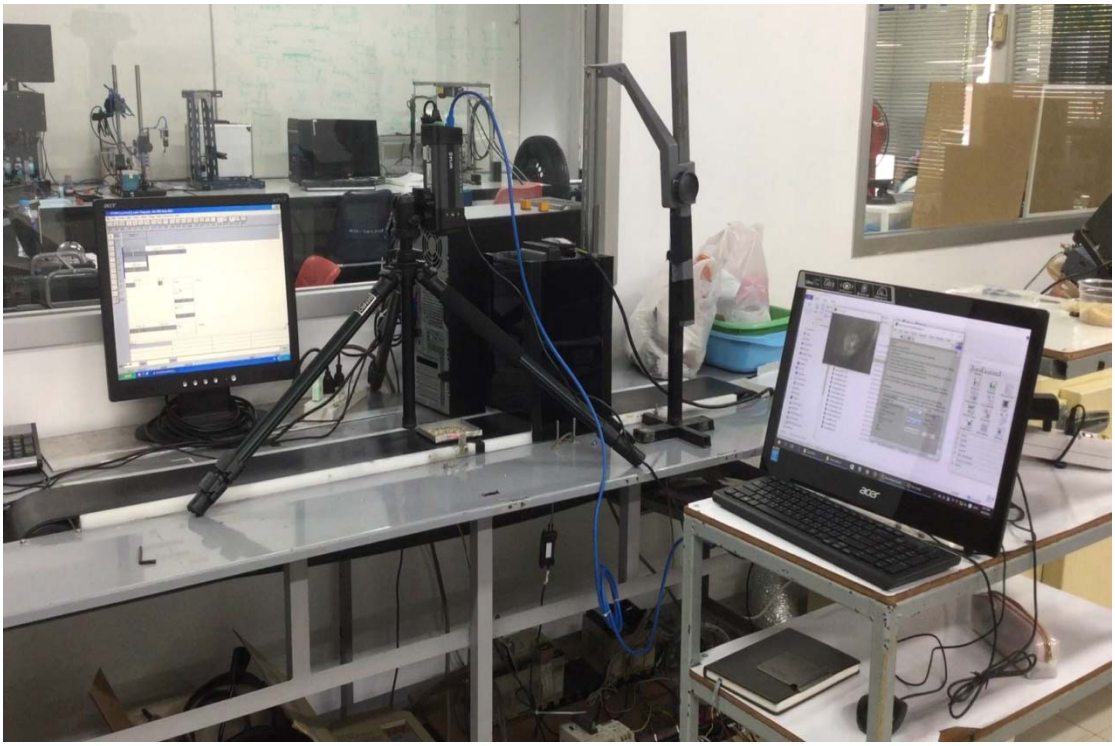
# บทที่ 3
# วิธีดำเนินการวิจัย

ในบทนี้กล่าวถึงขั้นตอนการศึกษาเกี่ยวกับการออกแบบชุดทดลองการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนในเมล็ดพืช โดยยกตัวอย่าง ข้าวเป็นกรณีศึกษา การหาเวลาที่เหมาะสมในการกระตุ้นความร้อน การหาเวลาที่เหมาะสมในการตรวจจับภาพถ่ายความร้อน วิธีการประมวลผลภาพ 2 มิติ วิธีการประมวลผลภาพถ่ายความร้อน วิธีการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนในข้าว รวมทั้งการทดสอบประสิทธิภาพการทำงานของระบบตรวจจับ การออกแบบชุดกำเนิดความร้อนพร้อมระบบควบคุม และชุดการวิเคราะห์ภาพ โดยเนื้อหาประกอบด้วย ชุดอุปกรณ์และตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองนำมาทดลองของระบบการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในข้าว

## 3.1 ชุดอุปกรณ์และตัวอย่างที่ใช้ในการทดลอง

### 3.1.1 ชุดอุปกรณ์

ชุดการทดลองของระบบการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในข้าวประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ชุดกำเนิดความร้อนพร้อมระบบควบคุม และชุดการวิเคราะห์ภาพ แสดงดังภาพที่ 3.1



**ภาพที่ 3.1** ระบบการทดลองการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในข้าว

### 3.1.1.1 ชุดกำเนิดความร้อนพร้อมระบบควบคุม

ชุดกำเนิดความร้อนพร้อมระบบควบคุมประกอบด้วยสายพานลำเลียง (ภาพที่ 3.2) กลุ่มตัวอย่างที่นำมาวิเคราะห์เคลื่อนที่โดยมอเตอร์ยี่ห้อ nissei รุ่น GLM-18 (ภาพที่ 3.3) ที่ควบคุมการทำงานด้วยเครื่องควบคุมแบบตรรกที่โปรแกรมได้ (Programable logic Controller; PLC) ยี่ห้อ Omron รุ่น C200HX (ภาพที่ 3.4) ซึ่งมีสัญญาณขาเข้า (Input) คือ เซนเซอร์แสง ยี่ห้อ Omron รุ่น E3X-DA11 (ภาพที่ 3.5) และสัญญาณขาออก คือ หลอดไฟ halogen 50-60 Hz 100W 200-240 VAC ที่ใช้เป็นแหล่งให้ความร้อนกับตัวอย่าง (ภาพที่ 3.6) และอินเวอร์เตอร์ ทำหน้าที่แปลงแรงดันไฟฟ้า 1 เฟส ให้เป็นแรงดันไฟฟ้า 3 เฟส โดยใช้ในการควบคุมความเร็วของมอเตอร์กระแสสลับ (ภาพที่ 3.7)

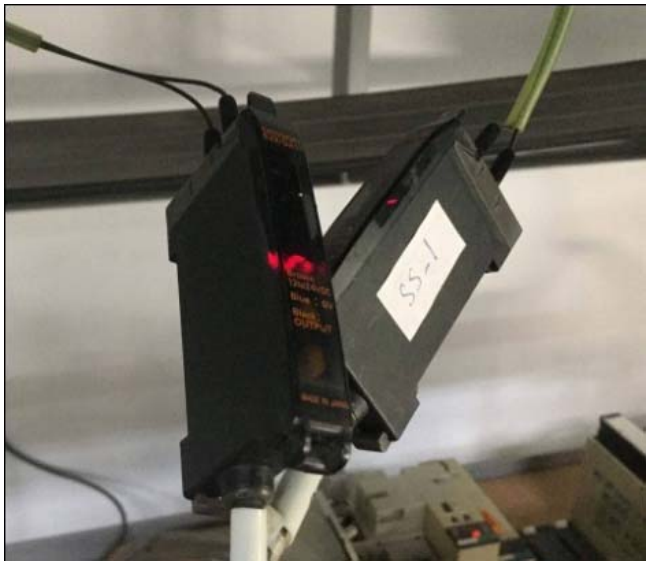
**ภาพที่ 3.2** สายพานลำเลียง

ข้อมูลทางเทคนิคของมอเตอร์ รุ่น GLM-18

1. ขนาดแรงดันไฟฟ้า 380 V
2. กระแส 0.58 A
3. ความถี่ 60 Hz
4. จำนวนขั้วมอเตอร์ 4 ขั้ว

**ภาพที่ 3.3** มอเตอร์ รุ่น GLM-18

**ภาพที่ 3.4** พีแอลซี (PLC) Omron รุ่น C200HX



**ภาพที่ 3.5** เซนเซอร์แสง รุ่น E3X-DA11

**ภาพที่ 3.6** หลอดไฟ halogen 50-60 Hz

ข้อมูลทางเทคนิคของอินเวอร์เตอร์ รุ่น 3G3IV-A2004-V2

1. Rate unit power (400 VAC Supply) 1.4 kVA
2. Max rate motor (400 VAC Supply) 0.4 kW
3. Rate unit current 1.9 A
4. Max unit current 3.2 A
5. INPUT : AC 3PH 200 to 220V / 50 Hz
6. OUTPUT : AC 3PH 0 to 230V 1.4 kVA 3.6A

**ภาพที่ 3.7** อินเวอร์เตอร์ รุ่น 3G3IV-A2004-V2

**3.1.1.2 ชุดการวิเคราะห์ภาพ**

ในการทดลองและวิเคราะห์ภาพโดยใช้ระบบภาพแบบ gray scale เมื่อตัวอย่างได้รับความร้อนจากระบบให้ความร้อน จากนั้นใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน FLIR รุ่น A315 (ภาพที่ 3.7) ซึ่งมีความละเอียด 320 x 240 พิกเซล รับรังสีอินฟราเรดในช่วงความยาวคลื่น 7.5-14 μm ช่วงการวัดอุณหภูมิ –20°C ถึง 350°C ความไวต่ออุณหภูมิ (Thermal sensitivity) เท่ากับ <0.05°C @+30°C/50 mK ค่า FOV เท่ากับ 25°H x 18.8°H ค่า IFOV เท่ากับ 3.16 mRad และความถูกต้องของการวัดเท่ากับ ±2°C ทำการถ่ายภาพวัตถุตัวอย่าง ซึ่งภาพที่ได้จากกล้องถ่ายภาพความร้อนจะมีลักษณะภาพที่เป็นเฉดสีต่างๆ จากนั้นนำภาพมาเข้าคอมพิวเตอร์ (ภาพที่ 3.8) เพื่อปรับภาพให้เป็น gray scale ผ่านซอฟแวร์ ThermaCAM และนำมาประมวลผลภาพผ่านโปรแกรมที่พัฒนาขึ้นด้วยซอฟแวร์ LabVIEW 2014

**ภาพที่ 3.8** กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal Camera) FLIR รุ่น A315

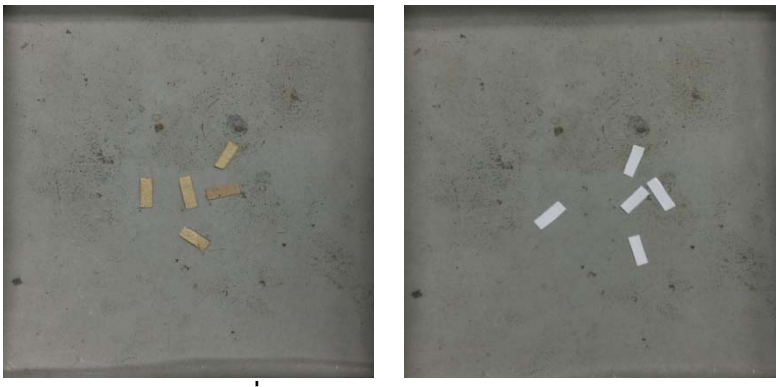
**ภาพที่ 3.9** คอมพิวเตอร์ประมวลผล (Computer Vision System) ด้วยซอฟแวร์ LabVIEW 2014

**3.1.2 ตัวอย่างและสิ่งแปลกปลอมที่ใช้ในการทดลอง (Sample and Foreign Bodies)**

ในการทำการทดลองได้ทำการทดลองโดยใช้เมล็ดข้าว คือ ข้าวกล้อง โดยกำหนดสิ่งแปลกปลอมขึ้นมาได้แก่ เศษไม้ ก้อนหิน เศษกระดาษ และพลาสติก (ภาพที่ 3.9-3.11)

**ภาพที่ 3.10** ข้าวกล้อง

**ภาพที่ 3.11** เศษไม้, ก้อนหิน



**ภาพที่ 3.12** เศษกระดาษ, พลาสติก

**3.2 การหาเวลาสำหรับการถ่ายภาพความร้อนเพื่อตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม**

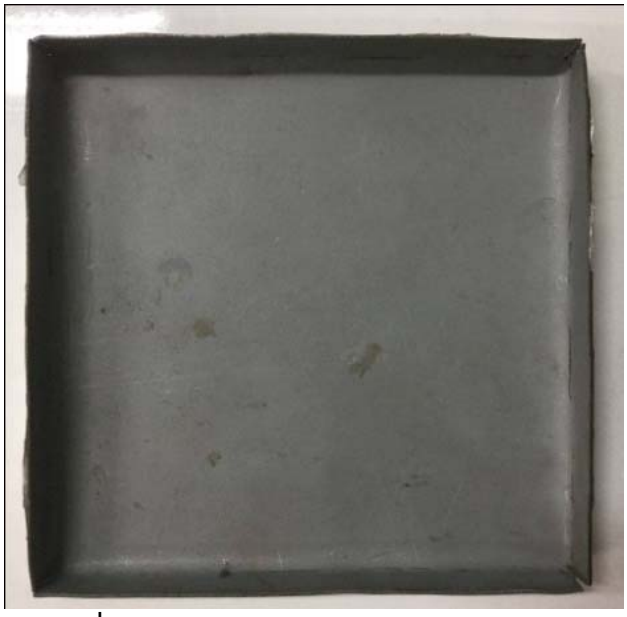
การหาเวลาสำหรับการถ่ายภาพความร้อนเพื่อตรวจสอบสิ่งแปลกปลอม เป็นขั้นตอนการถ่ายภาพหลังจากที่ข้าวได้รับความร้อน เพื่อให้ได้ภาพถ่ายความร้อนที่สามารถตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมได้ ทำได้โดยการเตรียมข้าวและสิ่งแปลกปลอม ข้าวกล้อง เศษไม้ ก้อนหิน เศษกระดาษ และพลาสติก เรียงลงในถาดทดลอง ดังภาพที่ 3.12 และให้ความร้อนเป็นเวลา 10 วินาที จากนั้นทิ้งตัวอย่างคายความร้อนเป็นเวลา 10 วินาที พร้อมทั้งใช้กล้องถ่ายภาพความร้อนบันทึกภาพในรูปแบบของไฟล์วีดิโอ ตลอดระยะเวลาการคายความร้อนตั้งแต่วินาทีที่ 0 จนถึงวินาทีที่ 10 ซึ่งทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ จากนั้นนำไฟล์วีดีโอที่ได้มาตัดภาพตั้งแต่เวลาเวลาวินาที 4 เป็นต้นไปในช่วงการคายความร้อน ตัดภาพทุกๆวินาที และนำภาพที่ได้หาค่าอุณหภูมิ เพื่อหาเวลาในการคายความร้อนที่สามารถตรวจสอบสิ่งแปลกปลอมกับข้าวได้

**ภาพที่ 3.13** การเรียงข้าวและสิ่งแปลกปลอมในถาดทดลอง

**3.3 การทำงานของระบบและโปรแกรมการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมาในข้าวด้วยเทคนิคแอคทีฟเทอร์โมกราฟฟี**

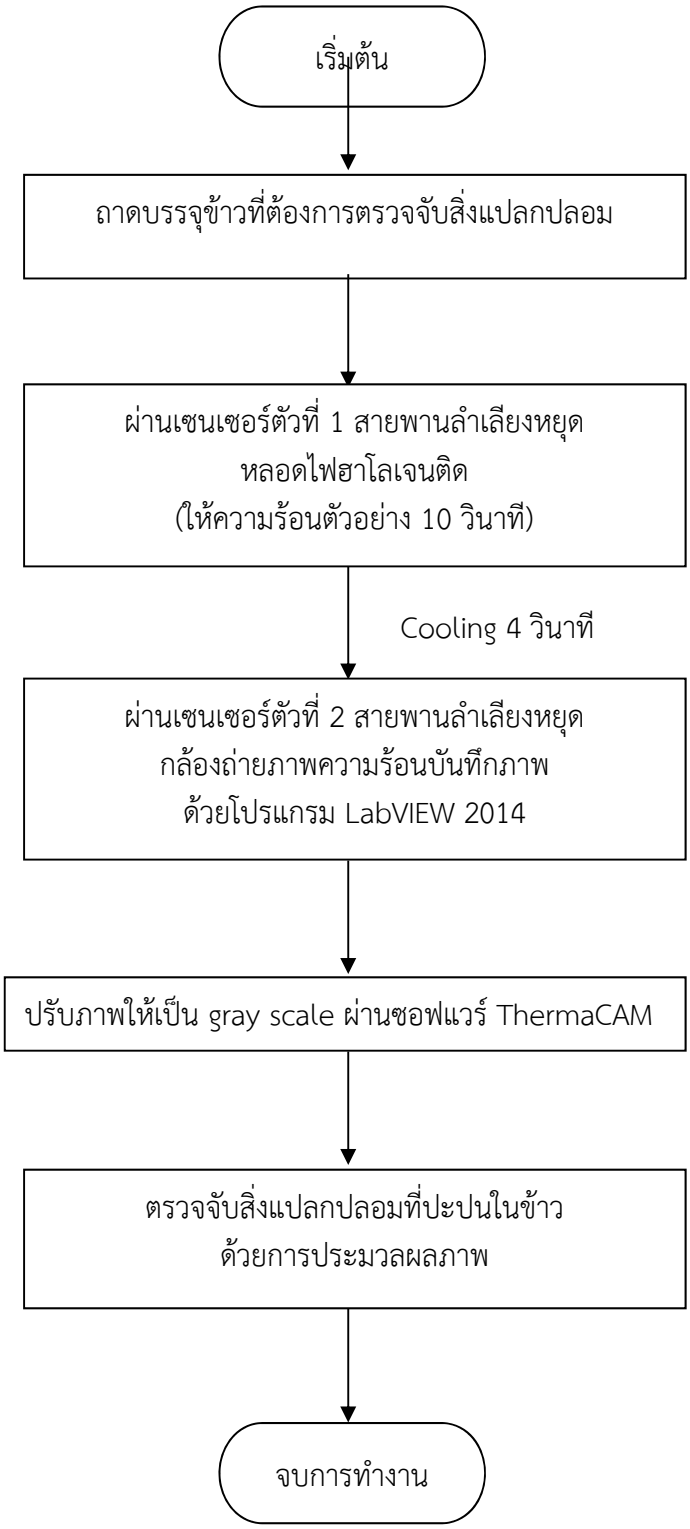
**3.3.1 ระบบการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับข้าว**

ในการทดลองได้นำตัวอย่างของเมล็ดข้าว คือ ข้าวกล้อง และกำหนดสิ่งแปลกปลอมขึ้นมา ได้แก่ เศษไม้ ก้อนหิน เศษกระดาษ และพลาสติก โดยในการทดลองกำหนดให้ชิ้นทดสอบของข้าวและสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนกันวางอยู่ในถาดทดลองขนาด 10 x 10 เซนติเมตร (ภาพที่ 3.13) จำนวน 30 ชิ้นทดสอบ วางถาดทดลองบนสายพานซึ่งเคลื่อนที่ด้วยมอเตอร์ที่ถูกควบคุมจาก PLC ถาดทดลองเคลื่อนบนสายพานจนกระทั่งเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 ซึ่งเป็นตำแหน่งของแหล่งกำเนิดแสง ความร้อน (halogen lamp) ตรวจจับได้ จากนั้นสายพานหยุดเพื่อให้ความร้อน 10 วินาที ถาดกลุ่มตัวอย่างเคลื่อนที่จากตำแหน่งเซ็นเซอร์ตัวที่ 1 ไปยังเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 ซึ่งเป็นตำแหน่งตั้งกล้องถ่ายภาพความร้อน โดยใช้เวลา 4 วินาที ซึ่งเป็นช่วงเย็นตัว (cooling) ของกลุ่มตัวอย่าง เมื่อเซ็นเซอร์ตัวที่ 2 ตรวจจับถาดได้สายพานจะหยุด 7 วินาที เพื่อให้กล้องถ่ายภาพความร้อนทำการจับภาพกลุ่มตัวอย่าง



**ภาพที่ 3.14** ถาดทดลองขนาด 10 x 10 เซนติเมตร

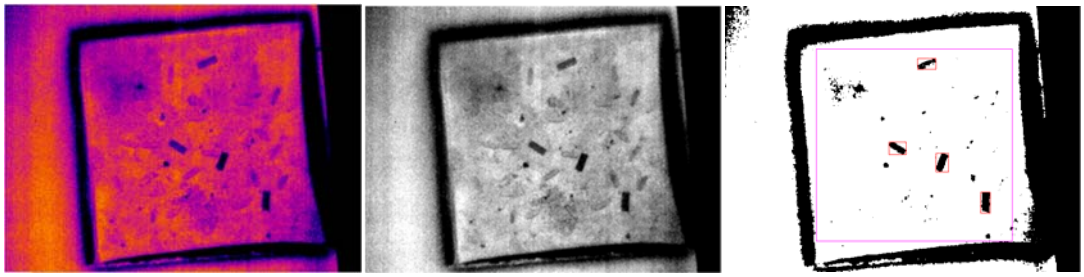
จากนั้นภาพกลุ่มตัวอย่างที่ตรวจจับได้จากกล้องถ่ายภาความร้อน FLIR รุ่นA315/A615 จะมีสีที่แตกต่างกัน เนื่องจากคุณสมบัติการแผ่รังสีที่แตกต่างกันของวัตถุ บันทึกภาพด้วยโปรแกรม LabVIEW 2014 และจากนั้นปรับภาพให้เป็น gray scale ผ่านซอฟแวร์ ThermaCAM โดยปรับ level และ span ให้ภาพมีความชัดมากที่สุด และจึงนำภาพมาวิเคราะห์หาจำนวนสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมาในข้าว ซึ่งอัลกอลิทึมจะมีการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนในข้าวด้วยเทคนิคแอคทีฟเทอร์โมกราฟฟี แสดงดังภาพที่ 3.14



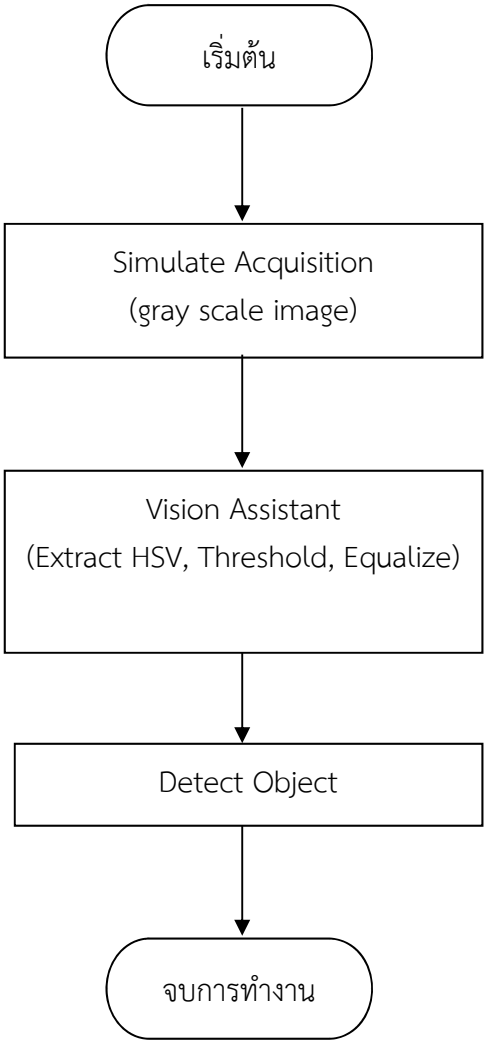

**ภาพที่ 3.15** การทำงานของระบบการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนในข้าว
ด้วยเทคนิคแอคทีฟเทอร์โมกราฟฟี

### 3.3.2 โปรแกรมการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมากับข้าว

การทดลองโปรแกรมการตรวจจับสิ่งแปลกปลอมที่ปะปนมาในข้าวด้วยซอฟแวร์ Vision Builder AI 2013 SP1 ของ LabView 2014 โดยนำภาพถ่ายทางความร้อนที่ได้มาทำให้เป็น gray scale ด้วยโปรแกรม ThermaCAM ซึ่งข้าว คือ ข้าวกล้อง และสิ่งแปลกปลอมที่กำหนดเศษไม้ ก้อนหิน เศษกระดาษ และพลาสติก โดยจะใส่ข้าวลงไป 29 เม็ด จากนั้นใส่สิ่งแปลกปลอมลงไป 1 ชิ้น วางกระจายกัน จากนั้นทำการทดลองเช่นเดียวกัน โดยเพิ่มสิ่งแปลกปลอมเป็น 2, 3, 4 และ 5 ชิ้น และลดข้าวเหลือ 28, 27, 26 และ 25 ชิ้นตามลำดับ และทำการวิเคราะห์ผ่านระบบตรวจจับสิ่งแปลกปลอม โดยภาพที่เป็นแบบ gray scale จะแบ่งออกเป็น 256 ระดับ (0-255) จากนั้นอัลกอลิทึม Threshold โดยจะทำภาพให้เหลือเพียงสองสี หลังจากนั้นอัลกอลิทึม Equalize จะทำให้ภาพเป็นสีขาวดำ และสุดท้ายคือการ Detect Object โดยจะเป็นการนับจำนวนสิ่งแปลกปลอมที่พบ แสดงดังภาพที่ 3.18



**ภาพที่ 3.16** ภาพถ่ายความร้อน, ภาพ gray scale, Detect Object




**ภาพที่ 3.17** อัลกอริทึมซอฟแวร์การตรวจจับสิ่งแปลกปลอมในข้าว
ด้วยเทคนิคแอคทีฟเทอร์โมกราฟฟี