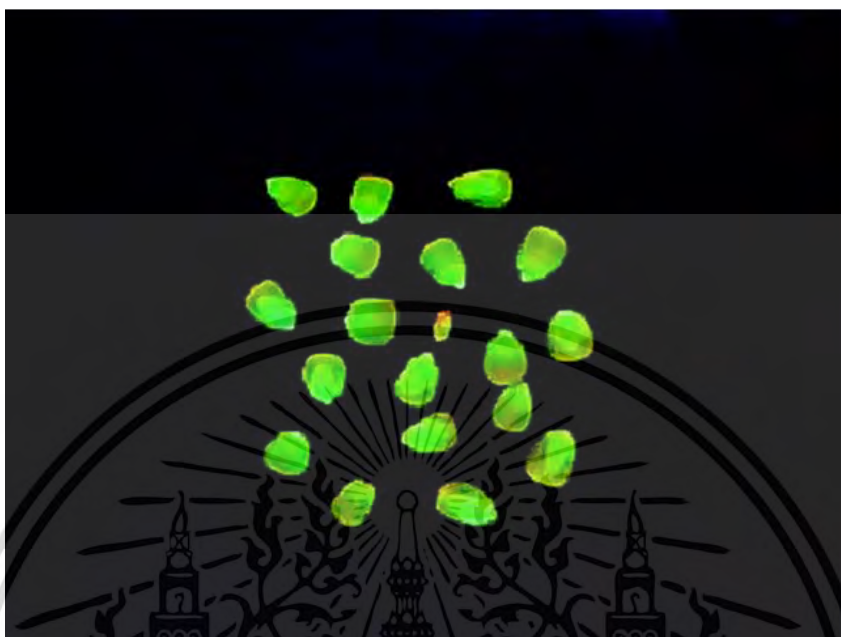
รูปที่ 5.12 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation แปลงเป็นภาพแบบ Grayscale และผ่านการทำ Thresholding (ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซิน)

จากรูปที่ 5.12 เมื่อนำภาพถ่ายธัญพืชด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตมาผ่านการประมวลผลภาพ จะสามารถแยกพื้นที่ส่วนที่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินอย่างชัดเจน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.3.2 กรณีมีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน

สำหรับในการทดสอบนี้จะใช้ตัวอย่างในการทดสอบเป็นเมล็ดข้าวโพดจากการทดสอบในกรณีที่ 1 แล้วทำการใส่เมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซินเข้าไป ดังแสดงในรูปที่ 5.13



รูปที่ 5.13 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ต (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน)

เมื่อเรานำภาพที่ได้มาผ่านการประมวลผลภาพด้วยอัลกอริธึมในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน สามารถแสดงผลที่ได้ดังรูปที่ 5.14 ถึงรูปที่ 5.16



รูปที่ 5.14 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังการทำ Color Segmentation (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



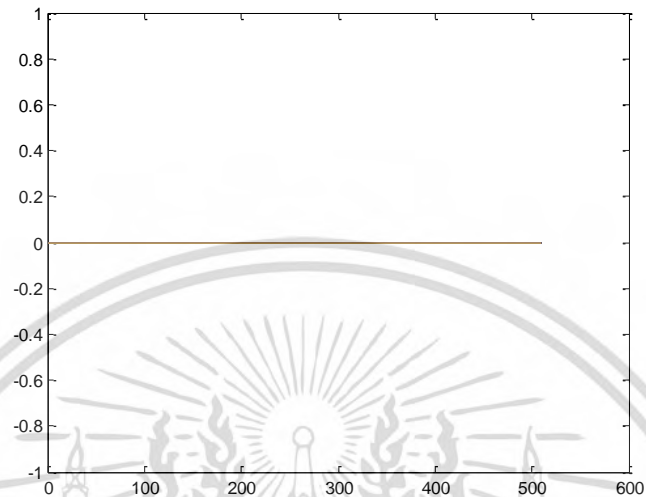
รูปที่ 5.15 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation และแปลงเป็นภาพแบบ Grayscale (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน)



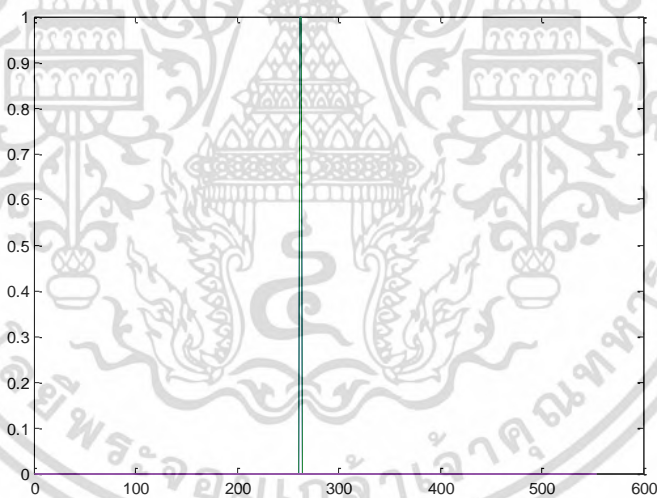
รูปที่ 5.16 ภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการทำ Color Segmentation แปลงเป็นภาพแบบ Grayscale และผ่านการทำ Thresholding (มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบสุดท้ายภายหลังจากการทำ Thresholding ทั้ง 2 กรณี (ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่ไม่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินและตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซิน) ที่แสดงดังในรูปที่ 5.12 และรูปที่ 5.16 จะถูกนำมาสร้างกราฟแสดงค่าความสว่างของแต่ละพิกเซลจากภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการประมวลผลภาพได้ดังรูปที่ 5.17



(ก) ปราศจากการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน



(ข) มีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซิน

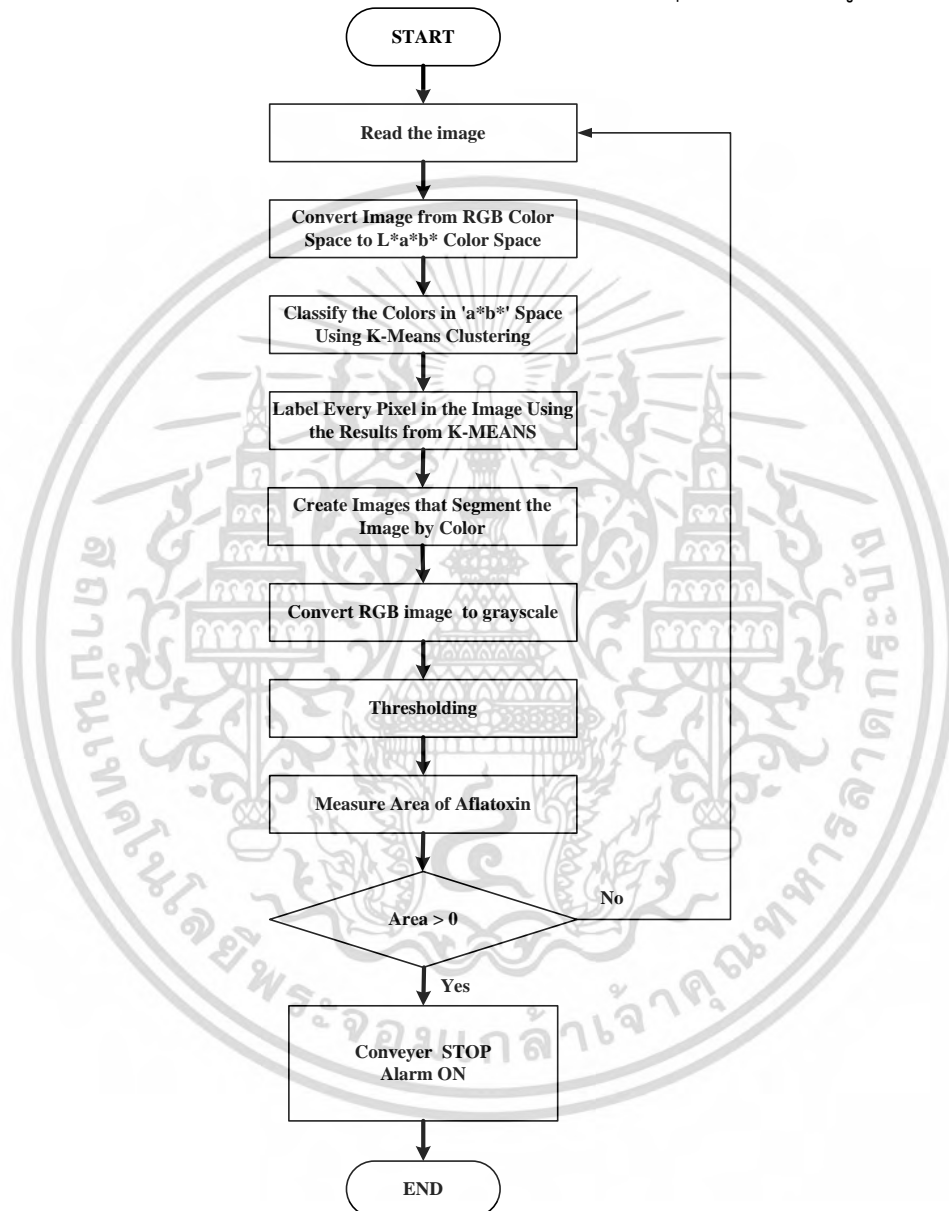
รูปที่ 5.17 กราฟแสดงค่าความสว่างของแต่ละพิกเซลจากภาพถ่ายตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการประมวลผลภาพ

จากกราฟในรูปที่ 5.17 จะเห็นว่ากราฟแสดงค่าความสว่างของแต่ละพิกเซลจากภาพถ่ายเมล็ดข้าวโพดด้วยแสงอัลตราไวโอเล็ตหลังผ่านการประมวลผลภาพของเมล็ดข้าวโพดที่ปราศจากการปนเปื้อนอะพลาที่อกซินและมีการปนเปื้อนอะพลาที่อกซินมีความแตกต่างกันอย่างชัดเจน ซึ่งเราสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการคัดแยกต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 การทดสอบโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

จากผลการทดสอบอัลกอริธึมในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน จะเห็นว่าอัลกอริธึมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างเมล็ดข้าวโพดที่ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินและเมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินอย่างชัดเจน ซึ่งเราสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการควบคุมระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชได้ โดยโครงสร้างของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินทั้งหมด สามารถสรุปได้ดังแสดงในรูปที่ 5.18



รูปที่ 5.18 โครงสร้างของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

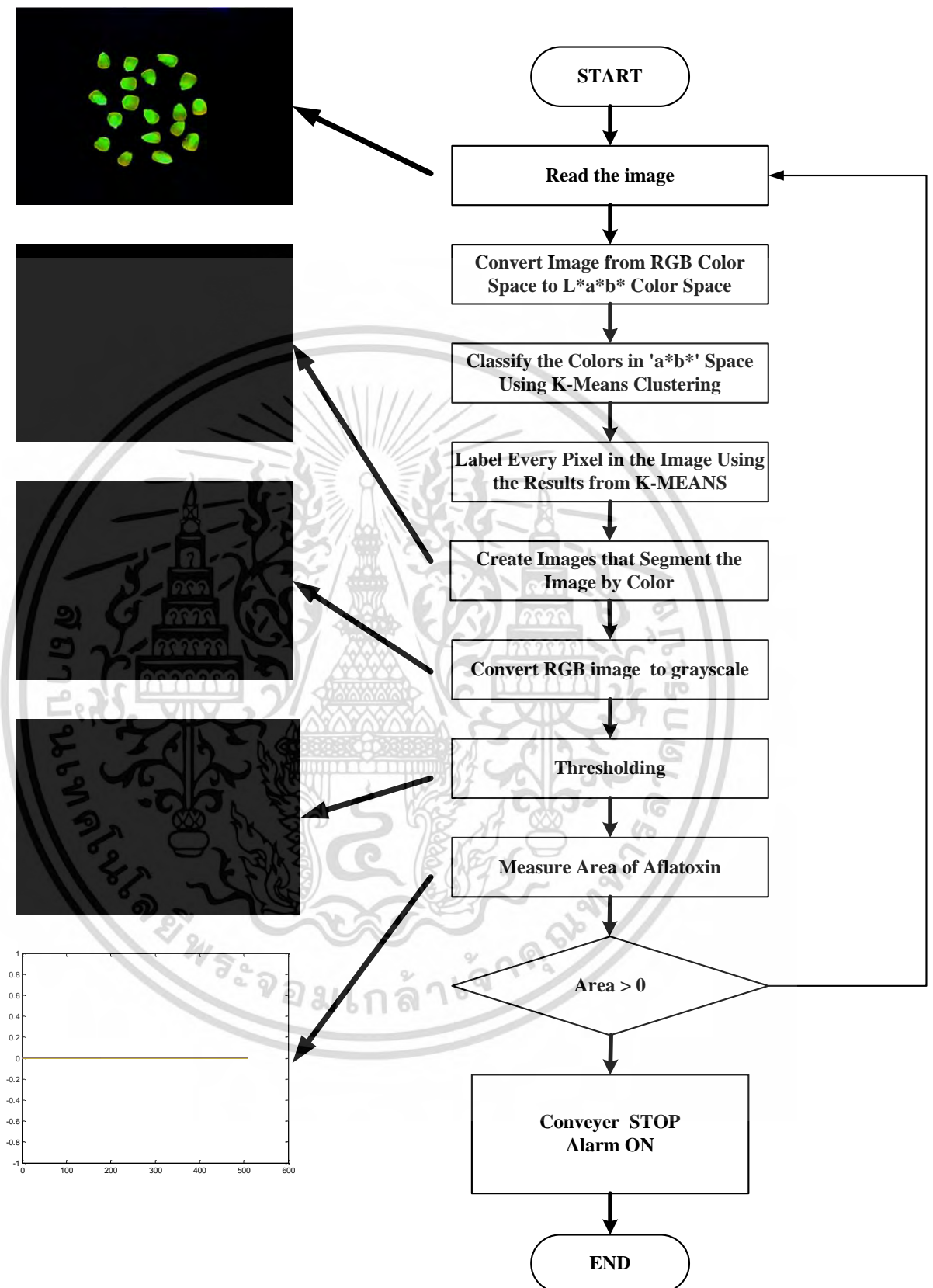
จากโครงสร้างของโปรแกรมที่แสดงในรูปที่ 5.18 การทำงานของโปรแกรมสามารถแยกออกได้เป็น 2 กรณีคือ

- กรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน
- กรณีมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

ซึ่งการทดสอบทำงานของแต่ละกรณีสามารถแสดงได้ดังนี้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

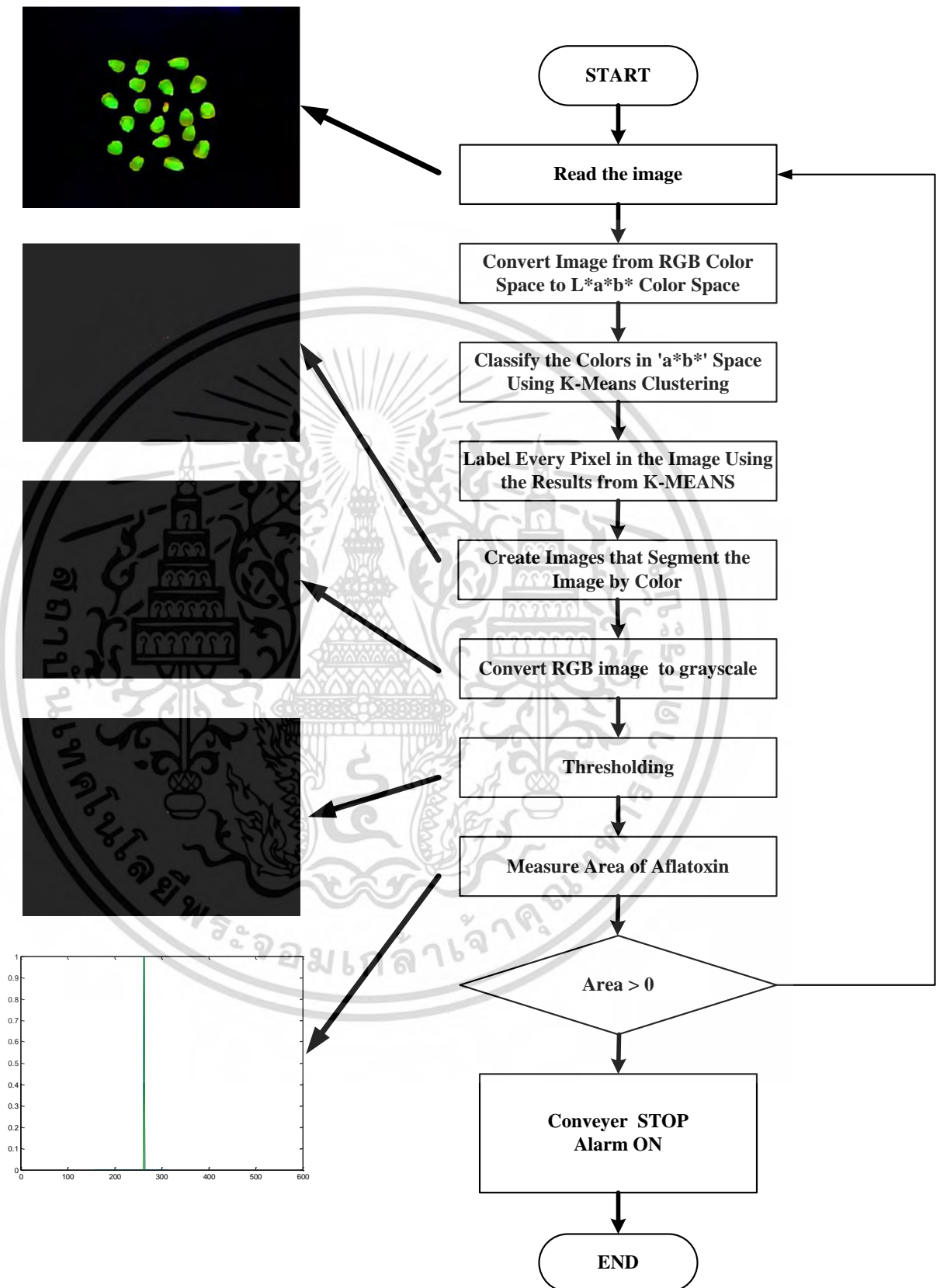
5.4.1 กรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน



รูปที่ 5.19 การทำงานของโปรแกรมกรณีไม่มีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4.2 กรณีมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่รูปที่ 5.20 การทำงานของโปรแกรมกรณีมีการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซิน
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากผลการทดสอบโครงสร้างของโปรแกรมที่ใช้ในการตรวจสอบหาการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในรูปที่ 5.19 และ รูปที่ 5.20 จะเห็นว่าโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นมาสามารถแยกแยะความแตกต่างระหว่างเมล็ดข้าวโพดที่ปราศจากการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินและเมล็ดข้าวโพดที่มีการปนเปื้อนอะฟลาท็อกซินอย่างชัดเจน ซึ่งเราสามารถนำผลที่ได้ไปใช้ในการควบคุมระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตได้เป็นอย่างดี



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6 บทสรุป

จากการทดสอบระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต โดยระบบที่พัฒนาขึ้นมาจะประกอบไปด้วย ระบบสายพานลำเลียง แหล่งกำเนิดแสงอัลตราไวโอเล็ต กล้องเว็บแคม วงจรอิเล็กทรอนิกส์ การ์ดอินเตอร์เฟส และคอมพิวเตอร์ โดยอัลกอริธึมในการประมวลผลภาพจะอาศัยอัลกอริธึมแบบเคมีน (K-means clustering) และเทคนิคเทรชโฮลด์ (Thresholding method) ถูกนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืช ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดถูกนำมาใช้ในการทดสอบระบบที่นำเสนอจากผลการทดสอบระบบที่พัฒนาขึ้นมา สามารถตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินได้อย่างมีประสิทธิภาพและเหมาะสมในการนำไปประยุกต์ใช้ตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินเบื้องต้นของวัตถุดิบในอุตสาหกรรมอาหาร แต่อย่างไรก็ตามบางครั้งอาจมีความผิดพลาดของผลการตรวจสอบ ในกรณีตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดมีการพลิกด้านที่มีการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินลงพื้น ทำให้ไม่สามารถถ่ายภาพได้ เมื่อนำภาพที่ถ่ายได้ไปทำการวิเคราะห์ต่อ จึงเกิดความผิดพลาดของผลการทดสอบขึ้น ซึ่งทางผู้วิจัยสามารถสรุปข้อแนะนำแก่ผู้สนใจที่จะนำระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะพลาที่อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ตที่ทำการสร้างขึ้น ไปพัฒนาต่อดังนี้

1. ควรเพิ่มส่วนประกอบทางกลในการเขย่าตัวอย่างเมล็ดธัญพืชที่นำเข้ามาตรวจสอบ เพื่อให้สามารถตรวจสอบตัวอย่างเมล็ดธัญพืชที่นำเข้ามาตรวจสอบได้ทั่วถึงมากขึ้น
2. ผู้สนใจสามารถนำเทคนิคที่พัฒนาขึ้นไปใช้ในการตรวจสอบผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

บทที่ 7

สรุปผลผลิตที่ได้จากงานวิจัย

จากผลการพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช ก่อนที่จะส่งไปผลิตเป็นอาหารต่างๆ ซึ่งจะช่วยเพิ่มความปลอดภัยให้กับผู้บริโภคทางผู้วิจัยได้ทำการนำเทคนิคและผลการทดลองของระบบที่พัฒนาขึ้นมาทำการเขียนบทความวิจัยและได้รับการตอบรับให้นำเสนอผลงานแบบ Oral presentation ในงาน 2019 The 8th International Conference on Informatics, Environment, Energy and Applications (IEEA2019), Osaka, Japan, March 16-19, 2019 ในหัวข้อเรื่อง “System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light” ดังรายละเอียดในภาคผนวก ข



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

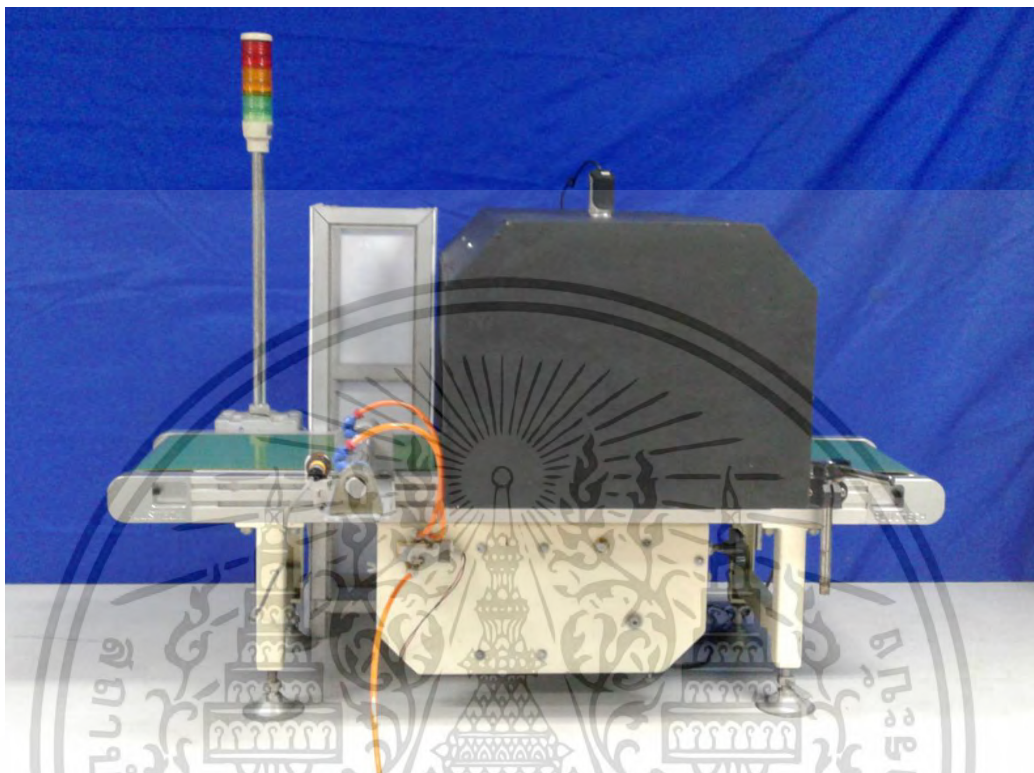
- [1] บดินทร์ บุตรอิทธิร์ “สารพิษจากเชื้อรา: อะฟลาท็อกซิน” วารสารเทคนิคการแพทย์เชียงใหม่, ปีที่ 45 ฉบับที่ 2 พฤษภาคม 2555
- [2] สถาบันอาหาร กระทรวงอุตสาหกรรม “อะฟลาท็อกซิน(Aflatoxin)”
- [3] Irineo Torres-Pacheco, “Aflatoxins - Detection, Measurement and Control” Intech : www.intechopen.com, 21 October 2011.
- [4] Julius Maina Mathara, “Aflatoxin in Food: What Role for Biotechnology?” OFAB-38, June 2010.
- [5] Jennifer Huang and Diab Elmashni, “Analysis of Aflatoxins Using Fluorescence Detection” Thermo Fisher Scientific, San Jose, CA USA.
- [6] Michelangelo N.Pascale, “DETECTION METHODS FOR MYCOTOXINS IN CEREAL GRAINS AND CEREAL PRODUCTS” Proc. Nat. Sci, Matica Srpska Novi Sad, No. 117, 15—25, 2009.
- [7] K Yabe, Y Ando, M Ito and N Terakado, “Simple method for screening aflatoxin-producing molds by UV photography” Appl. Environ. Microbiol. 1987, 53(2):230.
- [8] M. Atas, Y. Yardimci, A. Temizel. “A new approach to aflatoxin detection in chili pepper by machine vision”, Computers and Electronics in Agriculture 87 (2012), pp. 129–141.
- [9] Ali GNE, Habil KALKAN, Efan DURMU, Mehmet Burak BYKCAN. “DETECTION OF AFLATOXIN CONTAMINATED FIGS USING NEAR-INFRARED (NIR) REFLECTANCE SPECTROSCOPY” ICECCO 2013 - 10th International Conference on Electronics, Computer and Computation, Ankara, Turkey, 7th to 9th November 2013.
- [10] H. Kalkan, P. Beriat, Y. Yardimci, T.C. Pearson. “Detection of contaminated hazelnuts and ground red chili pepper flakes by multispectral imaging” Computers and Electronics in Agriculture, 77 (2011),pp.28–34.
- [11] A. Del Fiore, M. Reverberi, A. Ricelli, F. Pinzari, S. Serranti, A.A. Fabbri, G. Bonifazi, C. Fanelli. “Early detection of toxigenic fungi on maize by hyperspectral imaging analysis” International Journal of Food Microbiology, 144 (2010), pp. 64–71.
- [12] Wei Wang, Gerald W. Heitschmidt, Xinzhi Ni, William R. Windham, Samantha Hawkins, Xuan Chu. “Identification of aflatoxin B1 on maize kernel surfaces using hyperspectral imaging” Food Control, 42 (2014), pp 78-86.
- [13] Haibo Yao, Zuzana Hruska, Russell Kincaid, Ambrose Ononyea Robert L. Brown and Thomas E. Cleveland. “SPECTRAL ANGLE MAPPER CLASSIFICATION OF FLUORESCENCE HYPERSPECTRAL IMAGE FOR AFLATOXIN CONTAMINATED CORN” Hyperspectral Image and Signal Processing: Evolution in Remote Sensing (WHISPERS), 14-16 June 2010.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

- [14] Eszter Pappa, Klara H-Ottaa, Gyula Zaraya and Emil Mincsovicb, “Liquid chromatographic determination of aflatoxins” *Microchemical Journal* 73 (2002) 39–46.
- [15] <http://www.foodnetworksolution.com>
- [16] <http://elife-news.blogspot.com/2017/06/thin-layer-chromatography-tlc.html>
- [17] สุวรรณ กัดพันธุ์ และคณะ “การวิเคราะห์ห่อะฟลาท็อกซินแบบรวดเร็ว” ศูนย์เครื่องมือวิทยาศาสตร์ กลาง บางเขน สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
- [18] Ying Xiong, Ke Pei, Yunqing Wu, Hong Duan, Weihua Lai, Yonghua Xiong, “Plasmonic ELISA based on enzyme-assisted etching of Au nanorods for the highly sensitive detection of aflatoxin B1 in corn samples” *Sensors and Actuators B: Chemical*, Volume 267, 15 August 2018, Pages 320-327.
- [19] Priti Singh, Shailendra Kumar Pandey, Jyoti Singh, Sameer Srivastava, Sadhana Sachan, and Sunil Kumar Singh, “Biomedical Perspective of Electrochemical Nanobiosensor”, *Nano-Micro Letters*, June 2016, Volume 8, Issue 3, pp. 193-203.
- [20] Ashok Kumar, “Biosensors Based on Piezoelectric Crystal Detectors: Theory and Application” *JOM-e*, 52 (10) (2000).
- [21] Rijian Mo, Lei He, Xiemin Yan, Tiantian Su, Chunxia Zhou, Zhe Wang, Pengzhi Hong, Shengli Sun, and Chengyong Li, “A novel aflatoxin B1 biosensor based on a porous anodized alumina membrane modified with graphene oxide and an aflatoxin B1 aptamer” *Electrochemistry Communications*, Volume 95, October 2018, Pages 9-13.
- [22] “แสงอัลตราไวโอเล็ต”, แสง เกิดประทุม ฝ่ายวิศวกรรม สถาบันวิจัยวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งประเทศไทย (วว.)
- [23] “หลอดไฟพิเศษในงานพิเศษ” นายอุดม สิทธิการุณ : <http://www.sathitavl.com/>

ภาคผนวก ก

ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช



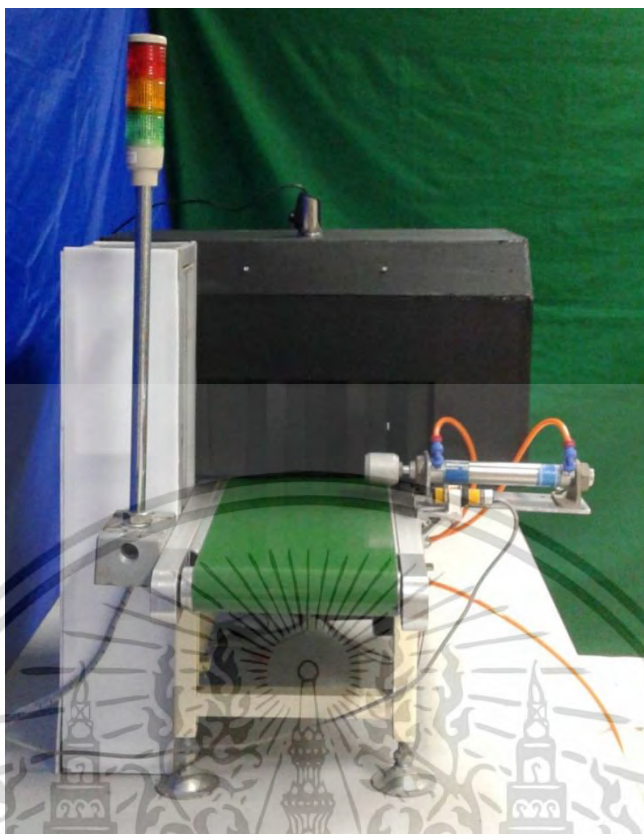
รูปที่ 1ก ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช (ด้านหน้า)



รูปที่ 2ก ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาท็อกซินในธัญพืช

(ด้านทางเข้าของตัวอย่างทดสอบ)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3ก ระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาที่อกซินในธัญพืช
(ด้านทางออกของตัวอย่างทดสอบ)



รูปที่ 4ก ชุดควบคุมระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอะฟลาที่อกซินในธัญพืช

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข

บทความวิจัย

- [1] Apinai Rerkratn and Anucha Kaewppoonsuk. “**System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light**” accepted for publication and presentation at 2019 The 8th International Conference on Informatics, Environment, Energy and Applications, March 16-19, 2019, Osaka, Japan.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2019 The 8th International Conference on Informatics, Environment, Energy and Applications
 March 16-19, 2019 | Osaka, Japan
www.ieea.org

Notification Letter

Dear Apinai Rerkratn and Anucha Kaewpoonsuk,

Paper ID: A1034

Paper Title: System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light

Congratulations!

It's our pleasure to inform you that review processes of 2019 The 8th International Conference on Informatics, Environment, Energy and Applications (IEEA 2019) has been completed. All submitted papers are peer-reviewed by conference committees. Based on the recommendations of the reviewers and the technical program committees, we are pleased to inform you that your **paper** has been accepted for **publication and presentation**. You are cordially invited to present the paper orally at IEEA 2019 to be held in Osaka, Japan during March 16-19, 2019.

After peer review, your submission identified above is recommended to be published in **International Journal of Pharma Medicine and Biological Sciences (IJPMBs)**(www.ijpmb.com), which will be indexed by Embase; ProQuest; International Committee of Medical Journal Editors(ICMJE); Health sciences library(NYU); HINARI Access to Research in Health Programme; etc. Please finish your registration according to Registration Instruction.

For and on behalf of
 SCIENCE AND ENGINEERING INSTITUTE
 IEEA 2019 Organizing Committees
 Authorized Signature(s)
www.ieea.org

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญญาติให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

System Development for Aflatoxin Inspection in Cereal Using Ultraviolet Light

Apinai Rerkratn

Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang,
Bangkok 10520, Thailand
Email: apinai@gmail.com

Anucha Kaewpoonsuk

Faculty of Science, Naresuan University, Phitsanulok 65000, Thailand
Email: anuchak@nu.ac.th

Abstract—This paper presents system development for aflatoxin inspection in cereal using ultraviolet light. The proposed system consists of conveyer belt, ultraviolet lamp, webcam, electronic circuits, interface card, and computer. The image processing is employed to detect aflatoxin contamination. K-means clustering and thresholding techniques are used for inspection of aflatoxin contamination in cereal. Two set of corn kernels samples were used to verify the proposed system. The experimental results show that the proposed system can detect aflatoxin affectively and suitable for raw material screening in food production.

Index Terms—Aflatoxin inspection, Ultraviolet Light, Image processing

I. INTRODUCTION

Cereals are an important source of energy and protein for humans and livestock. Major cereals are made from corn, wheat, rice and barley around the world. The major problem is the infection of the aflatoxin. The disease caused by aflatoxin, include liver cancer, hepatitis, cirrhosis, encephalitis, etc. The toxicity and disease depends on conditions of food intake, age, sex, hormones, and the amount of aflatoxin entering the body [1-2]. The techniques widely used in reseach for aflatoxin detection are Liquid chromatography, Thin-Layer Chromatography (TLC), High Performance Liquid Chromatography (HPLC), Laser-Induced Fluorescence (LIF) screening method, Ion mobility spectrometry, Fourier Transform Near Infrared (FT-NIR) spectrometry, Adsorptive stripping voltammetry, etc [2-6]. The methods mentioned depend on laboratory test which requires specialists, high cost, and long period. Therefore, they are not practical for application in the detection of aflatoxin in cereals in agricultural or food products. Therefore, this paper develops a system for aflatoxin inspection in cereals. The proposed system uses ultraviolet light and image processing techniques to detect aflatoxin contamination in cereals in manufacturing and improve the quality of products made from cereals.

II. THE PROPOSED SYSTEM

The proposed aflatoxin inspection system is separate into two parts, the image acquisition system and the image processing system as shown in Fig. 1.

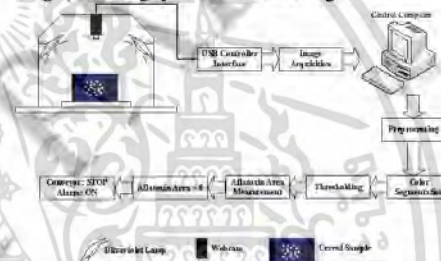


Figure 1. Block diagram of proposed system for aflatoxin inspection in cereal using ultraviolet light.

A. The Image Acquisition System

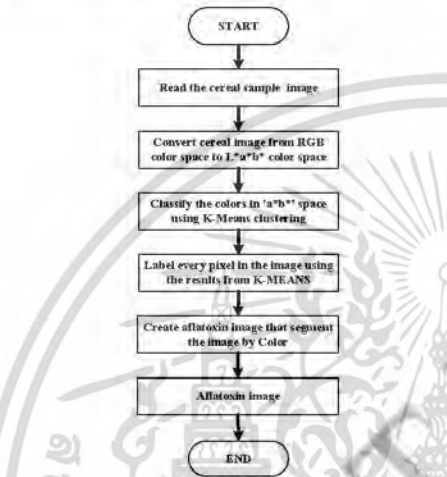
The image acquisition system consists of conveyer belt, ultraviolet lamp, webcam, electronic control circuits, interface card and computer. Conveyer belt is used for moving cereal samples into detection box. The ultraviolet lamp is used to expose ultraviolet light wave length about 340 nm to cereal samples. The webcam is employed for image capture. The computer is used to control the system and analyze image captured by the webcam. A digital image of cereals samples is captured and stored in the computer before analyzed by the proposed algorithm. The detail of image acquisition system can be described as:

1. A webcam with resolution of 16 megapixels, transmission rate of 60 fps with USB interface for image capture.
2. A computer for storing and analyzing the aflatoxin contaminate in cereal.
3. Two ultraviolet lamps (ultraviolet lamps) with illuminate the spectrum of 340 nm.
4. A wooden box with interior of box painted black to minimize background light and the two ultraviolet lamps and webcam are attached inside.

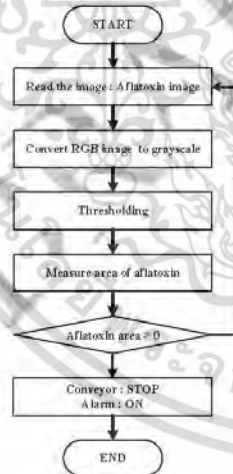
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

B. The Image Processing System

Images of sampled cereal from the image acquisition system are processed by using image processing. The image processing is separate into two parts as shown in Fig. 2 for the first part color-based segmentation using K-Means clustering is used to separate the areas contaminated by aflatoxin from cereals sample [7-9]. For the second part the thresholding method is used to calculate area of contaminated by aflatoxin.



(a) Color segmentation process for separating the areas contaminated by aflatoxin.



(b) Thresholding process for calculating area of contaminated by aflatoxin.

Figure 2. Image processing process of the proposed system.

III. EXPERIMENTAL RESULTS

To verify the performance of the proposed system, two samples of corn kernels, corn kernels with no aflatoxin contamination and corn kernels with aflatoxin contamination, are used in the experiment. Fig. 3 and Fig. 4 show the two samples after illuminated by fluorescent light and ultraviolet light, respectively.

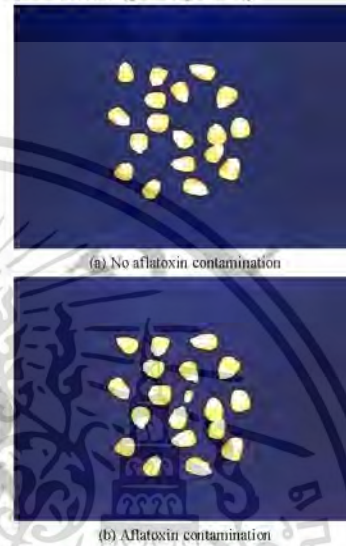


Figure 3. Corn kernels with no aflatoxin contamination and with aflatoxin contamination when illuminated by fluorescent light.

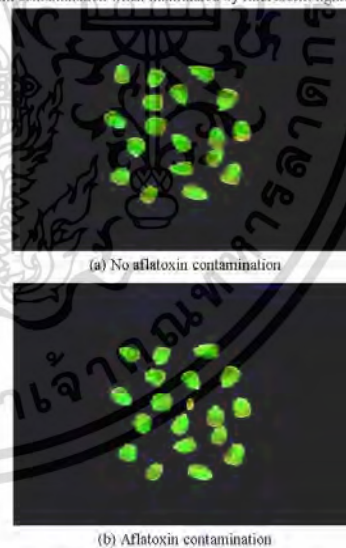


Figure 4. Corn kernels with no aflatoxin contamination and with aflatoxin contamination when illuminated by ultraviolet light.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The results show that images of aflatoxin in the corn kernels when illuminated by ultraviolet light are more contrast when compared to the images of aflatoxin in the corn kernels when illuminated by fluorescent light. Then,

the images of the corn kernels illuminated by ultraviolet light are processed for aflatoxin detection by using algorithm in Fig. 2. The results of image processing of the proposed system are shown in Fig. 5 and Fig. 6.

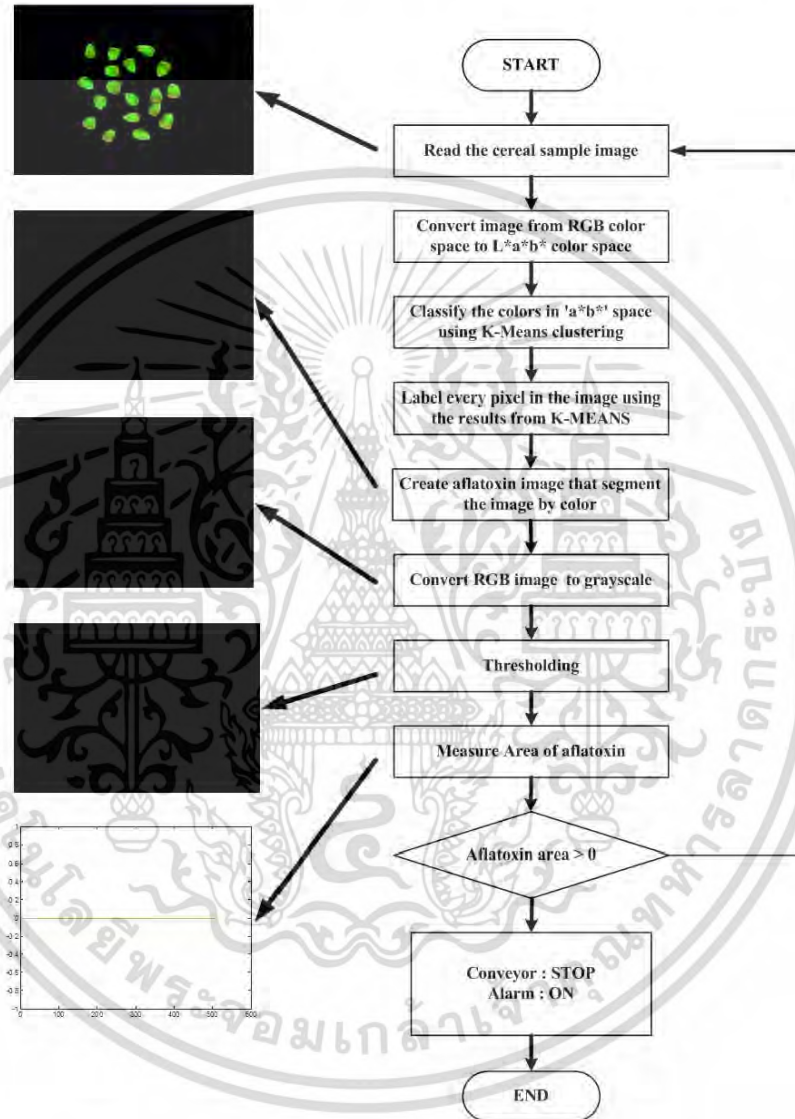


Figure 5 The results of image processing for the corn kernels with no aflatoxin contamination.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

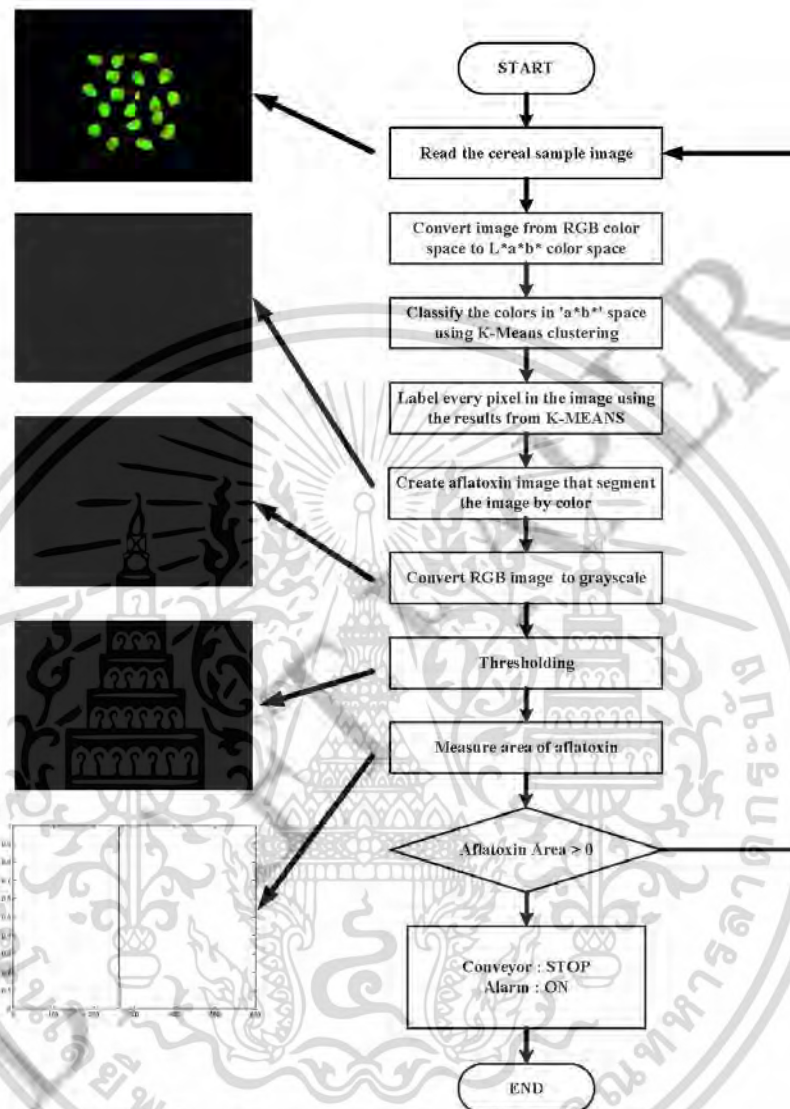


Figure 6. The results of image processing for the corn kernels with aflatoxin contamination.

The last plot in Fig. 5 and Fig. 6 show the values of each pixel after thresholding step. The values of the pixels are zero when no aflatoxin contamination or one when aflatoxin is detected on that pixel. The results for all pixels in Fig. 5 are zero which means that the corn kernels sample does not contain aflatoxin. Fig. 6 shows the results of image processing

process of the proposed system in case aflatoxin contamination. The last plot in Fig. 6 shows that there are some pixels, the 259th to 264th pixels, that contain aflatoxin contamination. The output signal from the image processing steps is used to control conveyor belt and alarm to user via interface card.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

IV. CONCLUSION

This paper presents a system for detecting aflatoxin by using ultraviolet light and image processing techniques. The techniques used to process the images are K-means clustering and thresholding techniques. Two set of corn kernels samples were used to verify the system. One set of the samples contains aflatoxin contamination and the other set does not contain aflatoxin contamination. The experimental results show that the proposed system can effectively detect aflatoxin contaminate. The advantages of the proposed system over the methods usually used in manufacturing are that the system can process at high speed with low cost. As a result, the proposed method is practical for raw material screening in food production.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang [Grant number : A118-59-005].

REFERENCES

- [1] Irene Orina, Marcia Manleya, and Paul J. Williamsa, "Non-destructive techniques for the detection of fungal infection in cereal grains," *Food Research International*, vol. 100, pp. 74-86, October 2017.
- [2] Irineo Torres-Pacheco, *Aflatoxins - Detection, Measurement and Control*, Intech: www.intechopen.com, 21 October 2011.
- [3] Sonying Somsubsin, Ketsarin Seebunrueng, Suthasinee Boonchitnema, and Supalax Srijaranai, "A simple solvent based microextraction for high performance liquid chromatographic analysis of aflatoxins in rice samples," *Talanta*, vol. 176, pp. 172-177, 2018.
- [4] Vanessa Simão, Josias Merib, Adriana N. Dias, and Eduardo Carasek, "Novel analytical procedure using a combination of hollow fiber supported liquid membrane and dispersive liquid-liquid microextraction for the determination of aflatoxins in soybean juice by high performance liquid chromatography - Fluorescence detector," *Food Chemistry*, vol. 196, pp. 292-300, 2016.
- [5] Alex P. Wacoo, Deborah Wendro, Peter C. Vuzi, and Joseph E. Hawumba, "Methods for Detection of Aflatoxins in Agricultural Food Crops," *Journal of Applied Chemistry*, Vol. 2014, pp. 1-15, 2014.
- [6] Ali Güneş, Habil KALKAN, Eftan DURMU, and Mehmet Burak BUYUKCAN, "Detection of aflatoxin contaminated figs using Near-Infrared (NIR) reflectance spectroscopy", *2013 International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, November 7-8, 2013, Ankara, Turkey, pp. 123-126.
- [7] Ali Salem Bin Samma and Rosalina Abdul Salani, "Adaptation of K-Means Algorithm for Image Segmentation" *World Academy of Science, Engineering and Technology*, vol. 50, pp. 58-62, 2009.
- [8] Anil Z. Chitade and Dr. S.K. Katiyar, "Color Based Image Segmentation Using K-Means Clustering," *International Journal of Engineering Science and Technology*, vol. 2(10), pp. 5319-5325, 2010.
- [9] Information on <https://www.mathworks.com/>

Apinai Rerkratn was born in Suphanburi, Thailand, on August 26, 1974. He received the B.Eng. degree in telecommunication engineering, and the M.Eng., and the D.Eng. degrees in electrical engineering from the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand, in 1998, 2002, and 2013, respectively. Since 2014, He has been a lecturer of the Department of Instrumentation and Control Engineering at the Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL). His research interests are in the areas of analog circuit design for electronic instrumentation, signal and image processing, and wireless sensor network.

Amucha Kaewpoonsuk was born in Phitsanulok, Thailand in 1974. He received the B.Sc. degree in Physics-computer and electronics from Naresuan University, Phitsanulok, Thailand, in 1997 and the M. Eng. and D. Eng. degree in Electrical Engineering from the King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang (KMITL), Bangkok, Thailand, in 2001 and 2008, respectively. He is currently an Associate Professor at the Department of Physics, Naresuan University. His research interests include electronic instrumentation, measurement system, analog and digital circuit designs.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค

สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บันทึกการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัตว์ป่าสงวนที่A118-59-005..... ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558..... ถึงวันที่28 มีนาคม 2560.....

แหล่งทุน: งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559

ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบตรวจสอบการปนเปื้อนของอวัยวะภายในสัตว์ป่าสงวนโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต

ชื่อหัวหน้าโครงการ: นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

ว/ด/ป	รายการ	เลขอ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการจ่าย						รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ	รายการรับ	งบกลาง	งบดำเนินงาน	งบลงทุน	รวมจ่าย		
						งบกลาง	งบดำเนินงาน	งบลงทุน	งบดำเนินงาน	งบลงทุน		
						งบกลาง	งบดำเนินงาน	งบลงทุน	งบดำเนินงาน	งบลงทุน		
	งบประมาณที่ได้รับอนุมัติ (ตามแผน)		499,000.00									
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 1 = 85%)		424,150.00									
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 2 = 15%)		74,850.00									
	จำนวนเงินที่ได้รับ (งวดที่ 3)											
	หัก ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 1)			424,809.68					424,809.68			424,809.68
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 2)			78,800.10					78,800.10			78,800.10
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 3)											
	ค่าใช้จ่าย (ครั้งที่ 4)											
	งบประมาณคงเหลือ		499,000.00		- 4,609.78							
	รายละเอียดค่าใช้จ่าย											
ครั้งที่ 1												
27 พ.ย. 58	บริษัท เพลพาราค คอร์ปอเรชั่น จำกัด	HE580275							1,064.65			1,064.65
12 เม.ย. 59	เมืองวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD59012001							45,630.00			45,630.00
24 ก.พ. 59	บริษัท อีเลคทรอนิคส์ เซอร์วิส จำกัด	69/0190							19,999.82			19,999.82
26 ก.พ. 59	เมืองวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590226001							42,600.00			42,600.00
22 ก.พ. 59	เมืองวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590322001							35,300.00			35,300.00
20 เม.ย. 59	เมืองวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590420001							38,470.00			38,470.00
29 มิ.ย. 59	บริษัท สปร้าคอม เซอร์วิส จำกัด	187836							28,740.20			28,740.20
4 ก.ค. 59	เมืองวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590704001							28,650.00			28,650.00

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บัญชีรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย สัญญาณคงที่A118-59-005..... ตั้งแต่วันที่ 1 ตุลาคม 2558..... ถึงวันที่ 28 มีนาคม 2560.....

แหล่งทุน: งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559

ชื่อโครงการ : การพัฒนากระบวนการประเมินเชิงอรรถศาสตร์จากข้อมูลเชิงพื้นที่โดยใช้แสงอินฟราเรด

ชื่อหัวหน้าโครงการ: นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

ว/ด/ป	รายการ	เลขอ้างอิง	รายการรับ - จ่าย			รายการรับ	งบบุคลากร	รายการจ่าย		รวม
			รับ	จ่าย	คงเหลือ			คงเหลือรับ	งบดำเนินงาน	
5 ก.ค. 59	บริษัท สมาร์ทคอม เพอร์วิส จำกัด	187873						34,154.40		34,154.40
12 ก.ค. 59	แอตวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590806003						25,400.00		25,400.00
9 ส.ค. 59	บริษัท ญัฐพงษ์ เทคโนโลยีแอนด์เซอร์วิส จำกัด	23B/16080621						5,272.00		5,272.00
9 ส.ค. 59	บริษัท อีเลคทรอนิคส์ ซอร์ซ จำกัด	731/0936						940.96		940.96
9 ส.ค. 59	บริษัท พาร์ท ซัพพลาย จำกัด	เลขที่1385เลขที่6922						750.00		750.00
15 ส.ค. 59	แอตวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590815001						22,720.00		22,720.00
17 ส.ค. 59	บริษัท สมาร์ทคอม เพอร์วิส จำกัด	188047						48,759.90		48,759.90
25 ส.ค. 59	บริษัท สมาร์ทคอม เพอร์วิส จำกัด	188095						46,357.75		46,357.75
	รวมครั้งที่ 1							424,809.68		424,809.68
	ครั้งที่ 2									
4 ก.ย. 59	บริษัท สมาร์ทคอม เพอร์วิส จำกัด	188143						36,310.45		36,310.45
7 ก.ย. 59	แอตวานซ์ แมททีเรียล เซอร์วิส	SD590907001						38,750.00		38,750.00
12 ก.ย. 59	บริษัท รัมส์ซัพพลาย	E161238						3,739.65		3,739.65
	รวมครั้งที่ 2							78,800.10		78,800.10
	ครั้งที่ 3									
	รวมครั้งที่ 3									
	ครั้งที่ 4									
	รวมครั้งที่ 4									

บันทึกรายการรับ-จ่ายเงิน โครงการวิจัย ตัญญาเอตที่A118-59-005..... ตั้งแต่วันที่1 ตุลาคม 2558..... ถึงวันที่28 มีนาคม 2560.....

แหล่งทุน: งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2559

ชื่อโครงการ : การพัฒนาระบบตรวจสอบการเปลี่ยนแปลงของอะพลาติอซินในธัญพืชโดยใช้แสงอัลตราไวโอเล็ต

ชื่อหัวหน้าโครงการ: นาย อภิชาติ ฤกษ์รัตน์

ว/ด/ป	รายการ	เลขที่อ้างถึง	รายการรับ - จ่าย		รายการรับ	งบบุคลากร	รายจ่าย		งบลงทุน	รวม
			รับ	จ่าย			งบค่าปฏิบัติงาน	งบลงทุน		
	รวมครั้งที่ 4									

ลงชื่อหัวหน้าโครงการ:

วันที่28 มีนาคม 2560.....



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ง
ข้อมูลประวัติผู้วิจัย

1. ชื่อ-สกุล (ภาษาไทย) นายอภิไนย์ ฤกษ์รัตน์
(ภาษาอังกฤษ) Mr. Apinai Rerkratn

2. ตำแหน่งปัจจุบัน อาจารย์

3. หน่วยงานที่สังกัดและที่อยู่ติดต่อได้สะดวก

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-329-8347 โทรสาร 02-329-8349

E-mail : apinai@yahoo.com

4. ประวัติการศึกษา

วุฒิ	ปี พ.ศ. ที่จบ	ชื่อสถานศึกษา
วิศวกรรมศาสตรดุษฎีบัณฑิต วศ.ด. (วิศวกรรมไฟฟ้า)	2556	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต วศ.ม. (วิศวกรรมไฟฟ้า)	2545	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต วศ.บ. (วิศวกรรมโทรคมนาคม)	2541	สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

5. สาขาวิชาการที่มีความชำนาญพิเศษ

ด้านวงจรอิเล็กทรอนิกส์, ระบบเครื่องมือวัดและควบคุม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้