

รายงานการวิจัย

การพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
System Development for Quality Inspection of Meat Using Image Processing



นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณแผ่นดินประจำปีงบประมาณ 2554

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

12601822

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) “การพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ”

ชื่อโครงการ(ภาษาอังกฤษ) “System Development for Quality Inspection of Meat Using Image Processing”

แหล่งเงิน งบประมาณแผ่นดิน

ประจำปีงบประมาณ 2554 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 495,000.- บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ ตุลาคม 2553 ถึง กันยายน 2554

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ นาย อภินัย ฤกษ์รัตน์

สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ถนนฉลองกรุง เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-739-0758 โทรสาร 02-739-0758

E-mail : krainai@kmitl.ac.th

คำสำคัญ : การตรวจสอบคุณภาพ, เนื้อสัตว์, การประมวลผลภาพ

(Keywords) : Quality Inspection, Meat, Image Processing

บทคัดย่อ

โครงการวิจัยนี้นำเสนอการพัฒนา ระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ โดยระบบที่สร้างขึ้นมาจะประกอบไปด้วย ระบบสายพานลำเลียง แหล่งกำเนิดแสง กล้อง CCD วงจรอิเล็กทรอนิกส์ การ์ดอินเตอร์เฟส และคอมพิวเตอร์ โดยอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพจะอาศัยอัลกอริทึมแบบเคมีน(K-means clustering) มาทำการประมวลผลภาพในการแยกภาพเนื้อและไขมันออกจากกัน จากนั้นจึงนำภาพที่ได้มาทำการหาพื้นที่ของเนื้อและไขมันเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพของเนื้อที่นำมาทดสอบ จากการทดสอบระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่สร้างขึ้นมาสามารถแยกภาพเนื้อและไขมันออกจากกันเพื่อนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเนื้อที่นำมาทดสอบได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Abstract

This research project presents the development of quality inspection system of meat using image processing. The proposed system consists of conveyor system, light source, CCD Camera, electronic circuits, interface card and computer. K-means algorithm is used for image processing of separation fat and not-fat in meat. The obtained image segments are used to calculate area of fat and non-fat for quality assessment of meat based on percentage of fat and non-fat area. In experimental with different shape of meat showing the proposed system can evaluate quality of test meat.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ดี ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณในความช่วยเหลือเป็นอย่างมาก จาก อาจารย์และเจ้าหน้าที่สาขาวิชาวิศวกรรมการวัดและควบคุมคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ทั้งทางด้านเครื่องมือ อุปกรณ์ ตลอดจนคำแนะนำ และเอื้อเฟื้อข้อมูลต่างๆ สำหรับใช้ในการเขียนรายงานโครงการวิจัย

สุดท้ายนี้ขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่สนับสนุนเครื่องมือ อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำโครงการวิจัยครั้งนี้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อ.....	I
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญรูป.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย.....	1
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย.....	1
1.3 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวความคิดของโครงการวิจัย.....	2
1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ (Information) ที่เกี่ยวข้อง.....	4
1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์.....	4
1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย.....	5
1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล.....	5
1.8 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย.....	6
บทที่ 2 คุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์.....	7
2.1 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการแบ่งเกรดเนื้อ.....	7
2.1.1 อายุของสัตว์.....	7
2.1.2 ไขมันแทรก.....	8
2.1.3 ความแน่น.....	8
2.1.4 สีของเนื้อสัตว์.....	9
2.1.5 อัตราส่วนขององค์ประกอบภายในซาก.....	9
2.2 การแบ่งเกรดเนื้อโค.....	9
2.2.1 เกรดคุณภาพซาก.....	9
2.2.2 เกรดผลผลิต.....	10
2.3 การแบ่งเกรดเนื้อสุกร.....	12
2.3.1 การแบ่งเกรดโดยใช้คุณภาพที่บ่งลักษณะของเนื้อแดง.....	12
2.3.2 การแบ่งเกรดโดยใช้ปริมาณเนื้อแดงในซาก.....	13

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

	หน้า
บทที่ 3 ระบบเก็บข้อมูลภาพ.....	18
3.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ.....	19
3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพาน และคัดแยกชิ้นเนื้อ.....	23
3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล.....	25
3.4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน.....	28
3.5 การ์ดอินเตอร์เฟซ (Interface Card).....	32
บทที่ 4 การทดสอบระบบ.....	33
4.1 การทดสอบวงจรวงจรวจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์ สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ.....	33
4.2 การทดสอบวงจรวจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบน สายพาน.....	33
4.3 การทดสอบโปรแกรมในการประมวลผลภาพ.....	33
4.3.1 ส่วนของโปรแกรมในการแยกองค์ประกอบของภาพถ่ายเนื้อสัตว์.....	34
4.3.2 ส่วนของโปรแกรมในการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของ ภาพถ่ายเนื้อสัตว์.....	36
บทที่ 5 บทสรุป.....	55
เอกสารอ้างอิง.....	56

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 แสดงเกรดที่แบ่งโดยใช้ปริมาณของซากเป็นหลัก.....	12
2.2 ผลผลิตที่คาดว่าจะได้จาก 4 ชั้นส่วนใหญ่ของซากสุกเกรดต่างๆ.....	13
5.1 ขนาดของเนื้อ ขนาดของไขมัน และค่าความผิดพลาด(Error) ของรูปถ่ายเนื้อสัตว์ใน Case ต่างๆ..	54



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่	หน้า
1.1 ระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ.....	2
1.2 ขั้นตอนในการประมวลผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์.....	3
2.1 แสดงไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ.....	8
2.2 แสดงตัวอย่างเครื่องหมาย.....	9
2.3 แสดงการวัดพื้นที่หน้าตัดของส่วนหลังเหนือกล้ามเนื้อสันนอก.....	11
2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างไขมันส่วนหลัง (back fat) และเกรดของซาก.....	14
2.5 ลักษณะของมาตรฐานสีเนื้อ Beef Color Standard (BCS)[6].....	14
2.6 วงจรลักษณะของมาตรฐานสีไขมัน Beef Fat Standard (BFS) [6].....	14
2.7 ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อ Beef Marbling Standard (BMS) [6].....	15
2.8 ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อ [7].....	15
2.9 ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อริบอาย(Rib-eye) [8].....	16
2.10 ลักษณะการพิจารณาคุณภาพไขมัน [5]	16
2.11 การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน [5]	17
3.1 ระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ.....	18
3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ.....	20
3.3 แผ่นฟิล์มวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ.....	21
3.4 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ(ด้านลายทองแดง).....	21
3.5 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ(ด้านอุปกรณ์)	21
3.6 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ.....	22
3.7 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยก ชิ้นเนื้อ.....	23
3.8 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุน สายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ.....	23
3.9 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุน สายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ(ด้านลายทองแดง)	24
3.10 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุน สายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ (ด้านอุปกรณ์)	24

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
3.11 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุน สายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ.....	25
3.12 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล.....	25
3.13 แผ่นฟิล์มวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล.....	26
3.14 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล(ด้านลายทองแดง)	26
3.15 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล(ด้านอุปกรณ์)	27
3.16 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล.....	27
3.17 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน.....	28
3.18 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน.....	29
3.19 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน (ด้านลายทองแดง).....	29
3.20 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน (ด้านอุปกรณ์).....	30
3.21 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน.....	30
3.22 ลักษณะโครงสร้างของระบบสายพานลำเลียงที่จะทำสร้าง.....	31
3.23 ต้นแบบระบบสายพานลำเลียงเนื้อสัตว์สำหรับระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้ เทคนิคการประมวลผลภาพ.....	31
3.24 การ์ดอินเตอร์เฟซของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009.....	32
5.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการแยกองค์ประกอบของเนื้อสัตว์.....	34
5.2 ภาพของเนื้อสัตว์ทั้งหมด.....	35
5.3 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของเนื้อ.....	35
5.4 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของไขมัน.....	35
5.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของเนื้อสัตว์.....	36
5.6 ภาพของเนื้อสัตว์ทั้งหมดในการนำไปคำนวณหาพื้นที่.....	37
5.7 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของเนื้อในการนำไปคำนวณหาพื้นที่.....	37
5.8 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของไขมันในการนำไปคำนวณหาพื้นที่.....	37
5.9 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 1)	38
5.10 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 1).....	38
5.11 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 1)	38

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.12	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 2).....39
5.13	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 2)39
5.14	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 2)39
5.15	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 3).....40
5.16	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 3)40
5.17	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 3)40
5.18	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 4).....41
5.19	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 4)41
5.20	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 4)41
5.21	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 5).....42
5.22	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 5)42
5.23	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 5)42
5.24	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 6).....43
5.25	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 6)43
5.26	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 6)43
5.27	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 7).....44
5.28	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 7)44
5.29	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 7)44
5.30	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 8).....45
5.31	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 8)45
5.32	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 8)45
5.33	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 9).....46
5.34	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 9)46
5.35	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 9)46
5.36	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 10).....47
5.37	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 10)47
5.38	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 10)47
5.39	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 11).....48
5.40	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 11)48

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป(ต่อ)

รูปที่	หน้า
5.41	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 11)48
5.42	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 12).....49
5.43	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 12)49
5.44	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 12)49
5.45	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 13).....50
5.46	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 13)50
5.47	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 13)50
5.48	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 14).....51
5.49	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 14)51
5.50	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 14)51
5.51	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 15).....52
5.52	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 15)52
5.53	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 15)52
5.54	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 16).....53
5.55	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 16)53
5.56	ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 16)53

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมการแปรรูปเนื้อสัตว์ส่งออกเป็นอุตสาหกรรมหนึ่งที่ทำรายได้เข้าประเทศปีหนึ่งๆหลายหมื่นล้านบาท สำหรับการผลิตเนื้อสัตว์ให้ได้คุณภาพดีนับว่าเป็นสิ่งที่ผู้ผลิต ผู้บริโภค หรือแม้แต่กระทั่งผู้แปรรูปเนื้อสัตว์ต่างให้ความสำคัญมากขึ้น เพราะนอกจากจะเป็นตัวกำหนดราคาแล้ว ยังส่งผลต่อการผลิตเนื้อสัตว์ที่มีคุณภาพสูง และต้นทุนต่ำลง ทำให้สามารถแข่งขันในธุรกิจเชิงพาณิชย์ได้เป็นอย่างดี ซึ่งในปัจจุบันนี้ การแข่งขันทางการค้าค่อนข้างรุนแรง และมีเสรีมากขึ้น ดังนั้นย่อมหลีกเลี่ยงกระแสของการแข่งขันในการพัฒนาตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ไม่ได้ สำหรับปัญหาอย่างหนึ่งในการแปรรูปเนื้อสัตว์ต่างๆก็คือ การคัดแยกประเภทและคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ[1-5] เนื่องจากในเนื้อสัตว์จะประกอบไปด้วยส่วนประกอบต่างๆที่มีลักษณะแตกต่างกัน เช่น สีของเนื้อสัตว์ ปริมาณไขมัน ปริมาณกระดูก หรือปริมาณเนื้อ เป็นต้น ซึ่งปริมาณขององค์ประกอบที่กล่าวมานี้จะใช้เป็นตัวบ่งบอกคุณภาพเนื้อสัตว์ นอกจากนี้คุณภาพเนื้อสัตว์ยังมีผลกระทบจากกรรมวิธีในการขนส่งสัตว์เข้าโรงฆ่าสัตว์เพื่อทำการชำแหละ ตลอดจนวิธีการชำแหละ ซึ่งก่อให้เกิดบาดแผลต่างๆที่เกิดขึ้นได้ในระหว่างการทำให้สัตว์สลบหรือบาดแผลที่เกิดจากขบวนการฆ่า เช่น กระดูกแตก เกิดจุดเลือด ซึ่งส่งผลต่อคุณภาพเนื้อสัตว์ ด้วยเหตุนี้จึงต้องมีการใช้แรงงานคนในการตรวจสอบและคัดแยกเนื้อสัตว์ที่ไม่ได้คุณภาพออกไป ทำให้สูญเสียเวลา แรงงานและค่าใช้จ่ายในการคัดแยกและตรวจสอบผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่างๆก่อนที่จะทำการบรรจุลงในบรรจุภัณฑ์ต่างๆ

จากปัญหาดังที่กล่าวมา ทางผู้วิจัยจึงมีแนวความคิดที่จะทำการพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ โดยใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเนื้อสัตว์ก่อนที่จะส่งลงบรรจุภัณฑ์

1.1 วัตถุประสงค์ของโครงการวิจัย

1. พัฒนาด้านแบบการพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพโดยใช้เทคโนโลยีและวัสดุภายในประเทศ เพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ ก่อนที่จะทำการบรรจุลงบรรจุภัณฑ์
2. พัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ โดยใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพ
3. พัฒนาเทคโนโลยีในการตรวจสอบแบบไม่ทำลาย

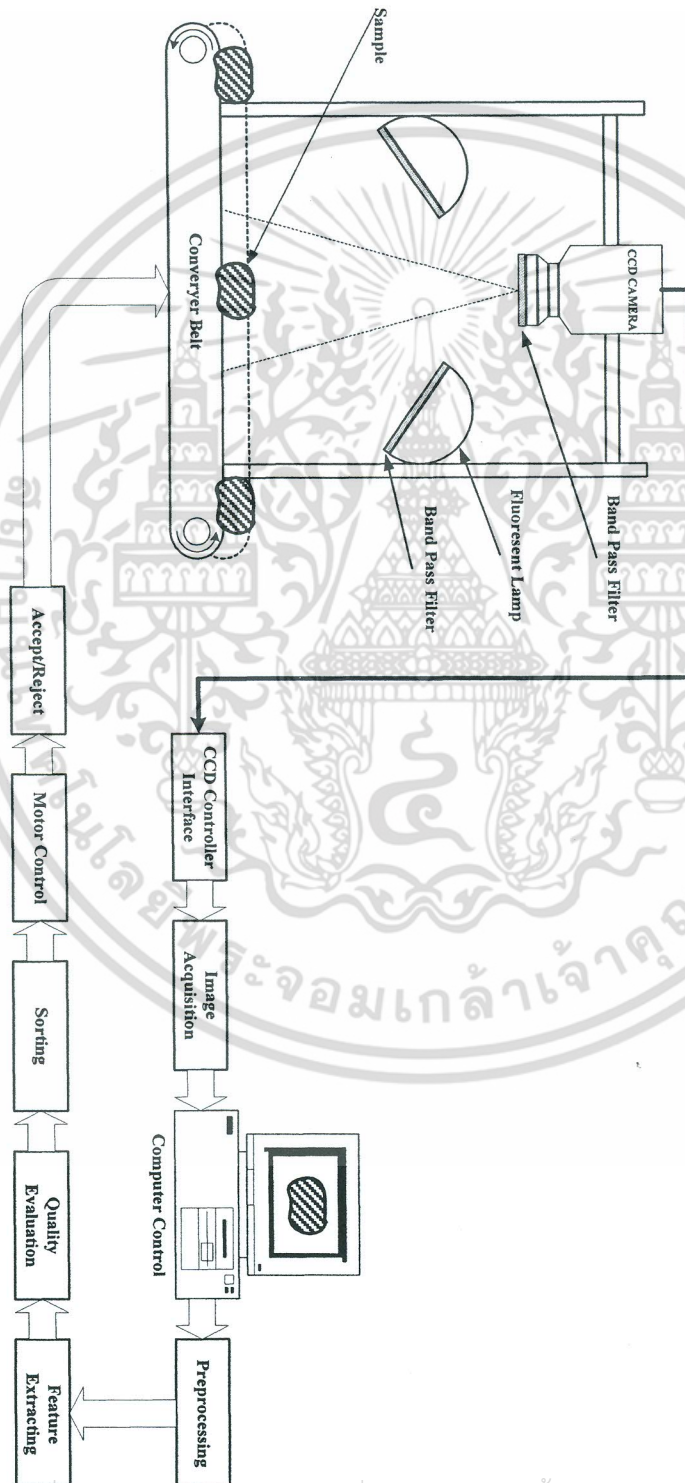
1.2 ขอบเขตของโครงการวิจัย

โครงการวิจัยนี้เป็นการพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ โดยใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเนื้อสัตว์ก่อนที่จะส่งลงบรรจุภัณฑ์

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1.3 ทฤษฎี สมมติฐานหรือกรอบแนวคิดของโครงการวิจัย

ในโครงการวิจัยนี้กล่าวถึงการพัฒนาต้นแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเนื้อสัตว์ก่อนที่จะส่งลงบรรจุภัณฑ์ สำหรับส่วนประกอบทั้งหมดของระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่จะทำการพัฒนาขึ้นมา สามารถแสดงดังรูปที่ 1.1



รูปที่ 1.1 ระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

จากรูปที่ 1.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware) ที่ใช้ในการถ่ายภาพเนื้อสัตว์ที่นำมาตรวจสอบซึ่งจะประกอบด้วย

1.1 ระบบสายพานลำเลียงเนื้อสัตว์

สำหรับระบบสายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ในการนำเนื้อสัตว์เข้าสู่ตู้สำหรับตรวจสอบเนื้อสัตว์และนำเนื้อสัตว์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วออกไปยังส่วนบรรจุภัณฑ์ โดยการทำงานของสายพานจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ(Interface circuit)

2.2 ตู้ตรวจสอบเนื้อสัตว์

สำหรับตู้ตรวจสอบเนื้อสัตว์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

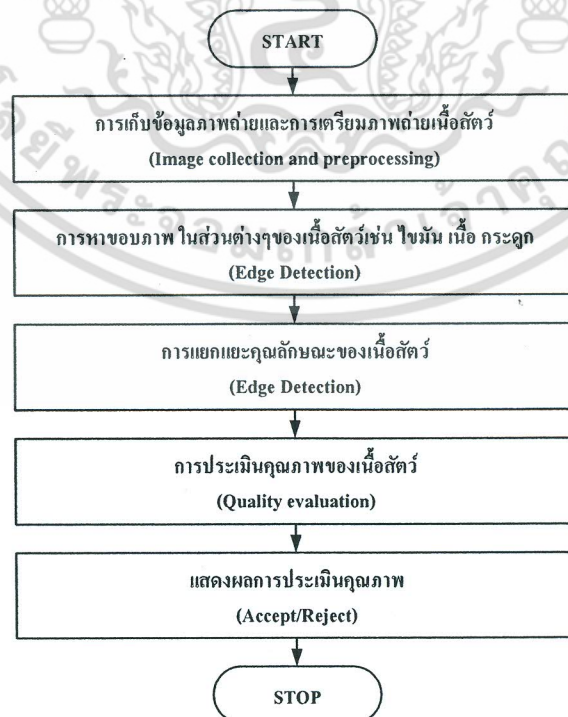
2.2.1 แหล่งกำเนิดแสง(Light source) ที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งจะถูกควบคุมควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ(Interface circuit)

2.2.2 กล้อง CCD (CCD Camera) สำหรับถ่ายภาพชิ้นเนื้อสัตว์

2.2.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของกล้อง CCD, แหล่งกำเนิดแสง และการทำงานของสายพานลำเลียงผ่านวงจรเชื่อมต่อ

2.2.4 คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

2. ส่วนของโปรแกรมในการประมวลผล ซึ่งจะรับข้อมูลรูปภาพที่ถ่ายมาจากกล้อง CCD มาทำการประมวลผลซึ่งประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆดังรูปที่ 1.2



รูปที่ 1.2 ขั้นตอนในการประมวลผลการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี ไม่สามารถนำข้อมูลไปเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากทางมหาวิทยาลัยได้ หากมีข้อสงสัยหรือต้องการข้อมูลเพิ่มเติม กรุณาติดต่อฝ่ายวิชาการ โทร. 02-23243500

จากรูปที่ 2 ขั้นตอนการประมวลผลของโปรแกรมที่จะพัฒนาขึ้นมาจะเริ่มตั้งแต่การนำข้อมูลภาพถ่ายเนื้อสัตว์จากกล้อง CCD มาเตรียมการประมวลผล(Preprocessing) โดยจะทำการลดความละเอียดของภาพ(resolution)ลงเพื่อช่วยลดเวลาในการประมวลผล หลังจากนั้นจะนำภาพที่ได้มาทำการหาขอบภาพในส่วนต่างๆ เช่น ไชมัน เนื้อ กระดูก เป็นต้น เมื่อได้ขอบภาพขององค์ประกอบเนื้อสัตว์ในส่วนต่างๆ ก็จะนำมาทำการประเมินคุณภาพเนื้อสัตว์โดยเทียบกับเกณฑ์ที่ตั้งไว้ หากอยู่ในช่วงที่กำหนดก็จะแสดงผลยอมรับ(Accept)แต่ถ้าต่ำกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ก็จะแสดงผลไม่ยอมรับ(Reject) และทำการส่งสัญญาณควบคุมไปขับมอเตอร์เพื่อคัดชั้นเนื้อสัตว์ที่ตรวจสอบแล้วไม่ได้คุณภาพตามที่ต้องการออกไป

1.4 การทบทวนวรรณกรรม/สารสนเทศ(information)ที่เกี่ยวข้อง

สำหรับการนำเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพผลิตภัณฑ์ได้มีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังตัวอย่างงานวิจัยดังนี้ เช่น การนำเอาเทคโนโลยีการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพ, การจำแนกชนิด และ การวัดขนาดของปลา[2-5], การนำเอาเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจสอบและคัดแยกผลไม้[6-9], การนำเอาเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพมาใช้ในการตรวจสอบและคัดแยกเนื้อสัตว์ต่างๆ[10-13], การนำเอาเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพตรวจสอบคุณภาพอาหาร[14-17] นอกจากนี้ยังมีการนำเอาเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพมาใช้ในการจำแนกชนิดยาเม็ด[18]อีกด้วย จากงานวิจัยทั้งหมดที่กล่าวถึงการนำเอาเทคโนโลยีในการประมวลผลภาพมาประยุกต์ใช้งานในการตรวจสอบคุณภาพต่างๆ ทางผู้วิจัยพบว่าส่วนประกอบที่สำคัญในการนำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพมาใช้งานจะประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 3 อย่างคือ

1. การประมวลผลภาพเบื้องต้น(Preprocessing) และการหาขอบภาพ(edge detection)
2. การแยกคุณลักษณะของภาพ(Feature Extraction)
3. การจำแนกโดยใช้เครือข่ายประสาท(Neural network)

โดยในแต่ละงานวิจัยก็จะใช้รายละเอียดของเทคนิคที่แตกต่างกันออกไป ซึ่งทางผู้วิจัยจะได้ทำการศึกษาข้อดีข้อเสียของแต่ละวิธีแล้วจะทำการเลือกวิธีที่เหมาะสมนำมาใช้ในการออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพต่อไป

1.5 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ และหน่วยงานที่จะนำผลการวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. ต้นแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ ทั้งนี้เพื่อเป็นการประหยัดแรงงานและค่าใช้จ่ายในการตรวจสอบเนื้อสัตว์ก่อนที่จะส่งลงบรรจุภัณฑ์
2. กระตุ้นให้เกิดการทำวิจัยและพัฒนาอุปกรณ์อิเล็กทรอนิกส์โดยใช้เทคโนโลยีและวัสดุภายในประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการพัฒนาระบบตรวจสอบคุณภาพสินค้าทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
4. ช่วยประหยัดแรงงานและเวลาในการใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ

1.6 แผนการถ่ายทอดเทคโนโลยีหรือผลการวิจัยสู่กลุ่มเป้าหมาย

นำเสนอรายงานผลงานวิจัยฉบับสมบูรณ์ พร้อมทั้งนำเสนอบทความวิจัยในสถานที่ต่างๆ และถ่ายทอดเทคโนโลยีในการสร้างระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพแก่บุคคลและหน่วยงานต่างๆ ที่สนใจนำระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพไปใช้งานหรือพัฒนาต่อ เช่น

- นักศึกษา จากมหาวิทยาลัยหรือสถาบันต่างๆ
- นักวิจัยจากหน่วยงานต่างๆ
- หน่วยงานทางภาคเกษตรกรรม
- หน่วยงานทางภาคอุตสาหกรรม
- ผู้สนใจที่จะนำระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพไปประยุกต์ใช้งาน
- ฯลฯ

1.7 วิธีการดำเนินการวิจัย และสถานที่ทำการทดลอง/เก็บข้อมูล

เพื่อให้การวิจัยสร้างระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพสำเร็จรวดเร็วภายในระยะเวลาที่กำหนดประมาณ 12 เดือน จึงขอแบ่งวิธีการวิจัยดังขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของเทคนิคและวิธีการทดลองหลักเกณฑ์ในการการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ต่างๆ
2. ศึกษาข้อมูลเทคนิคในการตรวจสอบคุณภาพโดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
3. ออกแบบและสร้างระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
4. ทดสอบระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา
5. ปรับปรุงคุณภาพของระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่ได้ออกแบบสร้างขึ้นมา
6. สร้างต้นแบบระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ
7. สรุปผลและเขียนรายงานฉบับสมบูรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับสถานที่ในการทำการทดลองและเก็บข้อมูลจะใช้สถานที่ของภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม
 ณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1.8 ระยะเวลาที่ทำการวิจัย และแผนการดำเนินงานตลอดโครงการวิจัย

เริ่มต้นตั้งแต่เดือนตุลาคม 2553 จนถึง กันยายน 2554 ซึ่งจะทำการวิจัยให้เสร็จภายในปีงบประมาณ 2554

แผนการดำเนินการตลอดโครงการวิจัย

ขั้นตอนการดำเนินงาน	งบประมาณปี 2554												
	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. ศึกษาข้อมูลทั่วไปของเทคนิค และวิธีการทดลองจนหลักเกณฑ์ใน การตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ ต่างๆ													
2. ศึกษาข้อมูลเทคนิคในการ ตรวจสอบคุณภาพโดยใช้เทคนิค การประมวลผลภาพ													
3. ออกแบบและสร้างระบบ ตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้ เทคนิคการประมวลผลภาพ													
4. ทดสอบระบบตรวจสอบคุณภาพ เนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการ ประมวลผลภาพที่ได้ ออกแบบสร้างขึ้นมา													
5. ปรับปรุงคุณภาพของระบบ ตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้ เทคนิคการประมวลผลภาพที่ได้ ออกแบบสร้างขึ้นมา													
6. สร้างต้นแบบระบบตรวจสอบ คุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการ ประมวลผลภาพ													
7. สรุปผลและเขียนรายงาน ฉบับสมบูรณ์													

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2

คุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์

สิ่งที่สำคัญในการพัฒนาเทคนิคในการตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์ โดยใช้เทคนิคในการประมวลผลภาพเข้ามาช่วยในการตรวจสอบคุณภาพของเนื้อสัตว์ต่างๆ ก็คือต้องเข้าใจถึงรายละเอียดของคุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์ซึ่งทางผู้วิจัยจะทำการอ้างอิงเนื้อหาจาก[1-5] เป็นหลัก

สำหรับการศึกษาด้านคุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์มีวัตถุประสงค์เพื่อการจัดระดับคุณภาพของผลิตภัณฑ์ให้เป็นมาตรฐานเดียวกัน เมื่อซื้อเนื้อ จะทราบถึงคุณภาพของเนื้อและสามารถแปรรูปหรือประกอบอาหารอย่างถูกต้อง การแบ่งชั้นและจัดระดับเนื้อได้มีการทำกัน มานานในหลายประเทศเนื่องจากช่วยให้มีมาตรฐานในการกำหนดราคาขายและเป็นการกระตุ้นให้ผู้เลี้ยง สัตว์พยายามผลิต เนื้อให้มีคุณภาพดีเพื่อให้ได้ขายในราคาที่ดี แต่ในประเทศไทยนั้นยังไม่มีการจัดระดับเนื้อสัตว์อย่างเป็นทางการ การจัด ระดับเนื้อสัตว์เป็นสิ่งที่ควรเข้าใจเพื่อให้สามารถเลือกเนื้อสัตว์ได้อย่างถูกต้องตามวัตถุประสงค์ ในประเทศสหรัฐอเมริกา แบ่งเกรดของเนื้อสัตว์ตามคุณภาพและปริมาณผลผลิตที่ได้โดยจัดแบ่งเป็นระดับตามเกรดคุณภาพ ซากและเกรดผลผลิต ซึ่งจะได้อีกกล่าวต่อไป

2.1 ปัจจัยที่ใช้พิจารณาในการแบ่งเกรดเนื้อ

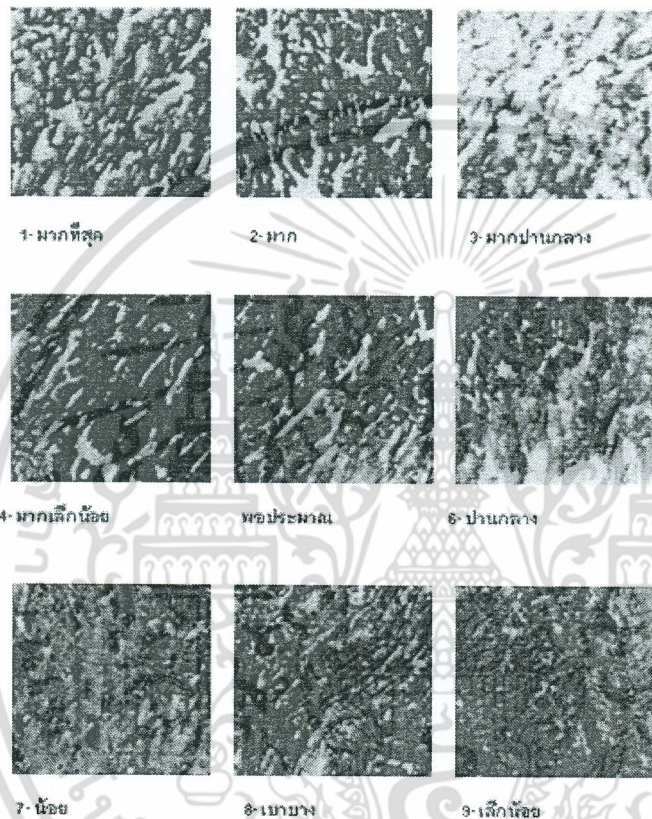
การแบ่งเกรดเนื้อจะถือคุณภาพของซากเป็นหลัก การประเมินคุณภาพซากจะประเมินจากลักษณะที่บ่งถึงความ อร่อยของเนื้อนั้น เช่น ความนุ่ม ความชุ่มน้ำ และรสชาติ เป็นต้น ปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อคุณภาพของเนื้อที่นำมาใช้ประกอบ การแบ่งเกรดมีหลายลักษณะ ได้แก่ อายุของสัตว์ ไขมันแทรก ความแน่น สีของเนื้อสัตว์ และอัตราส่วน ขององค์ประกอบภายในซาก

2.1.1 อายุของสัตว์

อายุของสัตว์เกี่ยวข้องกับความนุ่มและความเหนียวของเนื้อสัตว์ เนื้อที่ได้จากสัตว์ที่มีอายุมากจะเหนียว และ ลักษณะเนื้อหยาบกว่าเนื้อสัตว์ที่อายุน้อยในวัยหนุ่มสาวเนื่องจากสัตว์จะมีเนื้อเยื่อ เกี่ยวพันมากขึ้นตามอายุจึงทำให้มีความเหนียวมากยิ่งขึ้น ส่วนของกระดูกนั้นในสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีส่วนของกระดูกอ่อนมาก แต่หากสัตว์อายุมากขึ้น กระดูกอ่อนจะเปลี่ยนแปลงไปเป็นกระดูกแข็งแทนเนื้อสัตว์ที่มีอายุน้อยจะมีสีแดงอ่อนแต่เมื่อมีอายุมากขึ้นความเข้มขึ้นของ เม็ดสีไมโอ โกลบินจะมากขึ้นทำให้เนื้อมีสีแดงเข้มขึ้น การเปลี่ยนแปลงสีของส่วนเนื้อแดงจึงใช้เป็นดัชนีในการประเมิน อายุของซากได้ ส่วนลักษณะเนื้อสัมผัสเมื่อสัตว์มีอายุน้อยเส้นใยกล้ามเนื้อจะมีขนาดเล็กเมื่อตัดตามขวางกล้ามเนื้อจะมี ลักษณะเรียบละเอียดและเป็นมันจึงมองเห็นเส้นใยกล้ามเนื้อ ไม่ชัดเจน เมื่อสัตว์มีอายุมากขึ้นมัดกล้ามเนื้อจะมีขนาดใหญ่ขึ้นและมีลักษณะหยาบซึ่งมองเห็นได้ชัดเจน

2.1.2 ไขมันแทรก

ไขมันแทรก หมายถึงลักษณะไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อที่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่าอย่างชัดเจน มองเห็น เป็นเส้นเล็กๆ กระจายตัวอยู่ภายในกล้ามเนื้อ ไขมันที่แทรกอยู่ในมัดกล้ามเนื้อนี้ทำให้เนื้อมีความนุ่มขึ้น ช่วยให้หล่อลื่น ในขณะที่เคี้ยวและกลืนเนื้อ และช่วยกระตุ้นการหลั่งน้ำลายจึงทำให้เกิดความรู้สึกชุ่มน้ำอยู่ในปาก เนื้อที่มีไขมัน แทรกอยู่ภายในมัดกล้ามเนื้อได้ดี การแทรกตัวของไขมันอยู่ในกล้ามเนื้อแบ่งได้เป็น 9 ระดับ ดังแสดงในรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 แสดงไขมันแทรกในกล้ามเนื้อ

ที่มา (ดัดแปลงจาก ชัยณรงค์ คันธพนิต, 2529, หน้า 34)

2.1.3 ความแน่น

ความแน่นประเมินได้จากความแน่นของเนื้อพื้นท้อง หรือจากความแน่น ของส่วนผิวหนังของเนื้อแดง ที่เป็นผลจากการมีไขมันแทรกอยู่ในเนื้อ เมื่อนำเนื้อมาแช่เย็นไขมันที่อยู่ชั้นในจะแข็งขึ้นและแข็งกว่าส่วนเนื้อแดง ในซากที่มีไขมันมากจึงแข็งและแน่นกว่าซากที่มีไขมันน้อยหรือที่มีเนื้อแดงมาก และส่วนของเนื้อที่มีปริมาณไขมันแทรก มากก็จะแข็งและแน่นกว่าเนื้อที่มีไขมันแทรกน้อย ความแข็งและแน่นของเนื้อจะช่วยทำให้ส่วนตัดส่วนย่อยของเนื้อ มีลักษณะที่ดีและน่าซื้อไปบริโภค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.1.4 สีของเนื้อสัตว์

สีของเนื้อสัตว์มีผลต่อการยอมรับของผู้บริโภคโดยตรง โดยผู้บริโภคมักไม่ยอมรับเนื้อที่มีสีเข้มมาก เนื้อที่เสื่อมคุณภาพหรือที่ถูกเก็บไว้นาน พบว่า เนื้อที่มีสีเข้มและผิวหนังแห้งจะให้ผลทางด้านความนุ่มรสชาติและ ความชุ่มน้ำ เหมือนเนื้อปกติ ส่วนเนื้อที่มีสีซีดจางผู้บริโภคจะไม่ยอมรับเช่นกัน สำหรับสีของเนื้อสัตว์นั้นจะมีสีตั้งแต่สีชมพูอมเทา จนถึงสีแดงเข้มออกม่วง สีของเนื้อจะแตกต่างกันไปตามประเภทของกล้ามเนื้อสัตว์ขณะมีชีวิตอยู่ ชนิด เพศ และอายุของสัตว์ ตลอดจนการทำงานของกล้ามเนื้อปริมาณเม็ดสีในเลือดและเม็ดสีในกล้ามเนื้อและการเปลี่ยนแปลงของสีภายในกล้ามเนื้อเป็นต้น

2.1.5 อัตราส่วนขององค์ประกอบภายในซาก

อัตราส่วนขององค์ประกอบภายในซากสัตว์ เช่น กล้ามเนื้อ กระดูกและ ไขมันในแต่ละส่วนของซาก จะต้องมีความเหมาะสม และส่วนตัดส่วนย่อยมีคุณภาพดีต้องมีอัตราส่วนขององค์ประกอบภายในซากที่ดีและเหมาะสม โดยมีการกระจายตัวของไขมันภายในและภายนอกรวมทั้งไขมันที่แทรกอยู่ระหว่างกล้ามเนื้ออย่างเหมาะสม

2.2 การแบ่งเกรดเนื้อโค

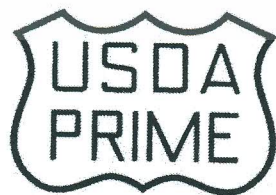
การแบ่งเกรดของเนื้อ โคสามารถแบ่งตามเกรด 2 ชนิด ได้แก่ เกรดคุณภาพซาก (quality grade) และ เกรดผลผลิต (yield grade)

2.2.1 เกรดคุณภาพซาก

เกรดคุณภาพซากเป็นการแบ่งตามคุณภาพด้านต่างๆของเนื้อ การแบ่งเกรดคุณภาพ ของซากตามกระทรวง เกษตรของประเทศสหรัฐอเมริกา (USDA) จะแบ่งได้เป็น 7 เกรด ตั้งแต่คุณภาพดีที่สุดลงไป ได้แก่ ชั้นดีเยี่ยม ชั้นดี ชั้นกลาง ชั้นทั่วไป ชั้นตลาด ชั้นพื้นบ้าน และชั้นคุณภาพต่ำ ดังนี้

1. ชั้นดีเยี่ยม

ชั้นดีเยี่ยม (USDA prime) เป็นชั้นที่ผู้บริโภคยอมรับมากที่สุดและมีความอร่อยมากเป็นชิ้นส่วนที่ได้ จากโคที่ยังอายุน้อย ได้รับการเลี้ยงดูดี ทำให้ได้เนื้อที่มีคุณภาพดีเยี่ยมซึ่งเนื้อจะมีส่วนไขมันแทรก (marbling) อยู่ทั่วไปจึงทำให้เนื้อมีความนุ่ม มีความชุ่มน้ำและรสชาติดี ส่วนขาหลัง คอ และไหล่ก็มีลักษณะดี โดยแสดงเกรดของเนื้อนั้นให้ผู้บริโภคทราบดังรูปที่ 2.2(a)



(a) แสดงเกรดของเนื้อ USDA ชั้นดีเยี่ยม



(b) แสดงเกรดของเนื้อ USDA yield grade

รูปที่ 2.2 แสดงตัวอย่างเครื่องหมาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ (สุจิตรา เลิศพฤกษ์, 2535, หน้า 125) ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ชั้นดี

ชั้นดี (USDA choice) เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคส่วนมาก เนื่องจากเนื้อีคุณภาพสูงแต่มีไขมันน้อยกว่าเนื้อชั้นดีเยี่ยม เนื้อที่ผลิตส่วนใหญ่เมื่อนำมาจัดเกรดแล้วมักอยู่ในชั้นนี้ มักใช้ทำเนื้ออบและสะเต็กโดยเฉพาะจาก ส่วนเนื้อสัน ซี่โครง ส่วนขาหลัง ส่วนคอและไหล่มักนำไปตุ๋นและอบ

3. ชั้นกลาง

ชั้นกลาง (USDA good) เป็นเนื้อที่มีไขมันอยู่น้อยมีคุณภาพพอใช้ได้แต่ไม่ชุ่มน้ำเนื่องจากมีไขมันแทรกน้อยและมีอัตราส่วนของไขมันและเนื้อแดงสูงผู้บริโภคประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ ชอบเนื้อเกรดนี้ เนื่องจากเนื้อมี ไขมันน้อย

4. ชั้นทั่วไป

ชั้นทั่วไป (USDA standard) เป็นเนื้อที่มีไขมันปกคลุมบางมาก ส่วนใหญ่เป็นเนื้อแดง มีความนุ่มพอ ควร รสชาติค่อนข้างอ่อน ไม่มีลักษณะชุ่มน้ำ เนื้อเกรดนี้เป็นที่ต้องการของผู้บริโภคที่ชอบแต่เนื้อแดงแต่เนื้อเกรดนี้ มีขายในท้องตลาดไม่มากนัก

5. ชั้นตลาด

ชั้นตลาด (USDA commercial) มาจากโคที่มีอายุเกิน 42 เดือนหรือ 3 ปีครึ่งขึ้นไปซึ่งมีลักษณะไม่นุ่ม แต่ถ้ามีการหุงต้มที่ถูกริธีก็อาจจะได้อเนื้อที่พอใจ ได้ การหุงต้มเนื้อชั้นนี้ต้องใช้ความร้อนชั้นหุงต้มอย่างช้าๆ และใช้เวลานาน มักไม่ค่อยพบเนื้อชั้นนี้ในท้องตลาดมากนัก

6. ชั้นตลาด

ชั้นพื้นบ้าน (USDA utility) ส่วนใหญ่มักได้จากโคที่มีอายุมากและขาด ลักษณะที่แสดงว่ามีความนุ่ม หรือความชุ่มน้ำ มีไขมันน้อยมาก มักใช้ทำสตูว์หรือเนื้อบดการหุงต้มใช้ความร้อนชั้นหุงต้มอย่างช้าๆ และใช้เวลานานมาก

7. ชั้นคุณภาพต่ำ

ชั้นคุณภาพต่ำ (USDA cutter) จัดเป็นเนื้อที่คุณภาพต่ำมากเนื่องจากเนื้อไม่มีไขมันแทรกที่บริเวณ ผิวหน้าตัดกล้ามเนื้อสันนอก ซึ่งตัดระหว่างซี่โครงที่ 12 และซี่โครงที่ 13 เนื้อและละมีน้ำเยิ้ม มีสีแดงคล้ำปกติไม่นำมา จำหน่ายสดแต่มักจะใช้ทำผลิตภัณฑ์ เช่น แฮมเบอร์เกอร์และไส้กรอกต่างๆ

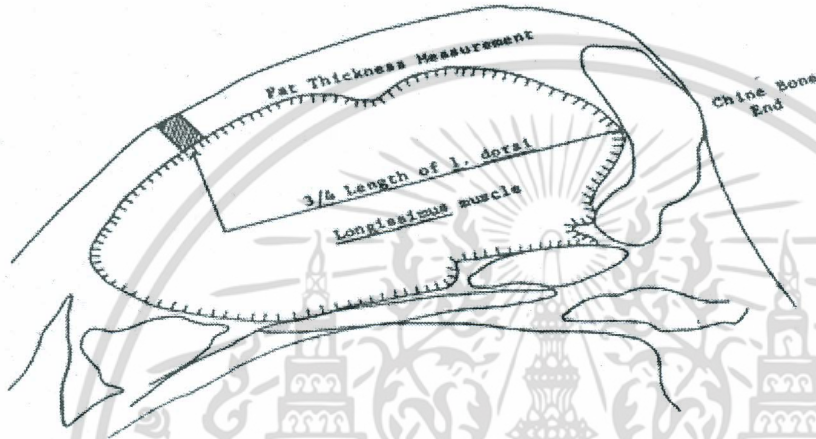
2.2.2 เกรดผลผลิต

เกรดผลผลิต (yield grade) เป็นการแบ่งเกรดโดยถือปริมาณหรือน้ำหนักของซากเป็นเกณฑ์ เช่น ปริมาณเนื้อ ของซากที่ได้ หรือปริมาณเนื้อที่สามารถตัดเพื่อขายปลีก หรือปริมาณเนื้อที่สามารถนำมาบริโภคได้ซึ่งแสดงเกรดของเนื้อ นั้นให้ทราบ ดังรูปที่ 2.2 (b) เกณฑ์ที่ใช้ในการพิจารณาจัดเกรดเนื้อโดยถือปริมาณหรือน้ำหนักซาก ได้แก่ ปริมาณไขมัน ภายนอก ปริมาณไขมันรอบไต หัวใจ ภายในช่องท้อง และพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอก

เอกสาร ปริมาณไขมันภายนอก (external fat) หมายถึงปริมาณไขมันที่หาได้จากการวัดความหนาแน่นด้านค่า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ของไขมันส่วนหลัง เนื้อกล้ามเนื้อสันนอก โดยวัดจากจุดที่ตั้งฉากของความยาวของพื้นที่หน้าตัดของส่วนสันนอกจากกระดูกสันหลัง(chinebone) ดังรูปที่ 2.3 การวัดไขมันภายนอกนี้จะเป็นตัวบ่งบอกเปอร์เซ็นต์ซากถ้าปริมาณไขมันภายนอกเพิ่มขึ้น เปอร์เซ็นต์การตัดชิ้นเนื้อเพื่อขายปลีกจะลดลง หากความหนาของไขมันนี้เปลี่ยนแปลงไป 1/10 นิ้ว ก็ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกรด ได้ถึง 25 เปอร์เซ็นต์

ปริมาณไขมันรอบไต หัวใจและภายในช่องท้อง เป็นส่วนที่ใช้ในการแบ่งเกรดเนื้อ ซึ่งหากมีปริมาณไขมันมาก จะทำให้เปอร์เซ็นต์การตัดชิ้นเนื้อเพื่อขายปลีกลดลงหากมีการเปลี่ยนแปลงของไขมันภายในซากเพียง 1 เปอร์เซ็นต์ จะทำให้เปลี่ยนแปลงเกรดได้ถึง 2.5 เปอร์เซ็นต์ของเกรดจากการวัดปริมาณ



รูปที่ 2.3 แสดงการวัดพื้นที่หน้าตัดของส่วนหลังเนื้อกล้ามเนื้อสันนอก
ที่มา (สุจิตรา เลิศพฤกษ์, 2535, หน้า 129)

พื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอก(rib eye) พิจารณาจากการตัดซากโคออก 4 ชิ้นส่วนใหญ่ การตัดครั้งที่ 2 จะตัดผ่าระหว่างซี่โครงที่ 12 และซี่โครงที่ 13 ส่วนสันนอกจะถูกเปิดออกพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอกนี้อาจวัดขนาด ช่องตาราง โดยวัดพื้นที่เป็นตาราง นิ้วหรืออาจใช้เครื่องวัดพื้นที่ หากพื้นที่หน้าตัดของกล้ามเนื้อสันนอกเพิ่มขึ้นจะเพิ่ม เปอร์เซ็นต์ การตัดชิ้นเนื้อเพื่อการขายปลีกได้ การเปลี่ยนแปลงพื้นที่ส่วนนี้เพียง 1 ตารางนิ้วจะมีผลให้เปลี่ยนแปลงเกรด ประมาณ 30 เปอร์เซ็นต์ของเกรดจากการวัดปริมาณ

เมื่อน้ำหนักซากเพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การตัดชิ้นเนื้อเพื่อการขายปลีกลดลงการเปลี่ยนแปลงของน้ำหนัก ซากอ่อน 100 ปอนด์ จะเปลี่ยนแปลงเกรดได้ถึง 38 เปอร์เซ็นต์ของเกรดจากการวัดปริมาณ เมื่อวัดค่าต่าง ๆ ได้แล้วสามารถนำค่ามาคำนวณระดับเกรดจากสมการดังนี้

$$\text{yield grade} = 2.50 + \{2.50 \times \text{ความหนาของไขมันภายนอก (นิ้ว)}\} + \{0.20 \times \text{เปอร์เซ็นต์ไขมัน ช่องท้อง ไต หัวใจ}\} + \{0.0038 \times \text{นน.ซากอ่อน(ปอนด์)}\} - \{0.32 \times \text{พื้นที่ของ rib eye (ตารางนิ้ว)}\}$$

ค่าที่คำนวณได้จะคิดเฉพาะเลขจำนวนเต็มไม่นับเศษส่วน เช่น ถ้าคำนวณได้ 3.9 yield grade คือ

3 ไม่ปัดเป็น 4

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดลอกเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับซากของโคนั้น แบ่งเกรดตามหลักสากลออกเป็น 5 เกรด คือ 1-5 โดย 1 หมายถึง เนื้อที่มีระดับดีที่สุด และ 5 หมายถึงเนื้อที่มีระดับต่ำสุด ดังตารางที่ 2.1

ตารางที่ 2.1 แสดงเกรดที่แบ่งโดยใช้ปริมาณของซากเป็นหลัก

เกรด	ร้อยละของผลผลิต
1	53.5 หรือมากกว่า
2	51.2 - 53.4
3	49.0 - 51.1
4	47.0 - 48.9
5	45.0 หรือต่ำกว่า

ที่มา (ชัยณรงค์ คันธนิต, 2529, หน้า 136)

2.3 การแบ่งเกรดเนื้อสุกร

เนื้อสุกรเป็นเนื้อสัตว์ที่มีการบริโภคมากที่สุดในประเทศไทย การเลี้ยงสุกรมีการพัฒนาไปอย่างมากโดยมีการใช้เทคโนโลยีที่ทันสมัยมาใช้ในการปรับปรุงกระบวนการผลิตให้เนื้อสุกรมีคุณภาพดีขึ้นและมีผลผลิตจากการเลี้ยงสูง การจัดการหลังการฆ่าให้มีมาตรฐานเดียวกันจะทำให้การจำหน่ายเนื้อสุกรมีมาตรฐาน ผู้บริโภคได้รับความยุติธรรม มากยิ่งขึ้นและได้เนื้อที่มีความสะอาดและความปลอดภัยซากสุกรจะสามารถแบ่งออกเป็นหลายประเภท เช่น สุกรเพศผู้ที่ตอน เมื่ออายุยังน้อย(barrow) สุกรเพศเมีย (gilts) ซึ่งเป็นสุกรที่นิยมเลี้ยงเพื่อให้เนื้อบริโภค นอกจากนี้ ยังมีสุกรตัวเมียอายุมาก กว่า 1 ปี (sows) สุกรตัวผู้ที่ตอนเมื่อแก่(stages) และสุกรพ่อ พันธุ์(boar) ซึ่งจะให้ซากที่มีคุณภาพต่างกัน เนื่องจากเพศ และอายุของสัตว์มีผลต่อคุณภาพในการยอมรับเนื้อของผู้บริโภค จึงมีการกำหนดมาตรฐานที่ต่างกันระหว่างสุกรที่ตอนแล้ว สุกรเพศเมียที่เลี้ยงเพื่อบริโภคโดยตรง สุกรขุนกับสุกรเพศเมียที่มีอายุมากกว่า 1 ปี หรือสุกรเพศผู้ที่ตอนเมื่อแก่และสุกร พ่อพันธุ์ การแบ่งเกรดของสุกรที่เลี้ยงเพื่อบริโภคโดยตรง ได้แก่ สุกรตัวผู้ที่ตอนแล้วและสุกรตัวเมียที่อายุไม่เกิน 1 ปี เนื่องจากเป็นสุกรที่ใช้บริโภคเป็นส่วนใหญ่และเนื้อที่ได้ จากโคทั้งสองชนิดนี้มีความแตกต่างเนื่องจากเพศของสัตว์น้อย จึงสามารถแบ่งเกรดด้วย เกณฑ์เดียวกันได้ โดยการแบ่งเกรดตามคุณภาพที่บ่งลักษณะของเนื้อแดงและเกรดจากผลผลิตปริมาณเนื้อแดงที่ได้

2.3.1 การแบ่งเกรดโดยใช้คุณภาพที่บ่งลักษณะของเนื้อแดง

คุณภาพของเนื้อสุกรสามารถประเมินได้จากการตรวจสอบผิวหน้าของเนื้อ ที่ตัดชิ้นส่วนใหญ่ สำหรับขายส่ง หรือสังเกตลักษณะของเนื้อสันซึ่งตัดระหว่างซี่โครงที่ 10 และ 11 ในแง่ความแน่น สีและปริมาณไขมันแทรกในเนื้อ นอกจากนี้ อาจตรวจดูเนื้อแดง ในแง่ความแน่นของไขมัน เนื้อพื้นที่ต้องไม่บางจนเกินไปจนนำไปทำเบคอนไม่ได้ ซากจะต้องไม่นุ่มและเป็นมันเยิ้ม สำหรับสุกรปริมาณไขมันแทรกด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในเนื้อไม่มีความสำคัญมาก นักเนื่องจากเนื้อสุกรมีไขมัน แทรกในเนื้อน้อยโดยเฉพาะสายพันธุ์ใหม่ที่มีความสามารถในการสะสมเนื้อแดงสูงจึงมีไขมันแทรกในเนื้อน้อยหรือเกือบ ไม่มีเลย ดังนั้น จึงใช้วิธีตรวจสอบของเนื้อซากสุกรแทนซึ่งจะต้องมีสีปกติไม่ซีดหรือคล้ำมากเกินไปและไขมันต้องเป็นสีขาว

2.3.2 การแบ่งเกรดโดยใช้ปริมาณเนื้อแดงในซาก

การแบ่งเกรดโดยใช้ปริมาณเนื้อแดงในซากหรือผลผลิตที่ได้จากเนื้อ 4 ชิ้น (four lean cuts) ปริมาณเนื้อแดง ในซากจะได้มาจากกล้ามเนื้อที่สะสมอยู่ใน 4 ส่วนสำคัญของซากเป็นส่วนใหญ่ ได้แก่ เนื้อขาหลัง เนื้อสัน เนื้อส่วนบนของ ไหล่ และเนื้อขาหน้า ในประเทศสหรัฐอเมริกามีการจัดชั้นสำหรับเนื้อสุกรที่มีเนื้อแดงและความหนาของเนื้อสันต้องเป็น ขอมรับเป็น US No. 1, US No. 2, US No. 3 และ US No. 4 โดยมีผลผลิตที่ได้จากเนื้อสุกรเกรดต่างๆ แตกต่างกันดังตาราง ที่ 2.2

ตารางที่ 2.2 ผลผลิตที่คาดว่าจะได้จาก 4 ชิ้นส่วนใหญ่ของซากสุกรเกรดต่างๆ

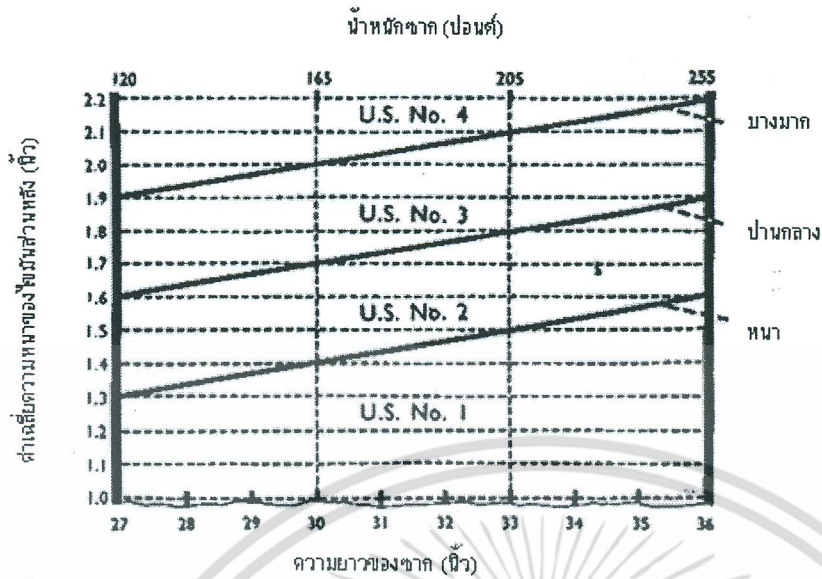
เกรด	ผลผลิต (%)
U.S. No. 1	มากกว่า 58
U.S. No. 2	50 - 52.9
U.S. No. 3	47 - 49.9
U.S. No. 4	น้อยกว่า 47

ที่มา (Girard, J. P., Hemmings, B., Clermont-Ferrand, A.T.T. and Morton, Ian., 1992, p. 225)

ซากสุกรจากแต่ละส่วนใน 4 ชิ้นใหญ่ จะให้ผลผลิตต่างกันขึ้นอยู่กับระดับไขมัน ที่มีอยู่และความหนาของกล้ามเนื้อ ซากสุกรส่วนใหญ่มีการกระจายไขมันและมีการพัฒนาของระบบกล้ามเนื้ออย่างปกติ ดังนั้น จึงพิจารณาการจัดเกรด ได้โดยการใช้ความหนาเฉลี่ยของไขมันส่วนหลังและการใช้กล้ามเนื้อในส่วนสำคัญของซาก

การใช้ความหนาเฉลี่ยของไขมันส่วนหลัง(back fat) มีความสัมพันธ์ในเชิงบวกกับปริมาณไขมันในซากและมีความสัมพันธ์เชิงลบกับเนื้อแดง (ดังภาพที่ 2.4) ซากที่ถูกตัดสินให้อยู่ในเกรดสูงจะมีไขมันสันหลังบางและจะให้เนื้อแดง มาก ส่วนซากที่มีไขมันหนา จะมีเนื้อแดงน้อยลงไป

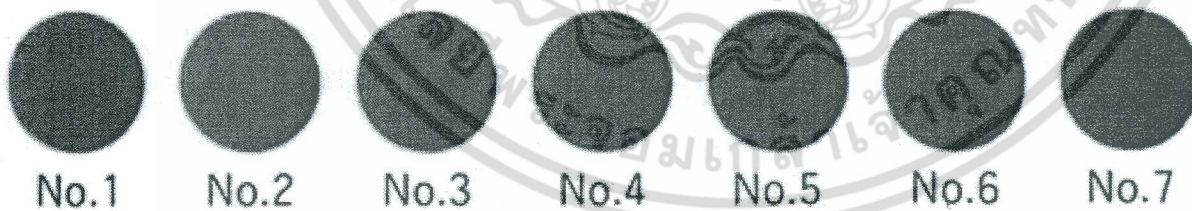
การใช้กล้ามเนื้อในส่วนสำคัญของซาก ซากที่มีกล้ามเนื้อในส่วนของ 4 ชิ้นใหญ่ มีขนาดใหญ่จะจัดอยู่ในเกรดสูง ซึ่งมีการสะสมของกล้ามเนื้อเป็นอย่างดี



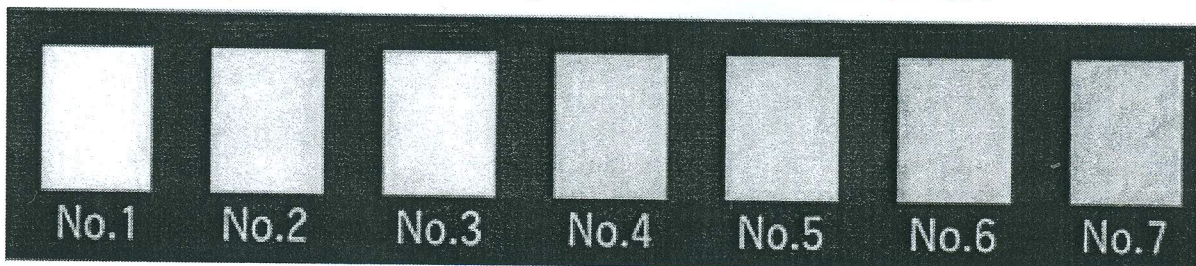
รูปที่ 2.4 ความสัมพันธ์ระหว่างไขมันส่วนหลัง (back fat) และเกรดของซาก
ที่ฆ่า (Girard, J. P., Hemmings, B., Clermont-Ferrand, A.T.T. and Morton, Ian., 1992, p. 225)

สำหรับซากสุกรที่มีการพัฒนาของคุณภาพเนื้อแดงน้อยกว่าที่กล่าวไว้ใน US ทั้ง 4 เกรดข้างต้นจะเรียกว่า US utility หรือเกรดที่ไม่ยอมรับคุณภาพของซากรวมทั้งซากที่มีเนื้อพื้นที่บางจนยอมรับไม่ได้

จากรายละเอียดคร่าวๆของวิธีการประเมินคุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์ จากเอกสารอ้างอิง[1-5] พบว่าเราสามารถนำเอาเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในวิธีการประเมินคุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์ในส่วนของ การแบ่งเกรดโดยใช้ลักษณะของสีของเนื้อหรือไขมันดังตัวอย่างของ [6] ดังรูปที่ 2.5 และรูปที่ 2.6

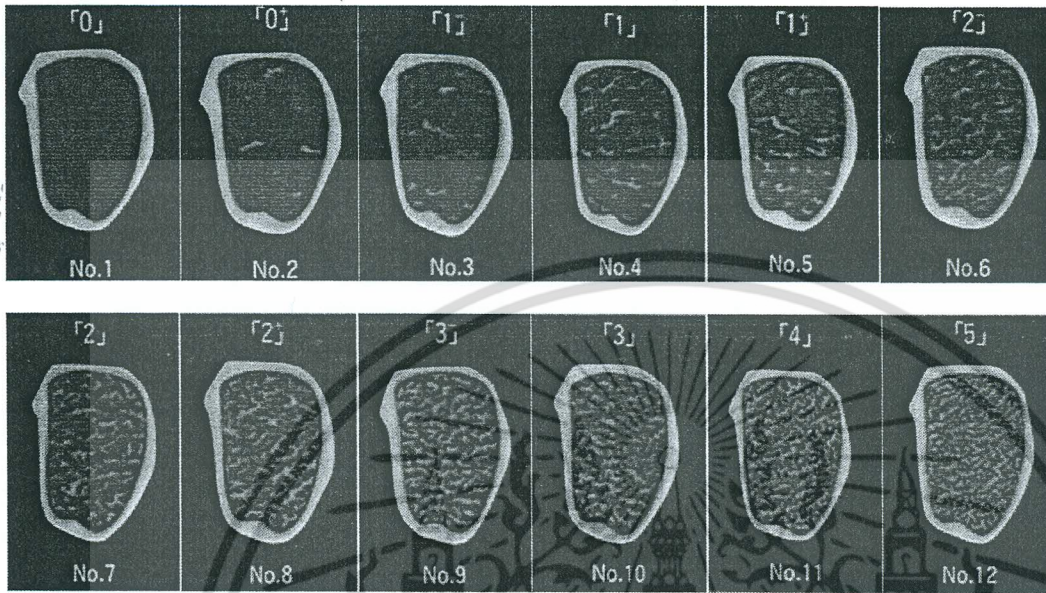


รูปที่ 2.5 ลักษณะของมาตรฐานสีเนื้อ Beef Color Standard (BCS)[6]

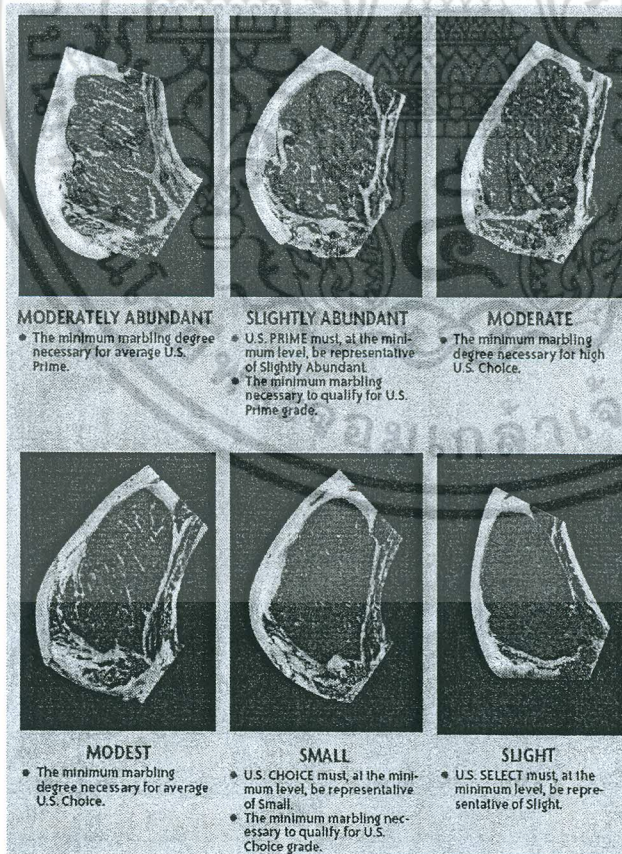


รูปที่ 2.6 ลักษณะของมาตรฐานสีไขมัน Beef Fat Standard (BFS) [6]
เอกสารนี้เขียนโดยทีมนักวิจัยของกรมปศุสัตว์เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ยังนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในวิธีการประเมินคุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์ในส่วนของ การแบ่งเกรดโดยใช้ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อ [6-8] ดังรูปที่ 2.7 ถึงรูปที่ 2.9

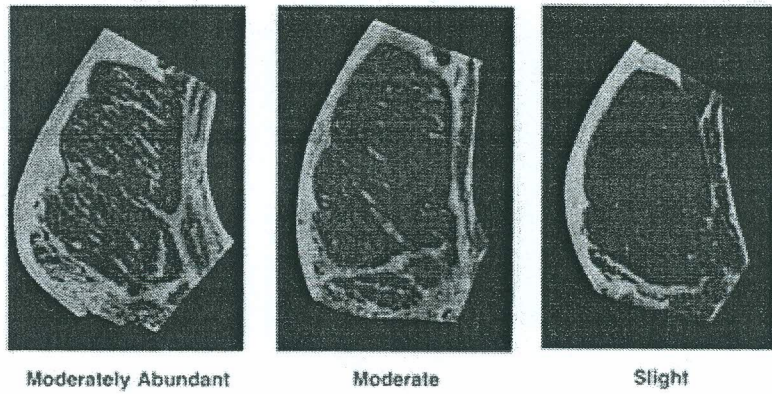


รูปที่ 2.7 ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อ Beef Marbling Standard (BMS) [6]

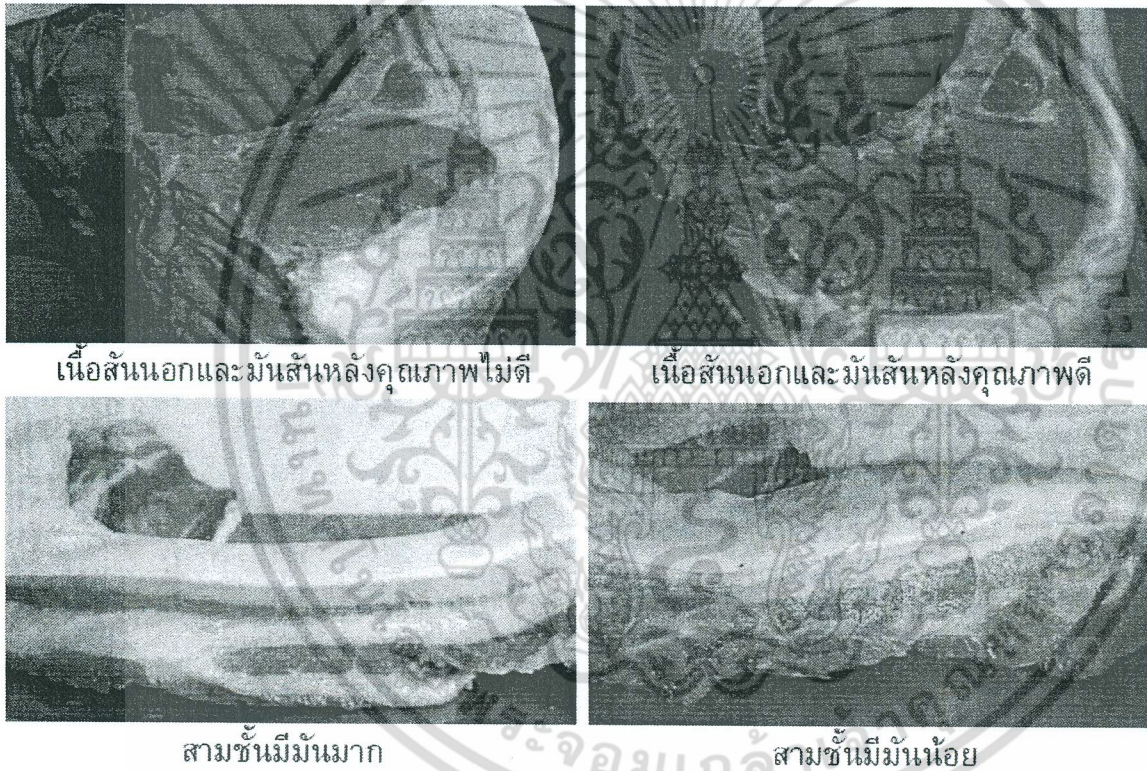


รูปที่ 2.8 ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อ [7]

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



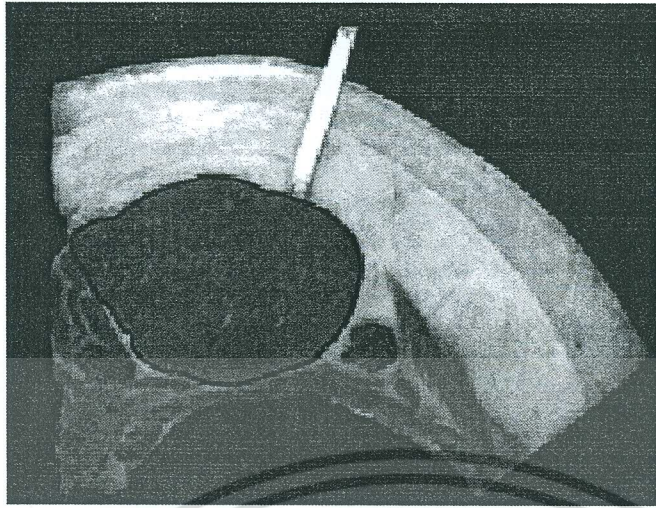
รูปที่ 2.9 ลักษณะของการกระจายตัวของไขมันในเนื้อริบอาย(Rib-eye) [8]



รูปที่ 2.10 ลักษณะการพิจารณาคุณภาพไขมัน [5]

นอกจากนั้นยังสามารถนำเทคนิคการประมวลผลภาพมาช่วยในการวัดหาพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัน (loin eye area) ซึ่งจะทำการวัดโดยวัดจากซากซีกซ้ายหรือขวา โดยตัด ส่วนของเนื้อสันหลังตรงตำแหน่งระหว่างกระดูกซี่โครงที่ 10 และ 11 ใช้กระดาษเขียน แบบทาบบนหน้าตัดเนื้อสัน แล้วใช้ดินสอลากตามเส้นรอบวงของกล้ามเนื้อซี่โครงนี้โดยรอบ นำไปวัดพื้นที่ด้วยเครื่องมือวัดพื้นที่ใบไม้ พื้นที่หน้าตัดของเนื้อสันนี้มีความสัมพันธ์ โดยตรงกับปริมาณเนื้อแดงของซาก ดังรูปที่ 2.11

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.11 การวัดพื้นที่หน้าตัดเนื้อสัณ [5]

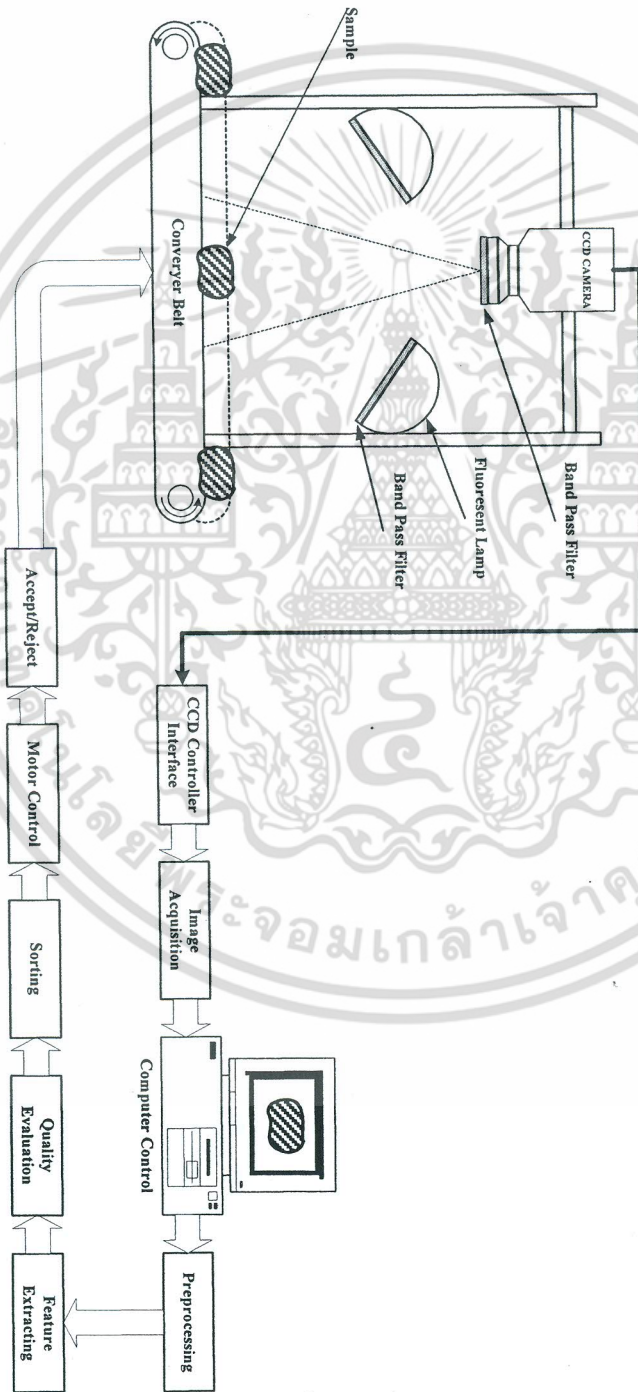
จากตัวอย่างของวิธีการประเมินคุณภาพและการแบ่งเกรดเนื้อสัตว์ที่ได้กล่าวมาข้างต้น เรา
จะนำไปใช้ในการศึกษาเพื่อหาเทคนิคในการประมวลผลภาพที่เหมาะสมมาประยุกต์ใช้ต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3

ระบบเก็บข้อมูลภาพ

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการออกแบบและสร้างระบบเก็บข้อมูลภาพสำหรับนำไปใช้ตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ สำหรับส่วนประกอบทั้งหมดของระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่จะทำการพัฒนาขึ้นมา สามารถแสดงดังรูปที่ 3.1



รูปที่ 3.1 ระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 3.1 ระบบที่พัฒนาขึ้นจะประกอบไปด้วยส่วนประกอบหลัก 2 ส่วนด้วยกันคือ

1. ส่วนของฮาร์ดแวร์(Hardware) ที่ใช้ในการถ่ายภาพเนื้อสัตว์ที่นำมาตรวจสอบซึ่งจะประกอบด้วย

1.1 ระบบสายพานลำเลียงเนื้อสัตว์

สำหรับระบบสายพานลำเลียงจะทำหน้าที่ในการนำเนื้อสัตว์เข้าสู่ตู้สำหรับตรวจสอบเนื้อสัตว์และนำเนื้อสัตว์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วออกไปยังส่วนบรรจุภัณฑ์ โดยการทำงานของสายพานจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ(Interface circuit).

2.2 ตู้ตรวจสอบเนื้อสัตว์

สำหรับตู้ตรวจสอบเนื้อสัตว์จะประกอบไปด้วยอุปกรณ์ต่างๆดังนี้

2.2.1 แหล่งกำเนิดแสง(Light source) ที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ซึ่งจะถูกควบคุมควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ที่ใช้ควบคุมระบบผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ(Interface circuit)

2.2.2 กล้อง CCD (CCD Camera) สำหรับถ่ายภาพชิ้นเนื้อสัตว์

2.2.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของกล้อง CCD, แหล่งกำเนิดแสง และการทำงานของสายพานลำเลียงผ่านวงจรเชื่อมต่อ

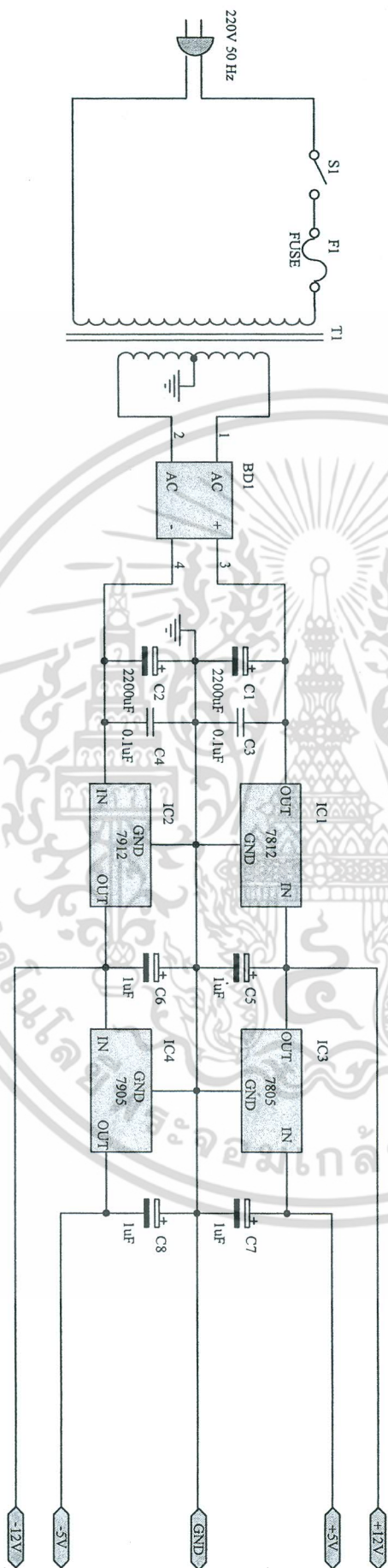
2.2.4 คอมพิวเตอร์สำหรับควบคุมการทำงานของระบบ

2. ส่วนของโปรแกรมในการประมวลผล ซึ่งจะรับข้อมูลรูปภาพที่ถ่ายมาจากกล้อง CCD มาทำการประมวลผลซึ่งจะกล่าวรายละเอียดในบทต่อไป

สำหรับในส่วนของฮาร์ดแวร์ที่ทำการสร้างขึ้นมาจะประกอบด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ สำหรับใช้ควบคุมการทำงานของระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ สำหรับวงจรอิเล็กทรอนิกส์ต่างๆ ที่ทำการสร้างขึ้นมา สามารถแสดงรายละเอียดได้ดังนี้

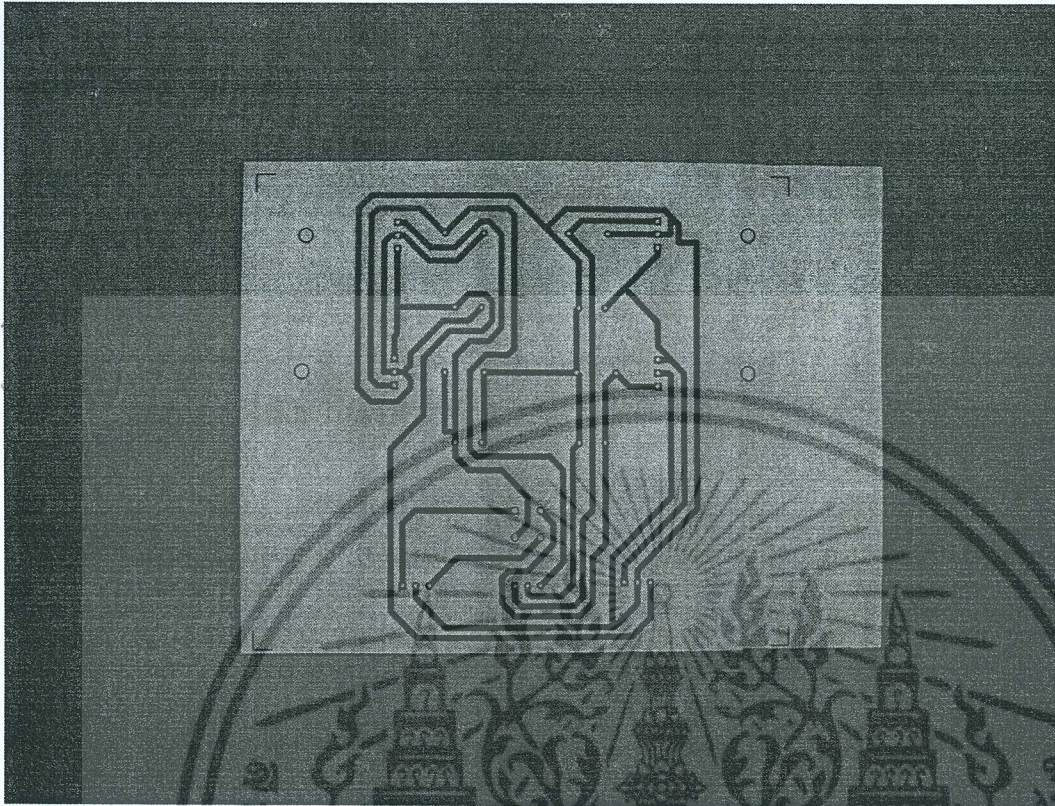
3.1 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ

สำหรับวงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการจ่ายไฟให้กับวงจรควบคุมทั้งหมดของระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพโดยลักษณะของวงจรที่ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.2 ถึง รูปที่ 3.6

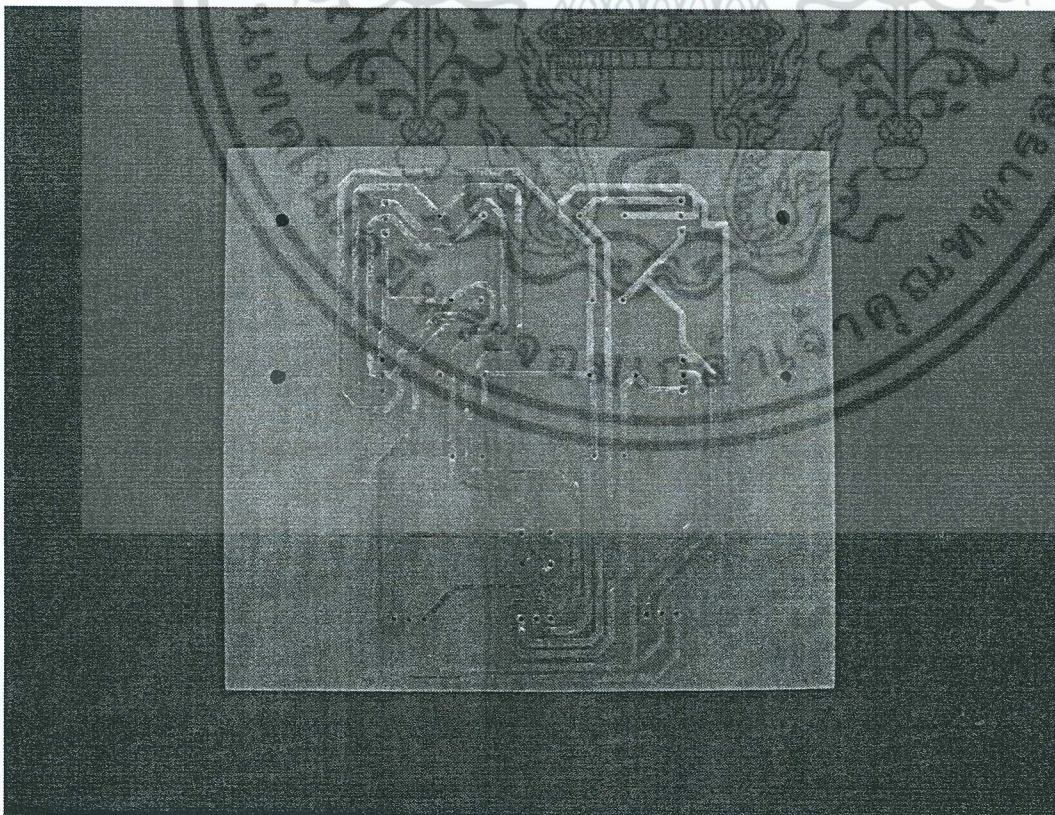


รูปที่ 3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ

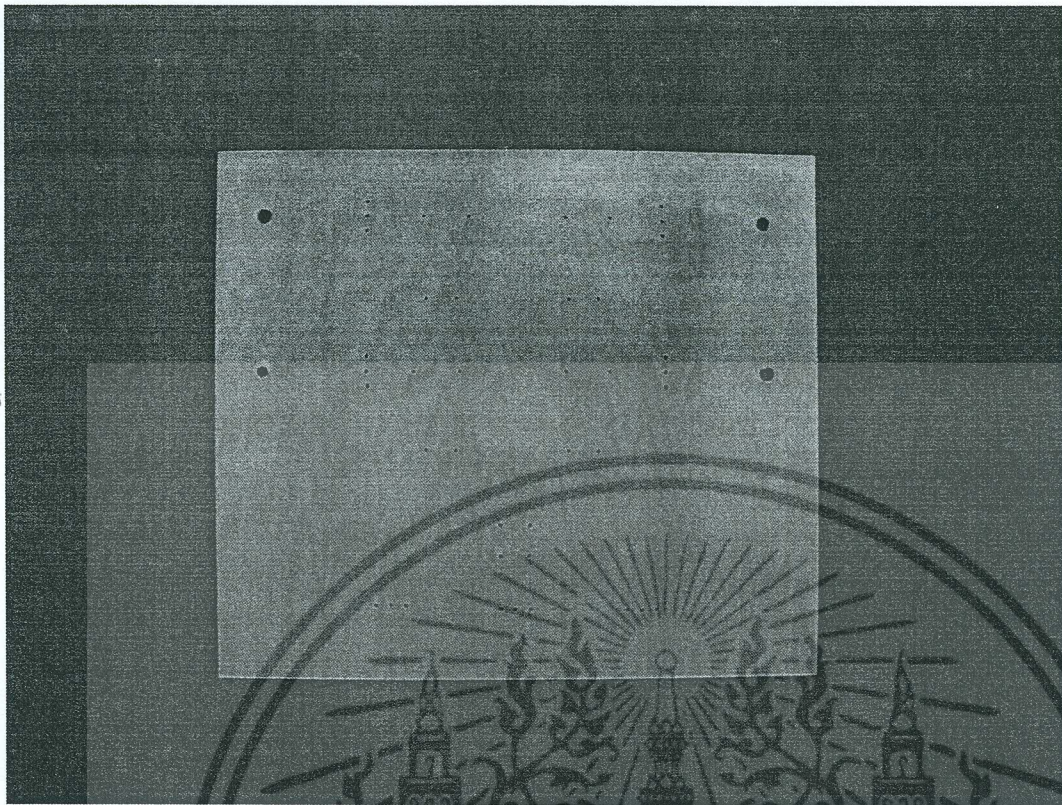
เอกสารนี้เป็นเอกสารลิขสิทธิ์สงวนไว้สำหรับอาจารย์และบุคลากรในมหาวิทยาลัยเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



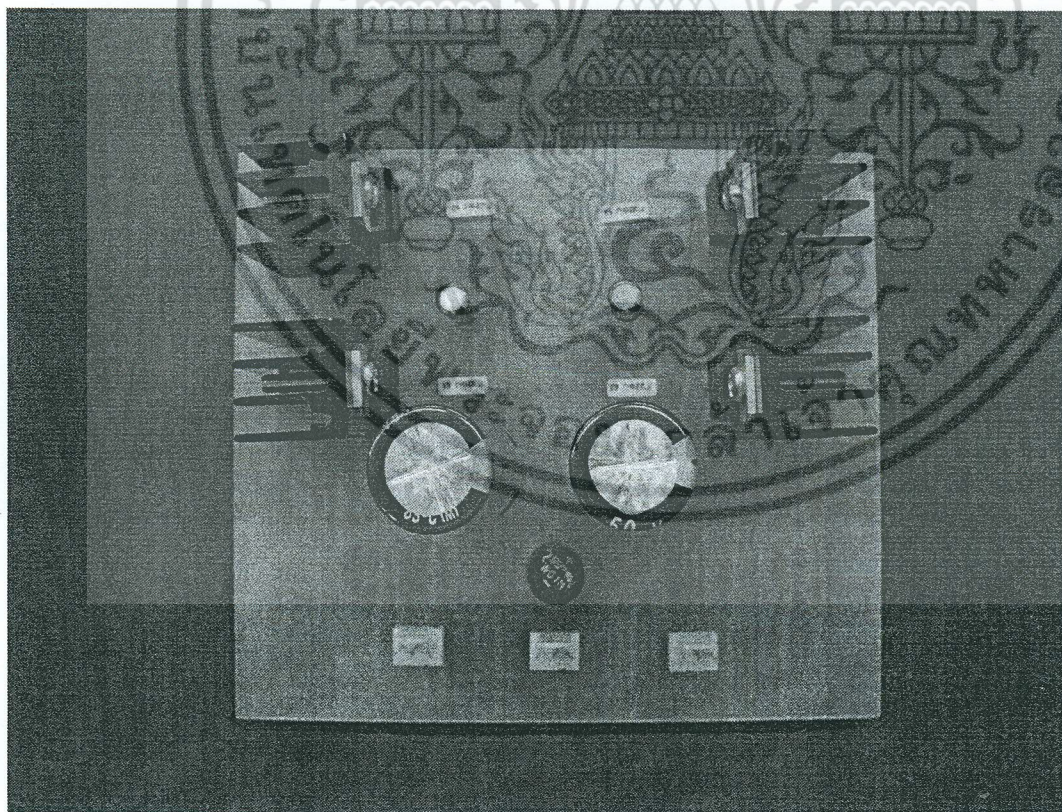
รูปที่ 3.3 แผ่นฟิล์มวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ



รูปที่ 3.4 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ(ด้านลายทองแดง)ใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.5 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ(ด้านอุปกรณ์)

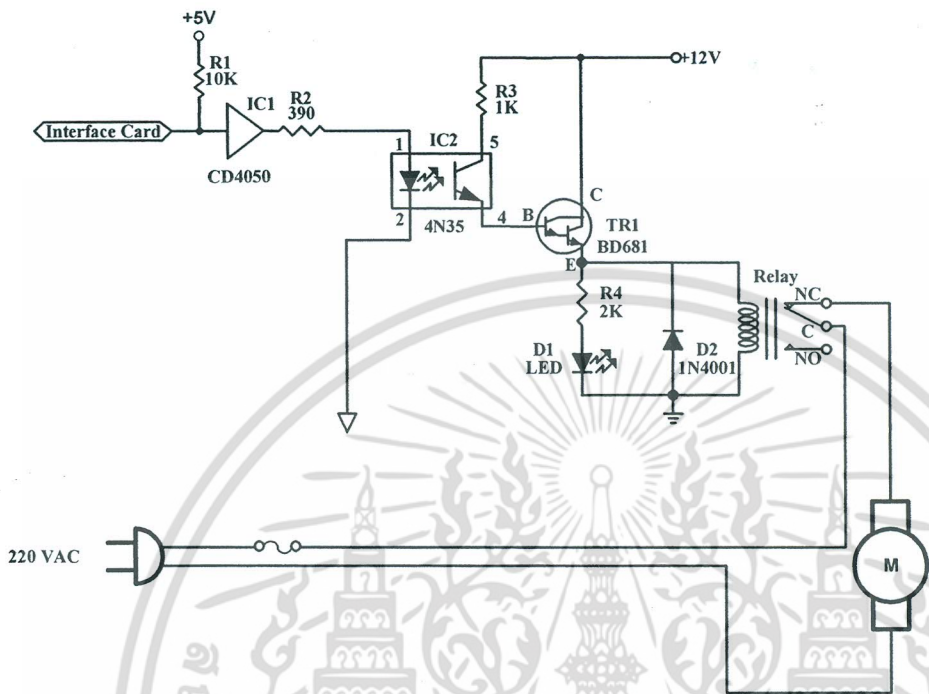


รูปที่ 3.6 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแหล่งจ่ายไฟ

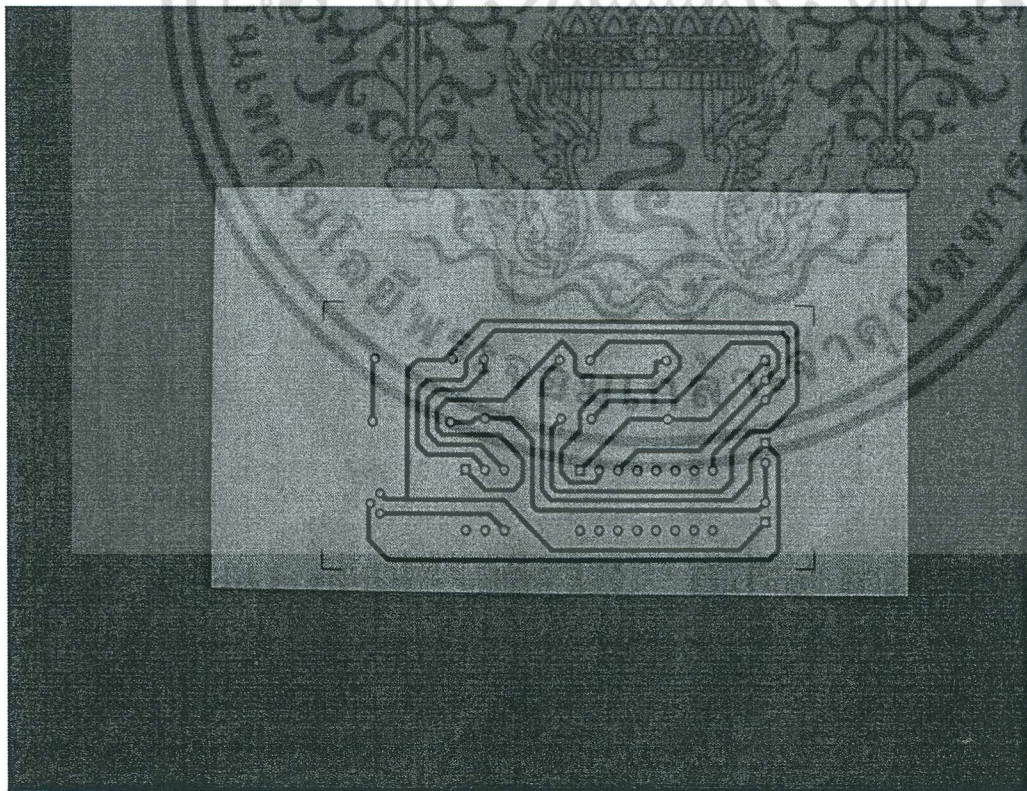
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ

สำหรับวงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ โดยลักษณะของวงจรที่ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.7 ถึงรูปที่ 3.11

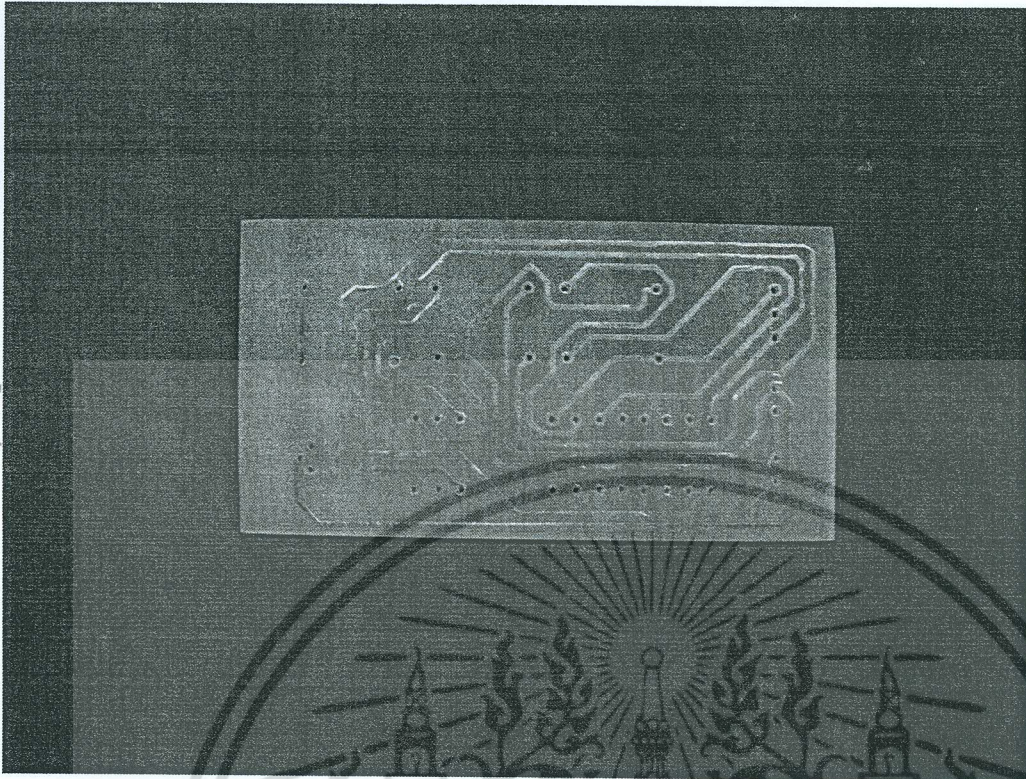


รูปที่ 3.7 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ

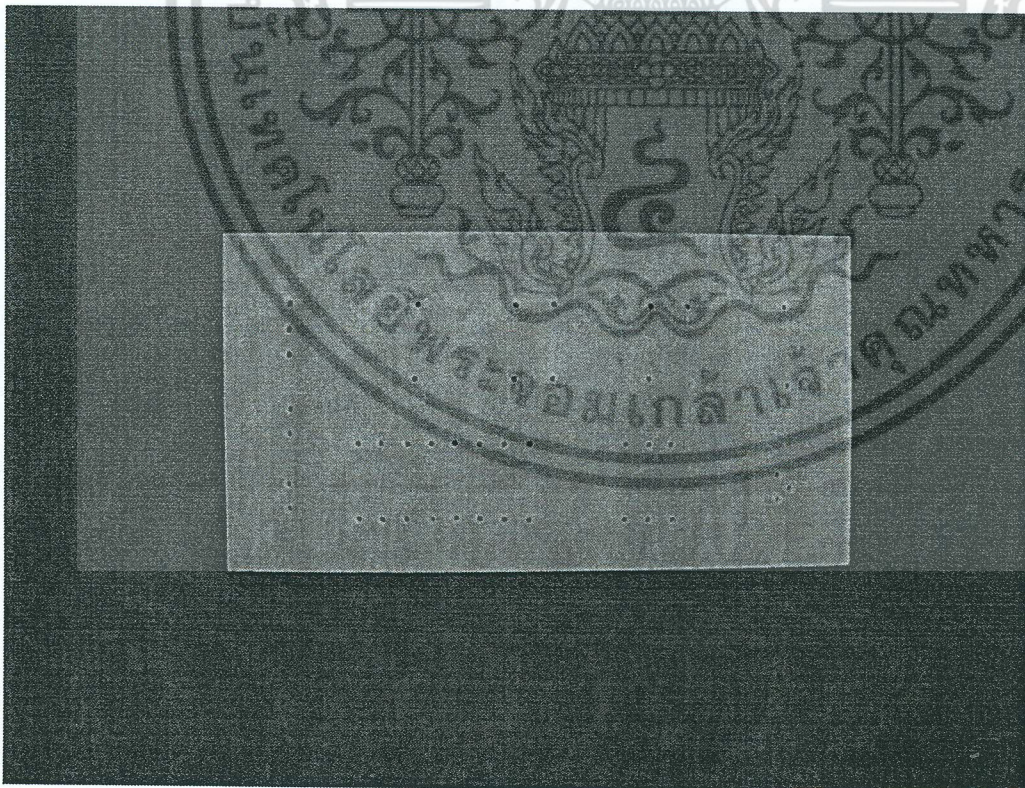


รูปที่ 3.8 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุน

สายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ภายในเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

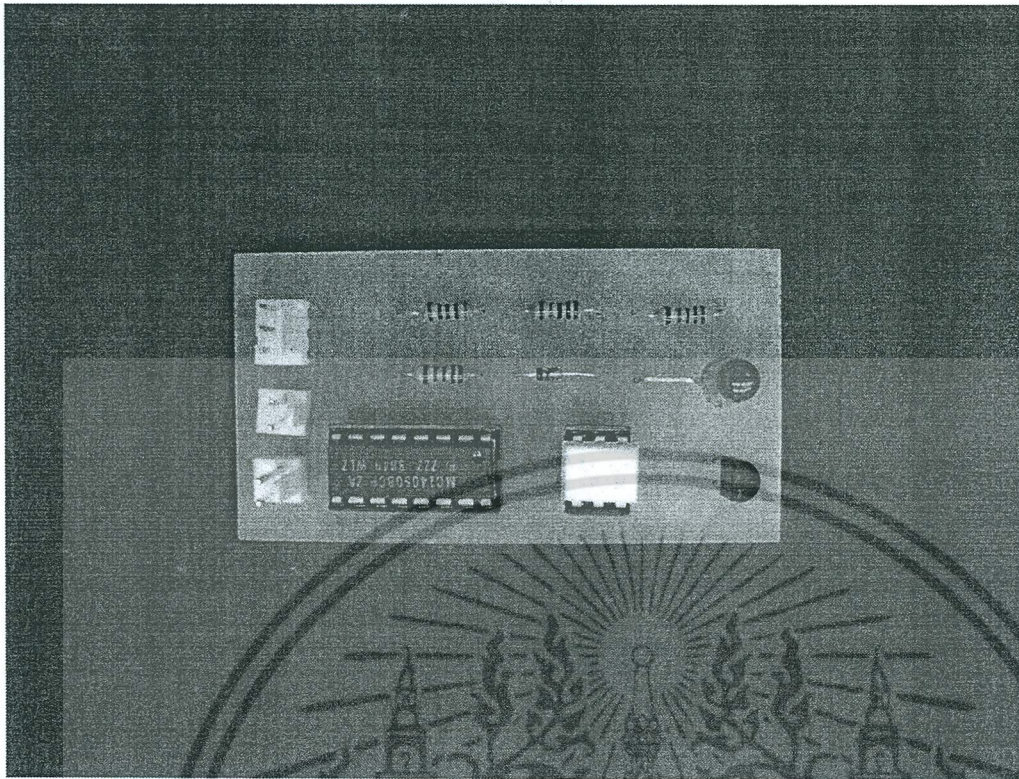


รูปที่ 3.9 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ(ด้านลายทองแดง)



รูปที่ 3.10 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุน

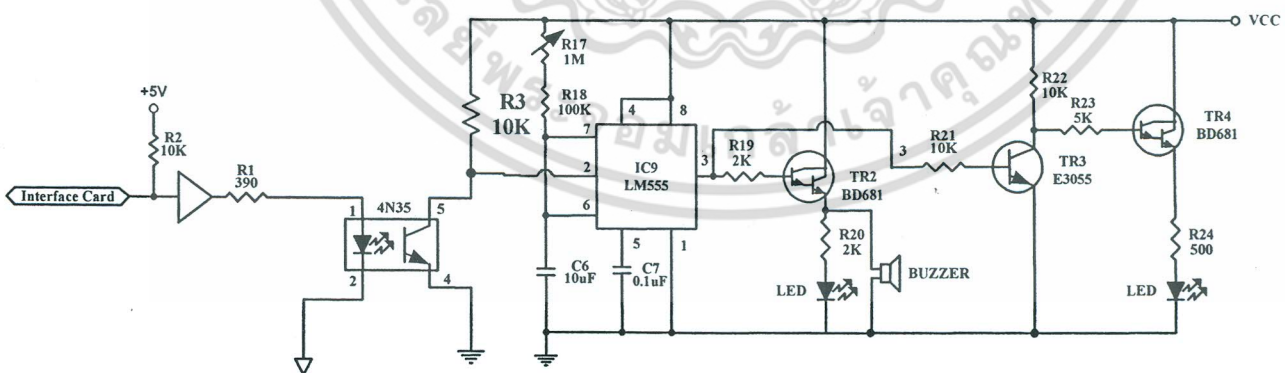
เอกสารนี้เป็นเอกสารสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ (ด้านอุปกรณ์) นั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.11 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ

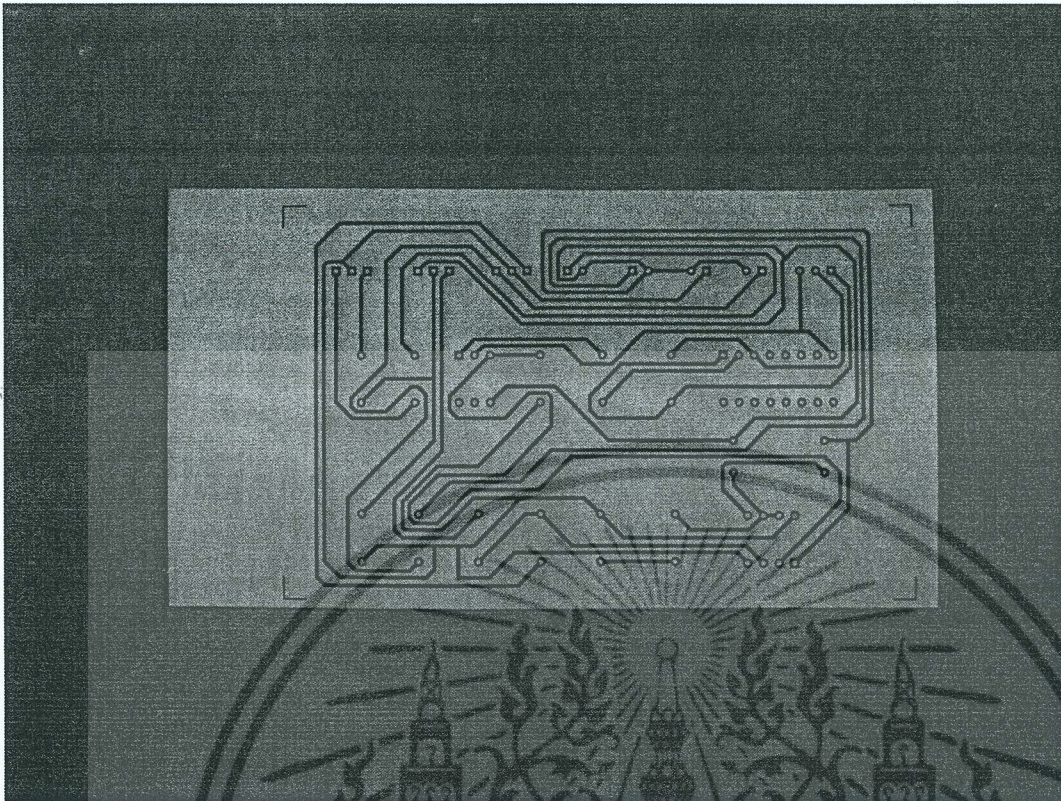
3.3 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล

สำหรับวงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแสดงผลการตรวจสอบของชิ้นเนื้อที่เคลื่อนที่อยู่บนสายพานโดยลักษณะของวงจรที่ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.12 ถึงรูปที่ 3.16



รูปที่ 3.12 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

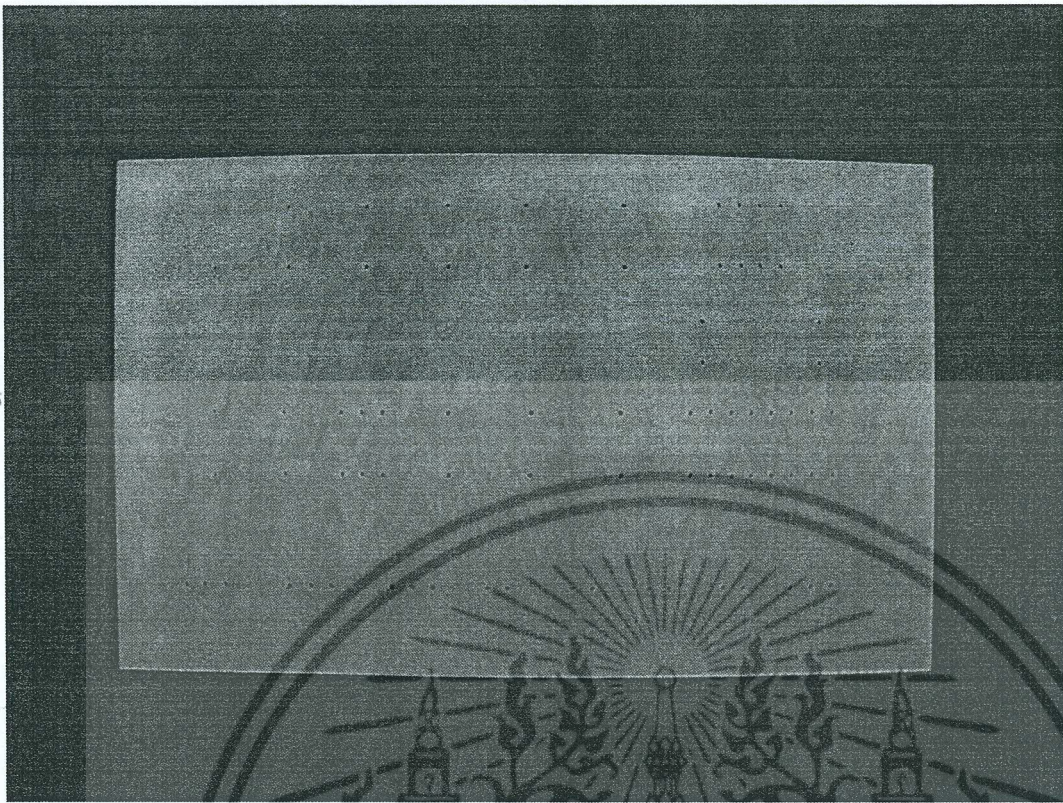


รูปที่ 3.13 แผ่นฟิล์มวงจรพิมพ์ของวงจรถอนิกส์สำหรับแสดงผล

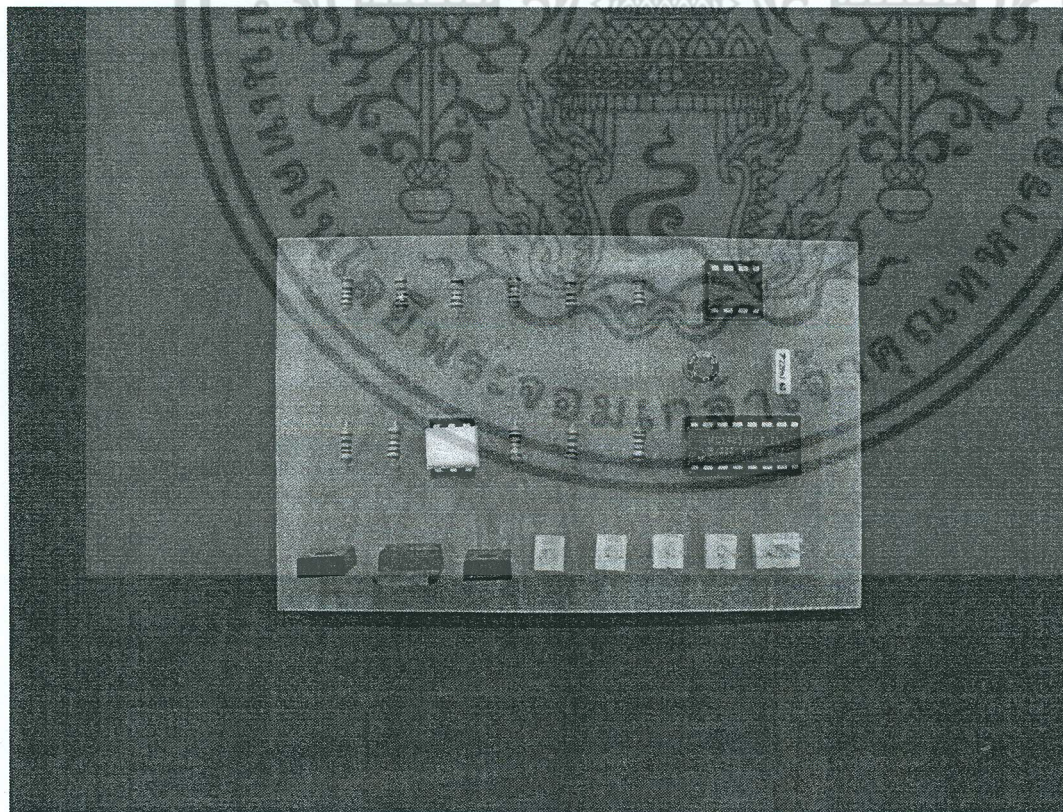


รูปที่ 3.14 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรถอนิกส์สำหรับแสดงผล(ด้านลายทองแดง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.15 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล(ด้านอุปกรณ์)

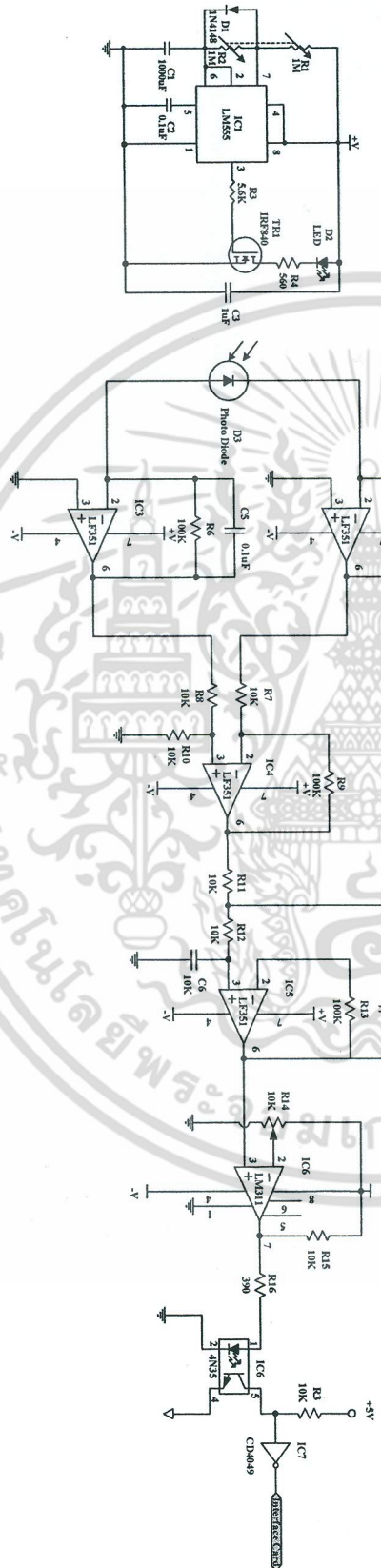


รูปที่ 3.16 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับแสดงผล

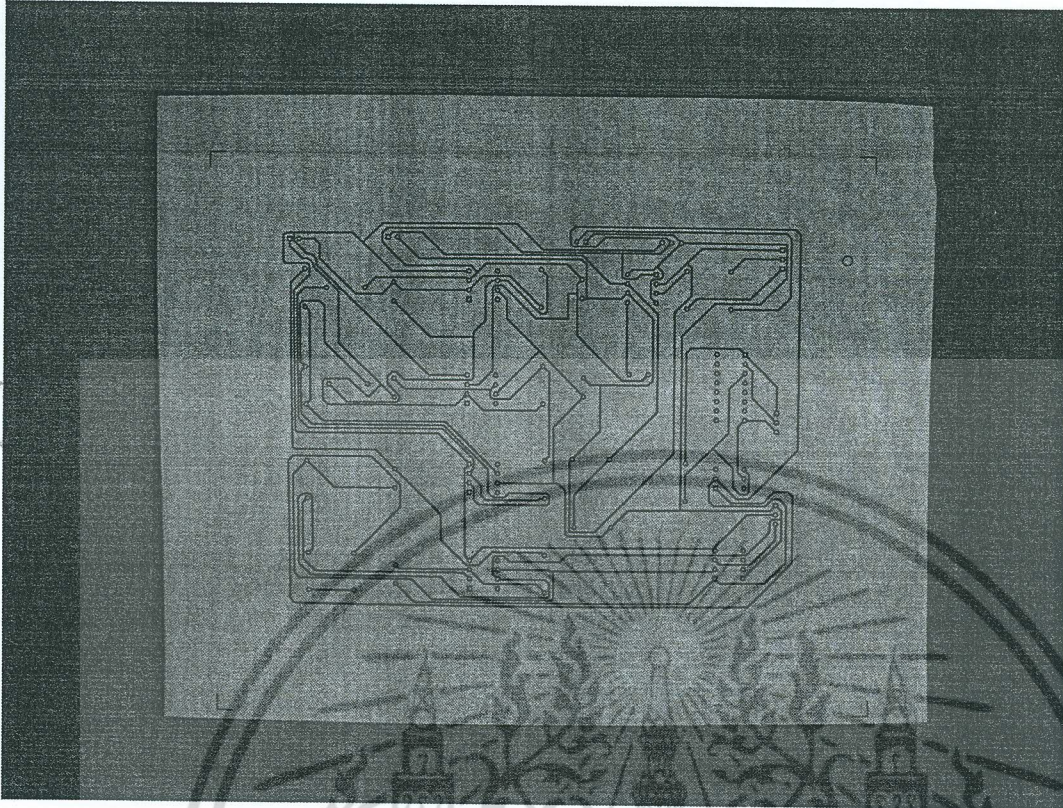
เอกสารนี้เป็นเอกสารทรัพย์สินทางปัญญาของบริษัทฯ ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเน็อบนสายพาน

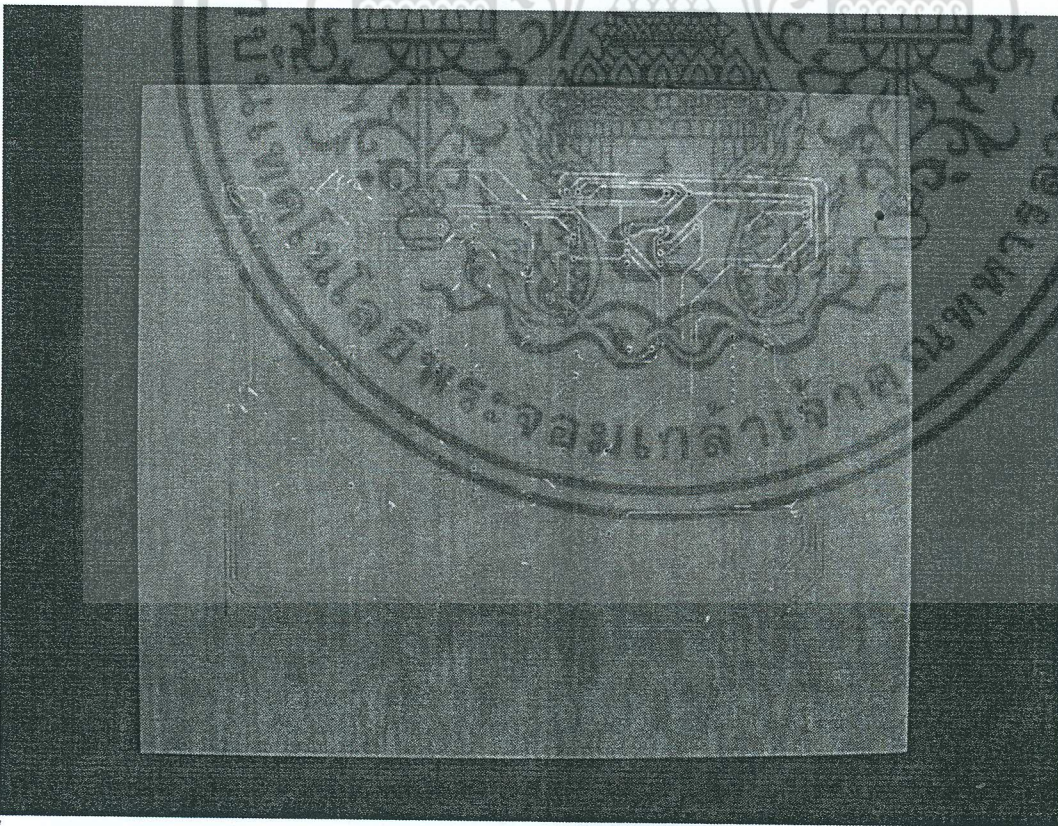
สำหรับวงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเน็อบที่เคลื่อนที่อยู่บนสายพาน โดยลักษณะของวงจรที่ออกแบบและทำการสร้างขึ้นมาสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.17 ถึงรูปที่ 3.21



เอกสารรูปที่ 3.17 วงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเน็อบนสายพาน ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

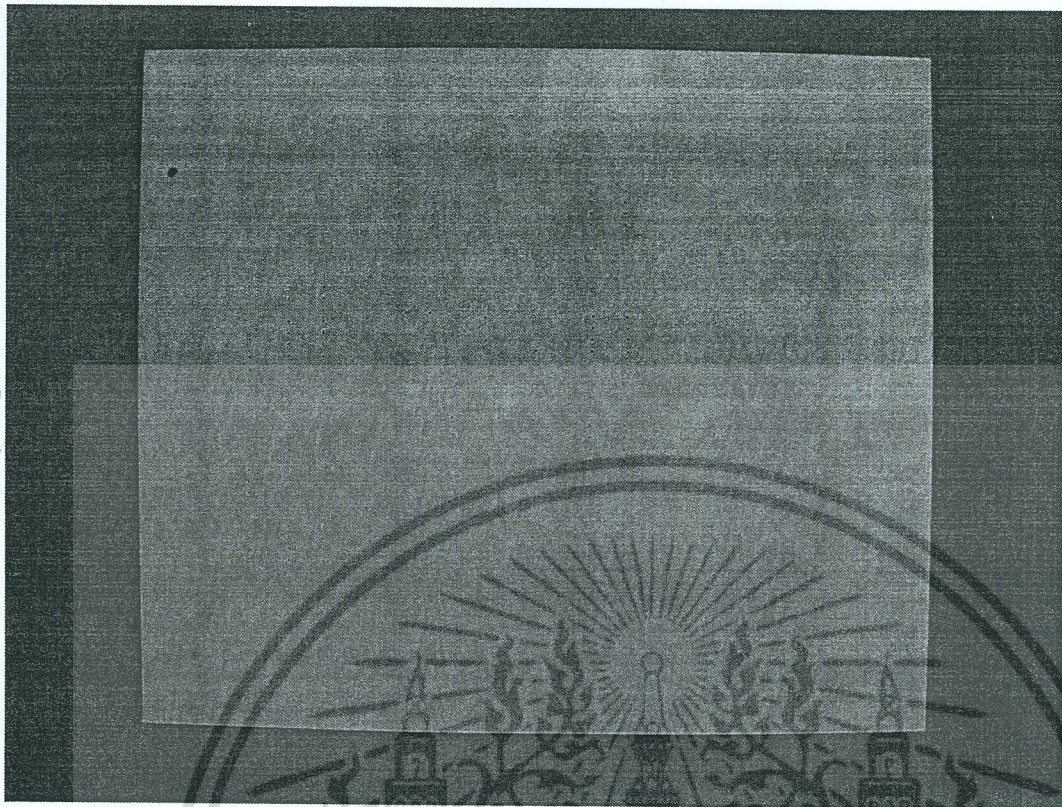


รูปที่ 3.18 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน

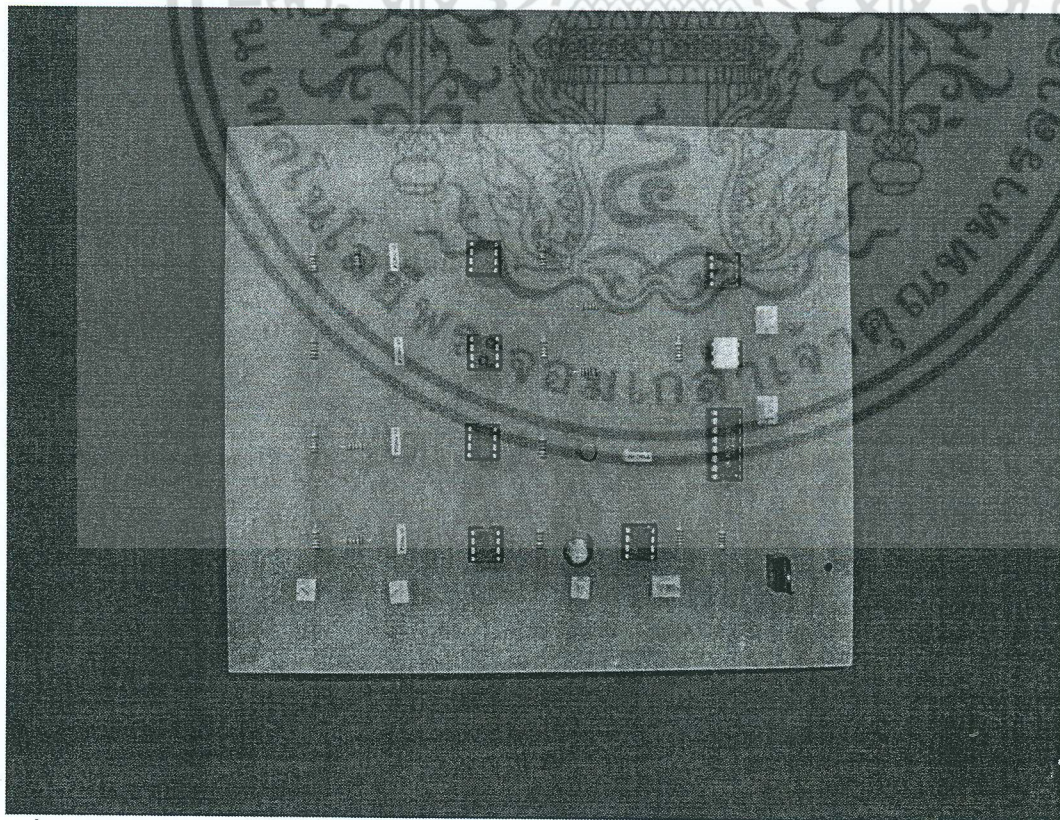


รูปที่ 3.19 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน(ด้าน
ลายทองแดง)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

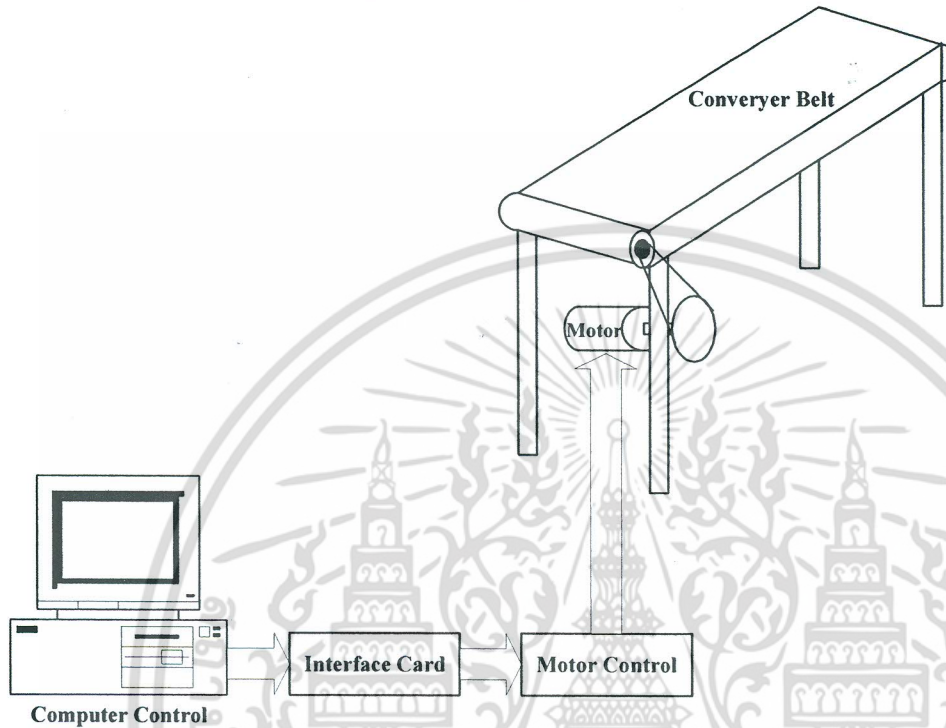


รูปที่ 3.20 แผ่นวงจรพิมพ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน (ด้าน
อุปกรณ์)

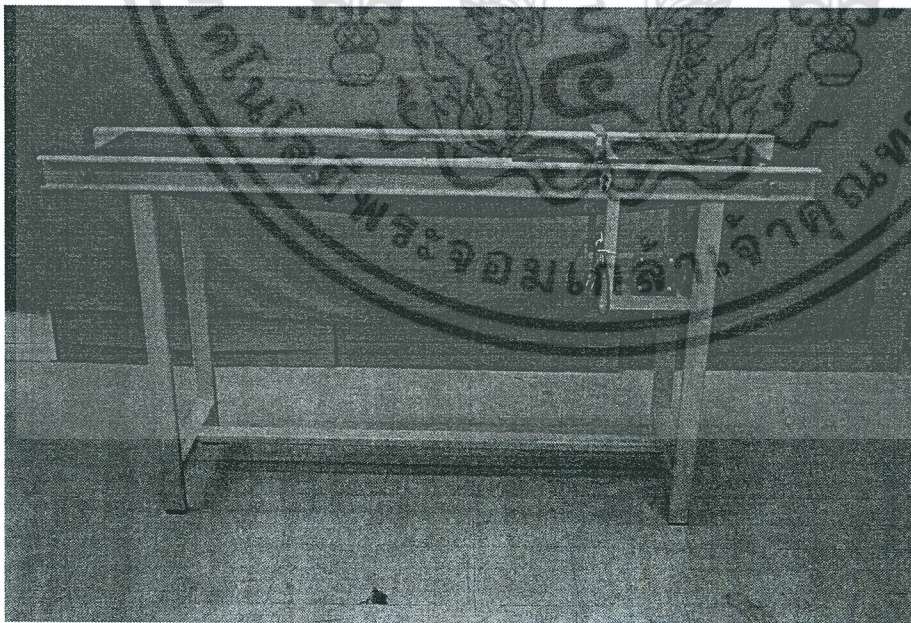


รูปที่ 3.21 การลงอุปกรณ์ของวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับระบบสายพานลำเลียงเนื้อสัตว์สำหรับทำหน้าที่ในการนำเนื้อสัตว์เข้าสู่ตู้สำหรับตรวจสอบเนื้อสัตว์และนำเนื้อสัตว์ที่ผ่านการตรวจสอบแล้วออกไปยังส่วนบรรจุภัณฑ์ โดยการทำงานของสายพานลำเลียงจะถูกควบคุมโดยคอมพิวเตอร์ผ่านทางวงจรเชื่อมต่อ(Interface card)ซึ่งลักษณะของระบบสายพานลำเลียงที่จะทำการสร้างสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 3.22 ถึงรูปที่ 3.23



รูปที่ 3.22 ลักษณะ โครงสร้างของระบบสายพานลำเลียงที่จะทำการสร้าง

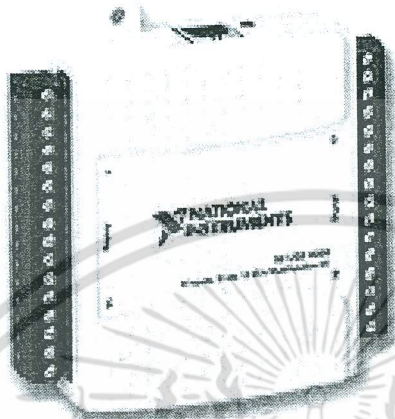


รูปที่ 3.23 ต้นแบบระบบสายพานลำเลียงเนื้อสัตว์สำหรับระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับ **ประมวลผลภาพ** การศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5 การ์ดอินเตอร์เฟซ(Interface card)

การ์ดอินเตอร์เฟซหรือการ์ดเชื่อมต่อสำหรับทำหน้าที่ในการเชื่อมต่อสัญญาณควบคุมการทำงานระหว่างคอมพิวเตอร์กับระบบต่างๆที่สร้างขึ้นมา โดยในโครงการวิจัยนี้ได้เลือกใช้การ์ดอินเตอร์เฟซของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009[11] ซึ่งมีลักษณะและคุณสมบัติดังรูปที่ 3.24



รูปที่ 3.24 การ์ดอินเตอร์เฟซของบริษัท National Instruments รุ่น USB-6009

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4

การทดสอบระบบ

สำหรับในบทนี้จะกล่าวถึงการทดสอบระบบต่างๆของระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในส่วนต่างๆ ที่ทำการสร้างขึ้นมาดังรายละเอียดต่อไปนี้

การทดสอบวงจรวงจรอิเล็กทรอนิกส์

- การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ
- การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน

การทดสอบโปรแกรมในการประมวลผลภาพ

- ส่วนของโปรแกรมในการแยกองค์ประกอบของภาพถ่ายเนื้อสัตว์
- ส่วนของโปรแกรมในการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของภาพถ่ายเนื้อสัตว์

4.1 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ

จากการทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ ซึ่งจะรับสัญญาณจากการ์ดอินเตอร์เฟสมาควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อ ผลปรากฏว่าระบบสามารถควบคุมการทำงานของมอเตอร์สำหรับหมุนสายพานและคัดแยกชิ้นเนื้อได้ตามสัญญาณควบคุมที่ส่งมาจากการ์ดอินเตอร์เฟส

4.2 การทดสอบวงจรอิเล็กทรอนิกส์สำหรับตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อบนสายพาน

สำหรับวงจรส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการตรวจจับตำแหน่งของชิ้นเนื้อที่เคลื่อนที่อยู่บนสายพาน ซึ่งจะทำหน้าที่ในการส่งสัญญาณไปให้การ์ดอินเตอร์เฟสเมื่อชิ้นเนื้อเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งของการถ่ายภาพชิ้นเนื้อ ซึ่งจากผลการทดสอบระบบสามารถส่งสัญญาณไปให้การ์ดอินเตอร์เฟสเมื่อชิ้นเนื้อเคลื่อนที่มาถึงตำแหน่งของการถ่ายภาพชิ้นเนื้อได้

4.3 การทดสอบโปรแกรมในการประมวลผลภาพ

สำหรับโปรแกรมในการประมวลผลภาพจะรับข้อมูลรูปภาพที่ถ่ายมาจากกล้อง CCD มาทำการประมวลผลโดยการประมวลผลจะแยกเป็นส่วนที่สำคัญคือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

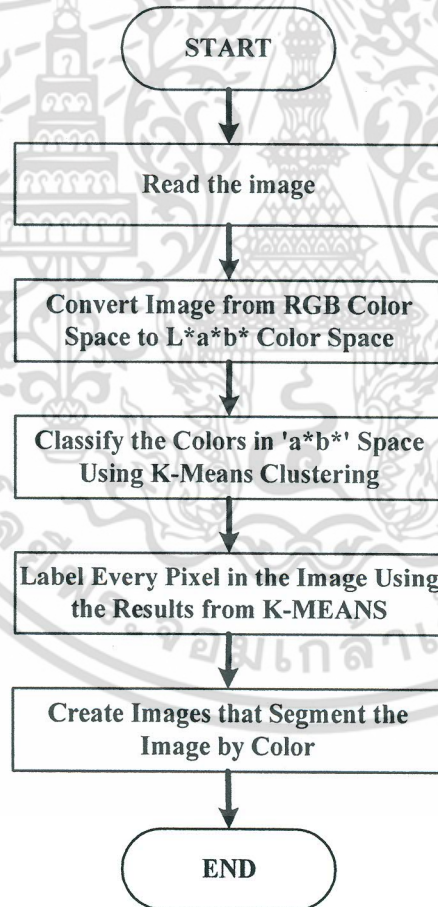
4.3.1 ส่วนของโปรแกรมในการแยกองค์ประกอบของภาพถ่ายเนื้อสัตว์

สำหรับในโปรแกรมส่วนนี้จะทำหน้าที่ในการแยกองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ออกเป็น 3

ส่วนคือ

- ภาพของเนื้อสัตว์ทั้งหมด
- ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของเนื้อ
- ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของไขมัน

โดยอัลกอริทึมในการประมวลผลภาพจะอาศัยอัลกอริทึมแบบเคมีน(K-means clustering) ซึ่งเป็นอัลกอริทึมที่ใช้แพร่หลายในการใช้จัดกลุ่มข้อมูล[9-10] โดยลักษณะขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพนี้ ในส่วนของการแยกองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.1

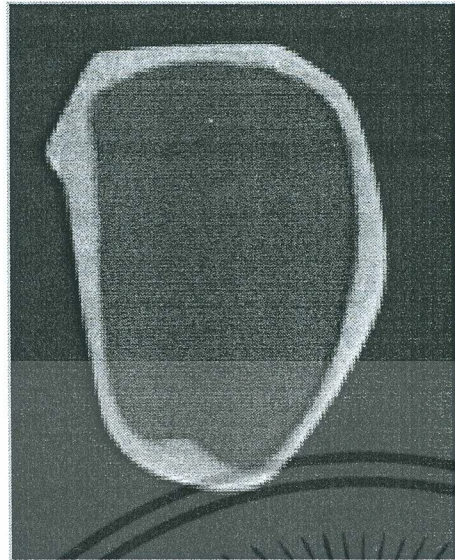


รูปที่ 5.1 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการแยกองค์ประกอบของเนื้อสัตว์

สำหรับตัวอย่างของผลการทดสอบโปรแกรมโดยใช้ภาพจำลอง[6] สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.2

ถึง 5.4

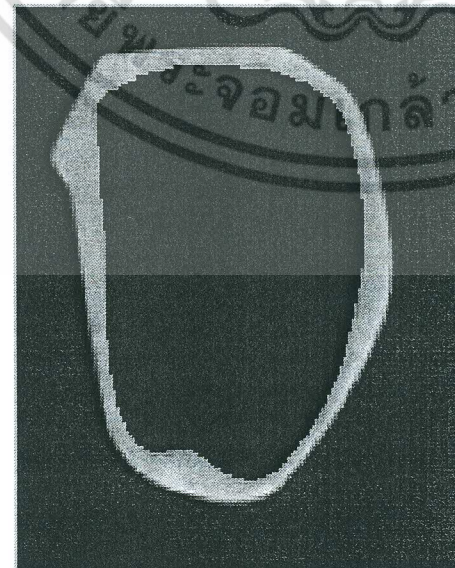
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.2 ภาพของเนื้อสัตว์ทั้งหมด



รูปที่ 5.3 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของเนื้อ



รูปที่ 5.4 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของไขมัน

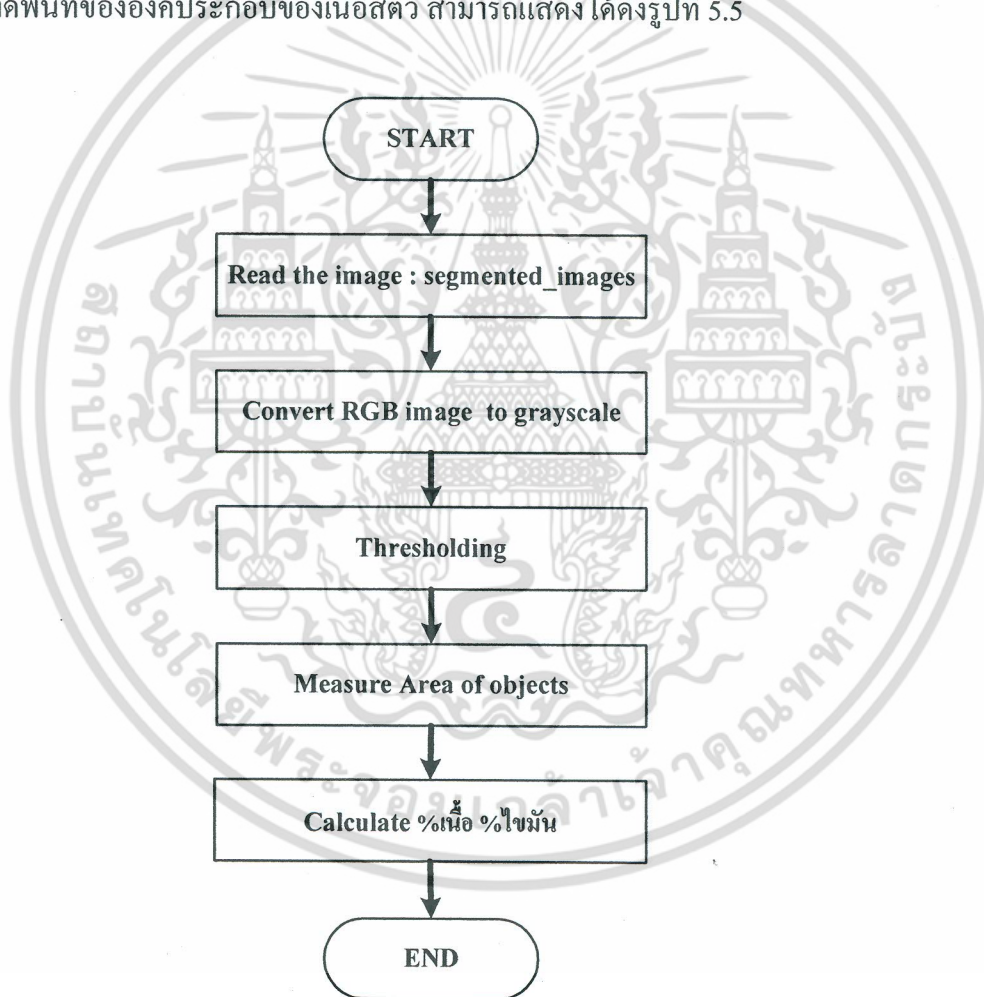
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3.2 ส่วนของโปรแกรมในการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของภาพถ่ายเนื้อสัตว์

สำหรับโปรแกรมในส่วนนี้จะทำหน้าที่ในนำเอาองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ซึ่งผ่านการแยกองค์ประกอบแล้ว 3 ส่วนคือ

- ภาพของเนื้อสัตว์ทั้งหมด
- ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของเนื้อ
- ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของไขมัน

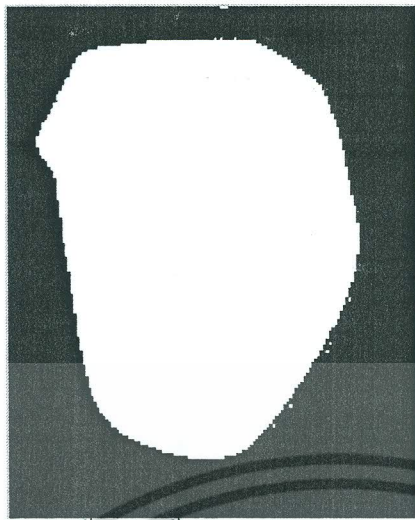
มาทำการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของเนื้อสัตว์ในแต่ละส่วน โดยลักษณะขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมที่ใช้ในระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพนี้ ในส่วนของการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของเนื้อสัตว์ สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.5



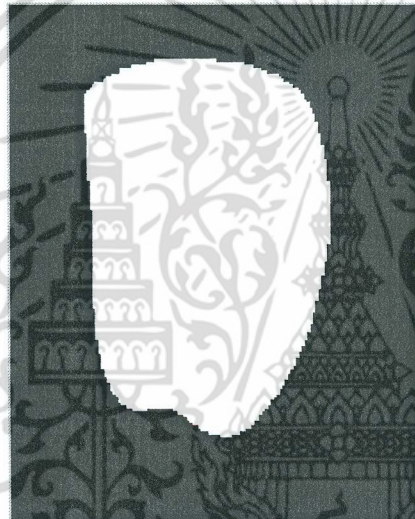
รูปที่ 5.5 ขั้นตอนการทำงานของโปรแกรมในการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของเนื้อสัตว์

สำหรับตัวอย่างของผลการทดสอบโปรแกรมโดยใช้ภาพจำลอง[6] สามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.6 ถึง 5.8

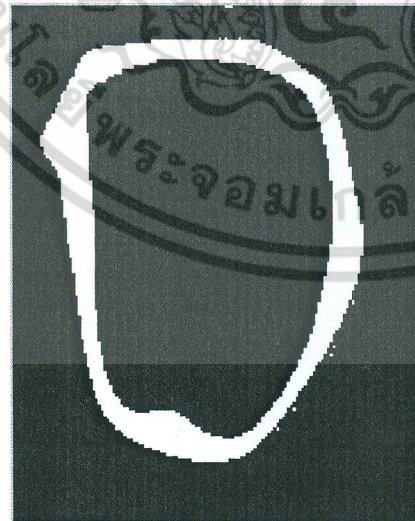
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 ภาพของเนื้อสัตว์ทั้งหมดในการนำไปคำนวณหาพื้นที่

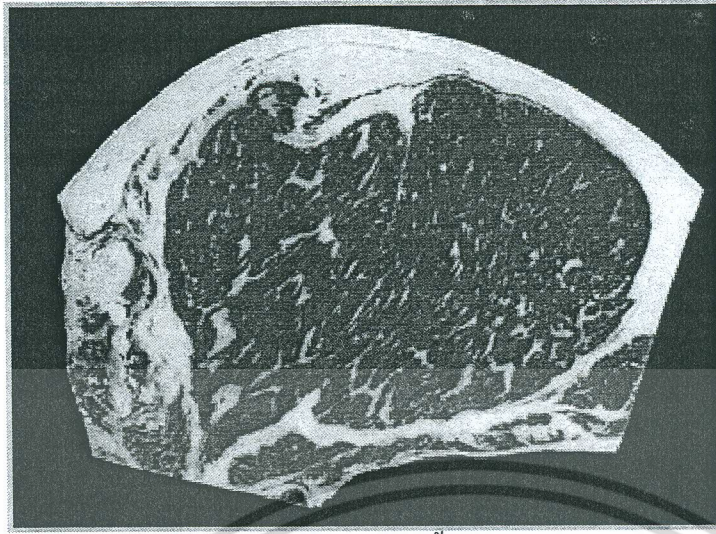


รูปที่ 5.7 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของเนื้อในการนำไปคำนวณหาพื้นที่

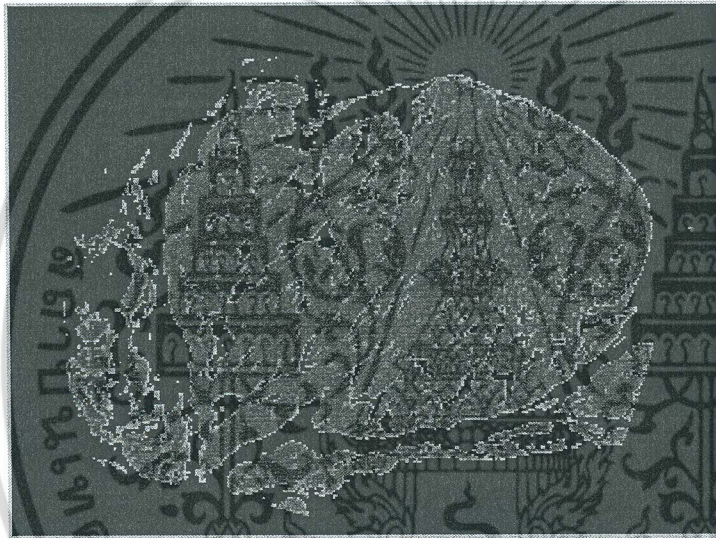


รูปที่ 5.8 ภาพของเนื้อสัตว์ในส่วนของไขมันในการนำไปคำนวณหาพื้นที่

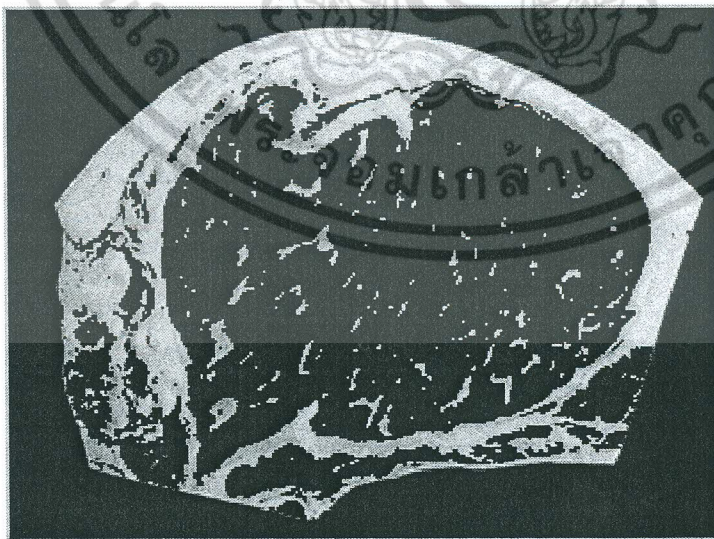
จากรูปที่ 5.6 ถึง 5.8 จะได้ขนาดของเนื้อเท่ากับ 73.67 และขนาดของไขมันเท่ากับ 26.5% ที่ค่าความผิดพลาดประมาณ 0.18% โดยผลการทดลองจากภาพถ่ายเนื้อสัตว์ต่างๆสามารถแสดงได้ดังรูปที่ 5.9 ถึง 5.56 เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปเผยแพร่ขึ้นด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.9 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 1)

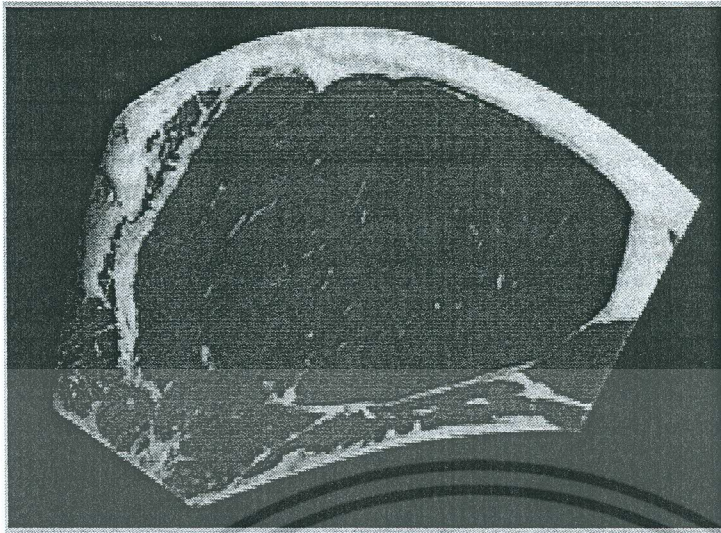


รูปที่ 5.10 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 1)



รูปที่ 5.11 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 1)

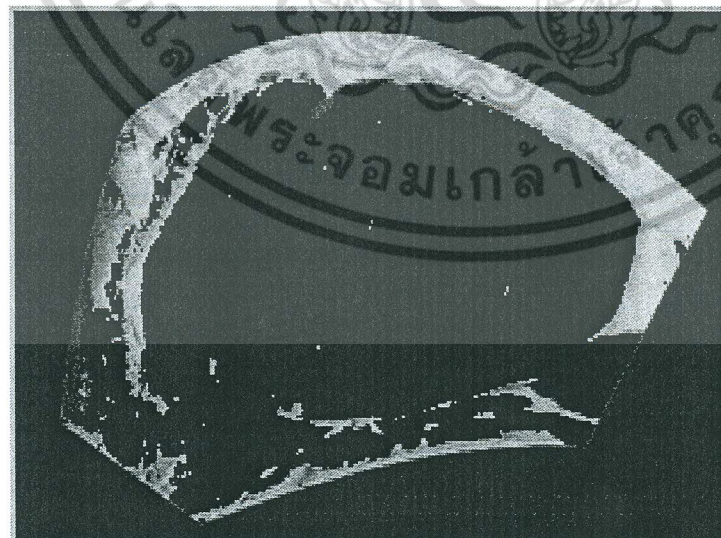
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 2)

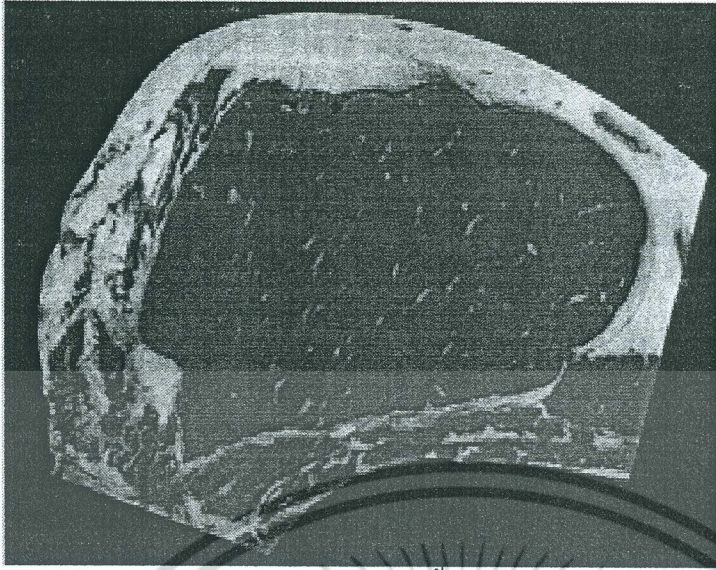


รูปที่ 5.13 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 2)



รูปที่ 5.14 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 2)

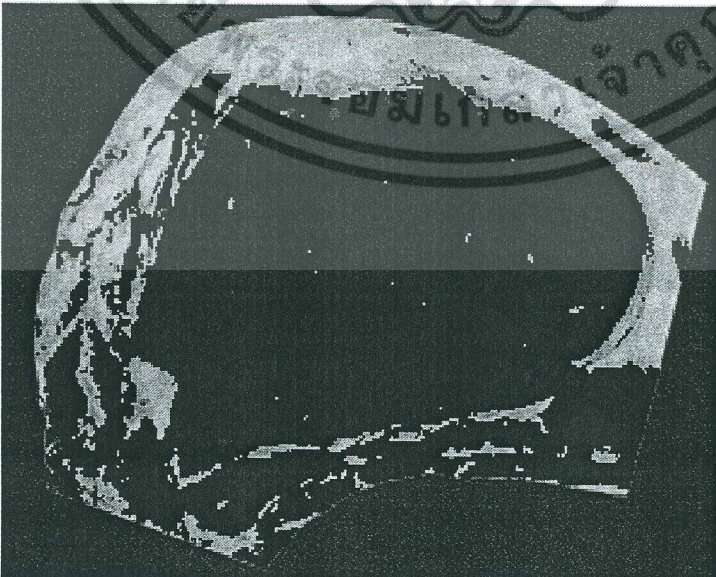
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 3)

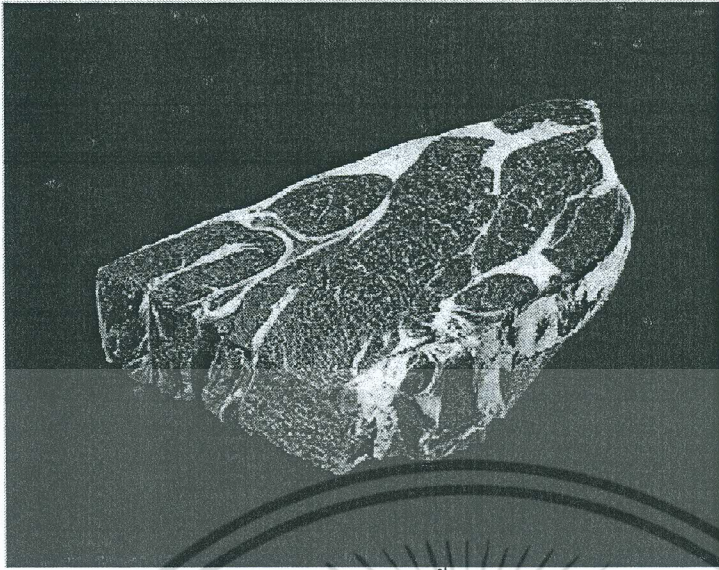


รูปที่ 5.16 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 3)

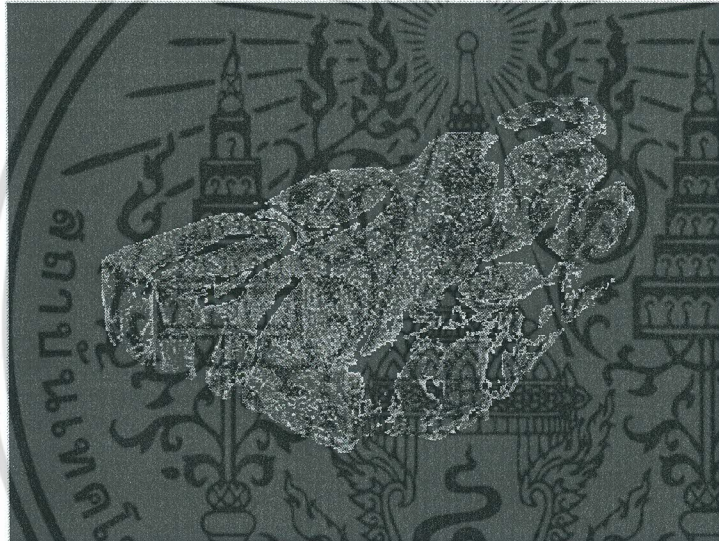


รูปที่ 5.17 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 3)

เอกรูปที่ 5.17 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 3) ประกอบเอกสารที่ใช้ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



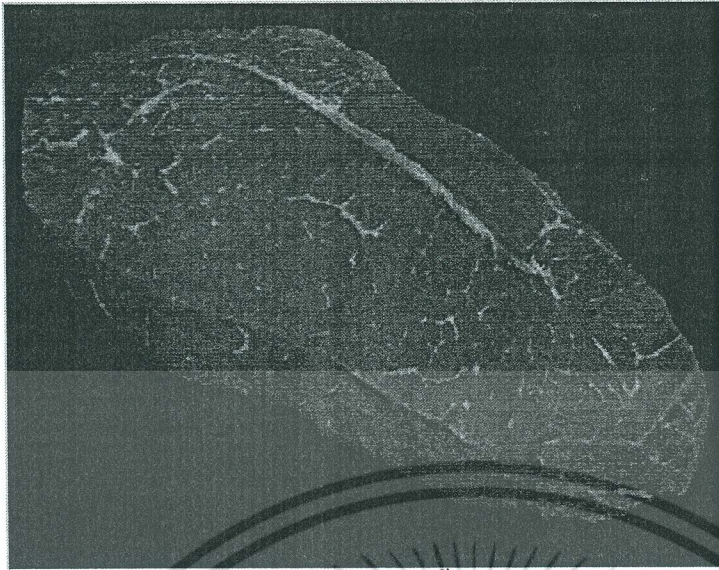
รูปที่ 5.18 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 4)



รูปที่ 5.19 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 4)



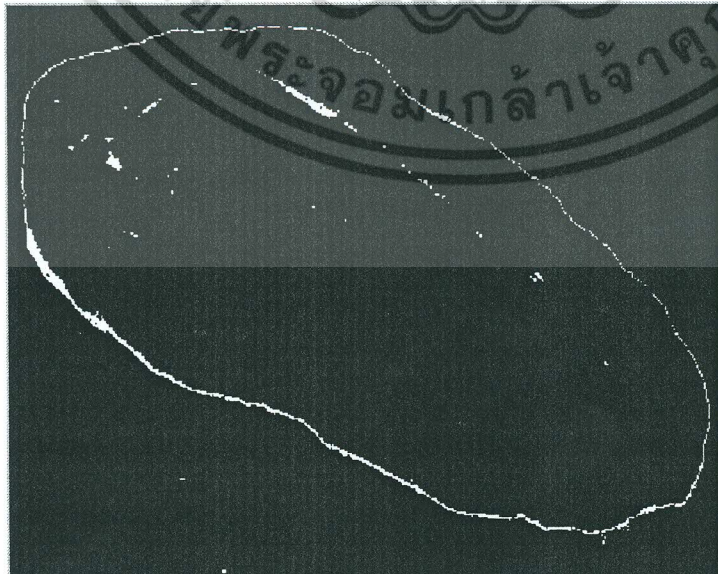
รูปที่ 5.20 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 4)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



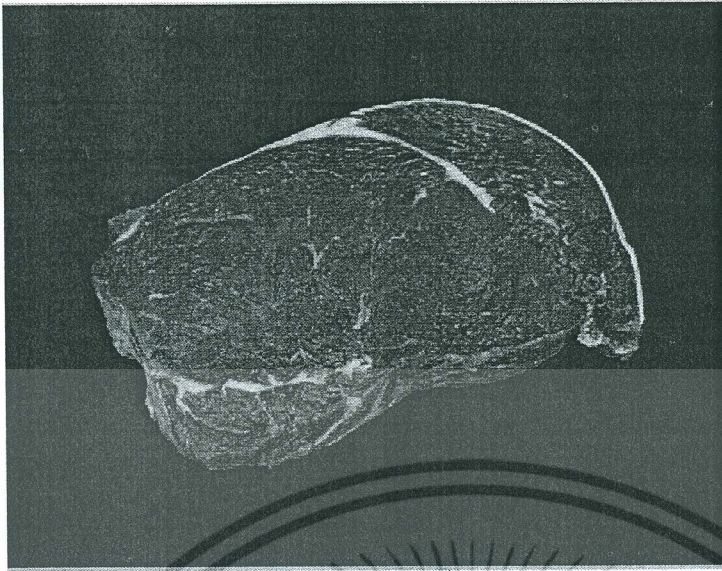
รูปที่ 5.21 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 5)



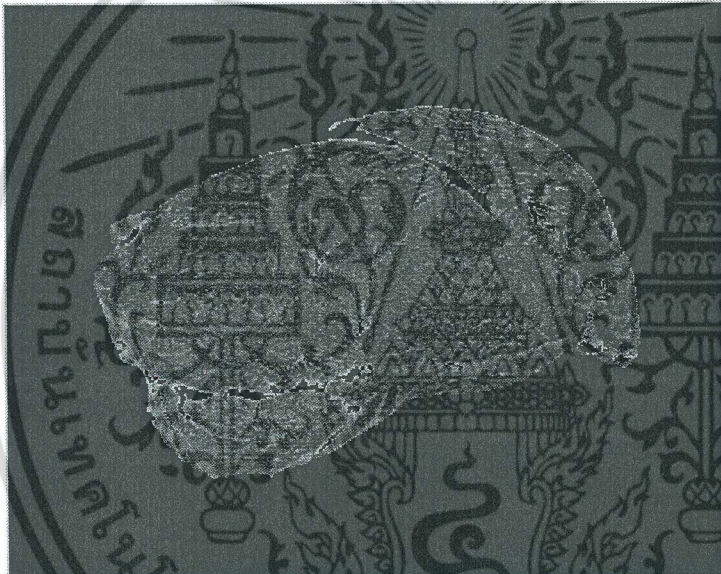
รูปที่ 5.22 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 5)



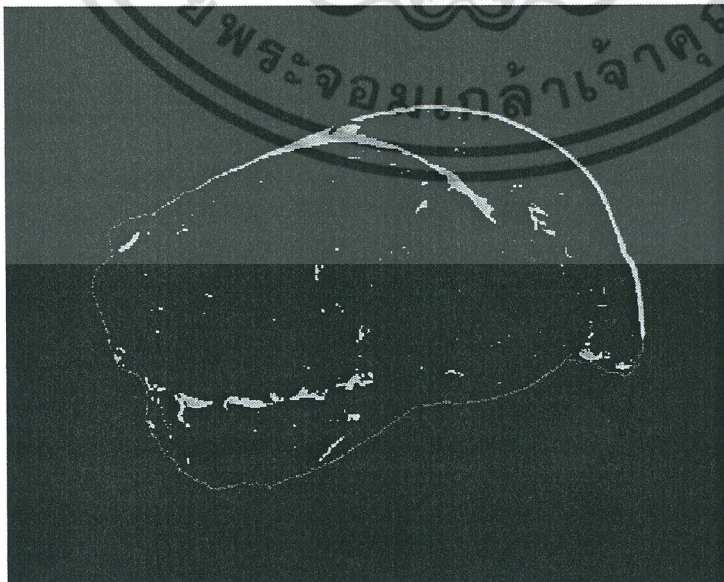
รูปที่ 5.23 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 5) เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



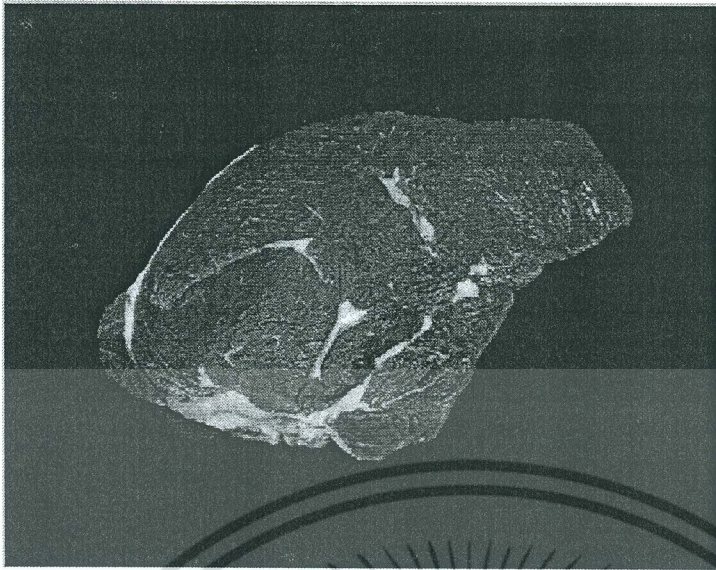
รูปที่ 5.24 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 6)



รูปที่ 5.25 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 6)



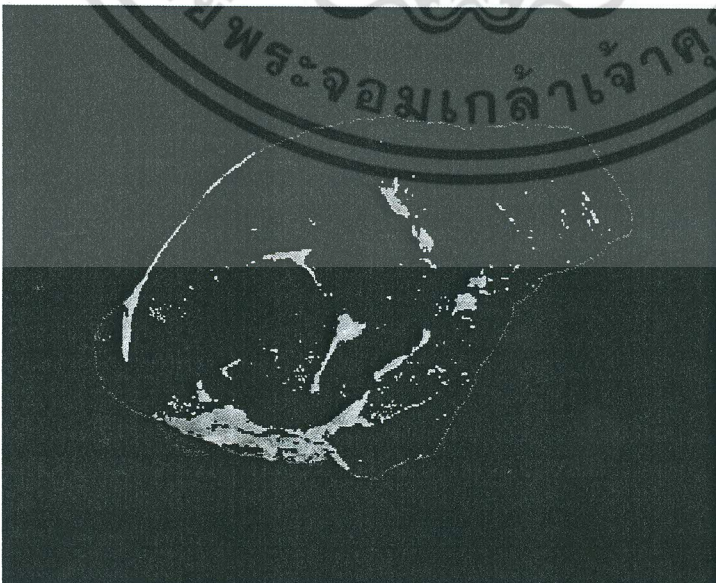
รูปที่ 5.26 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 6)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในวงวิชาการศึกษาเท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.27 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 7)

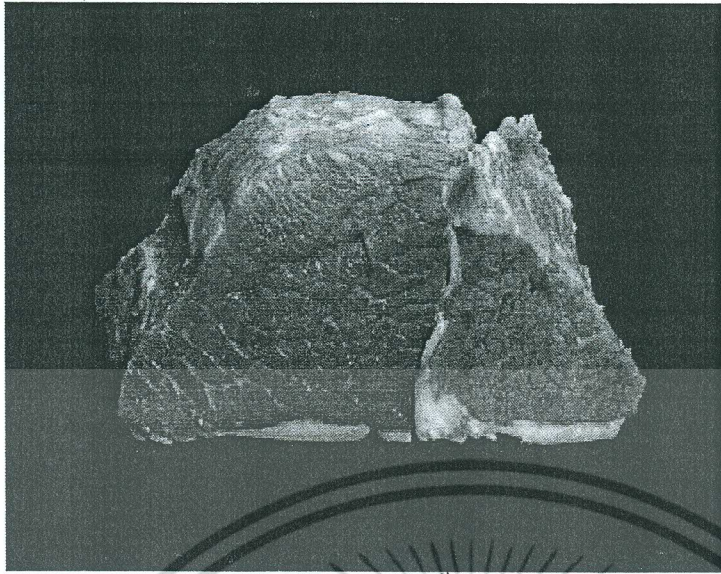


รูปที่ 5.28 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 7)

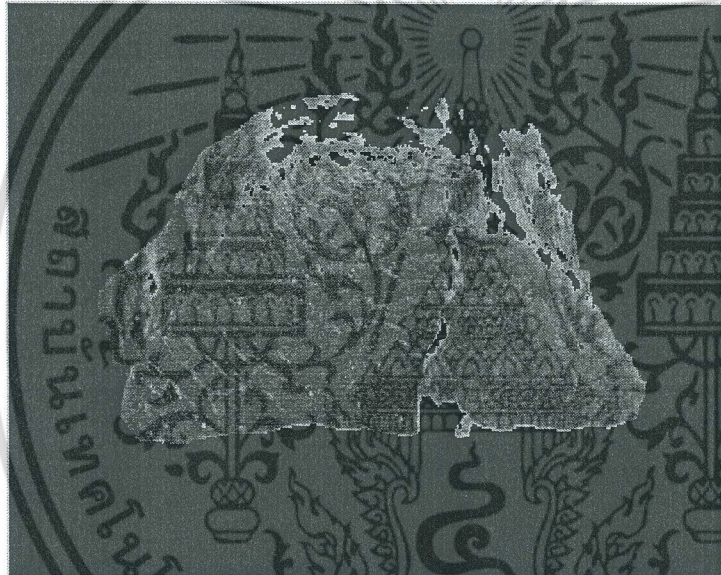


รูปที่ 5.29 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 7)

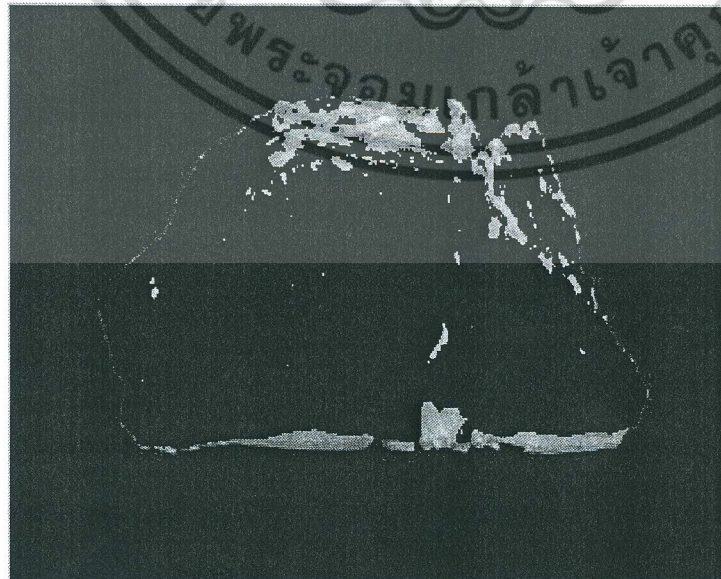
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการเรียนการสอนและการตีพิมพ์เท่านั้น ไม่สามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.30 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 8)



รูปที่ 5.31 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 8)

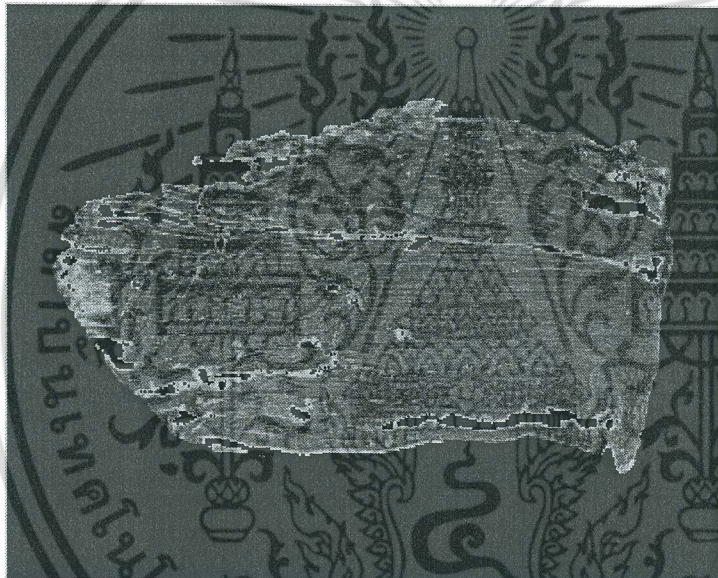


รูปที่ 5.32 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 8)

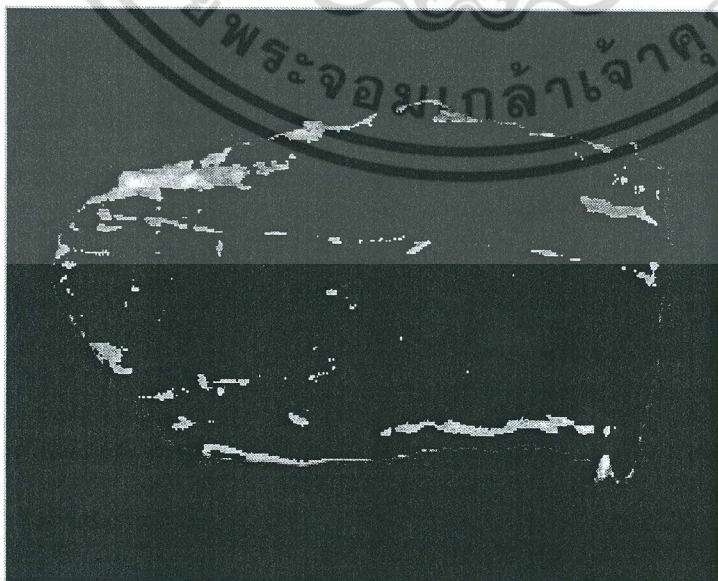
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้เพื่อใช้ในการวิจัยของกรมการสัตวแพทย์ ไม่ควรเผยแพร่โดยไม่ได้รับอนุญาตจากกรมการสัตวแพทย์ไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



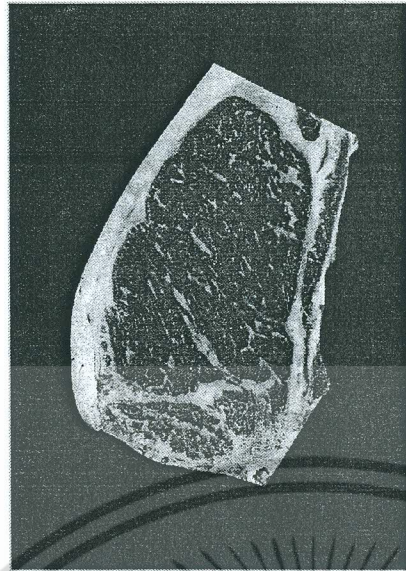
รูปที่ 5.33 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 9)



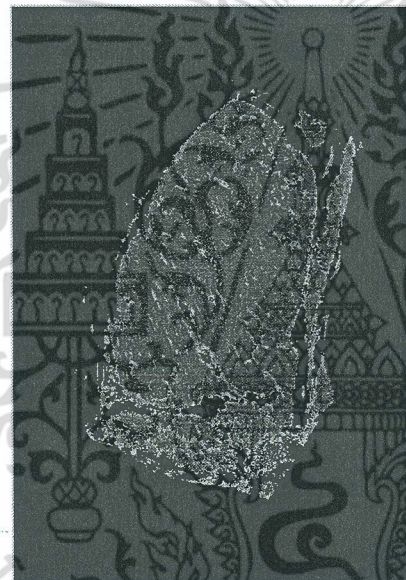
รูปที่ 5.34 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 9)



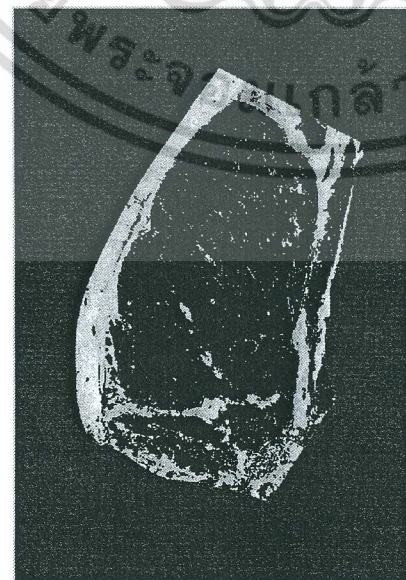
รูปที่ 5.35 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 9)
เอคสุสันเป็นเอกสารที่จัดทำขึ้นเพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่ควรนำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



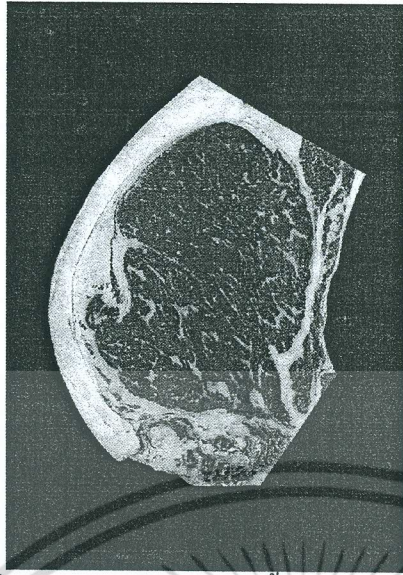
รูปที่ 5.36 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 10)



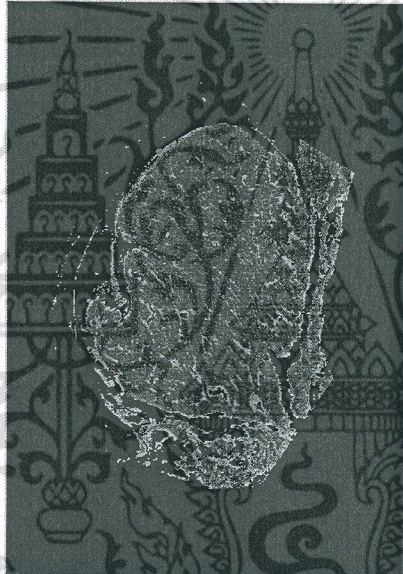
รูปที่ 5.37 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้ออกมา (Case 10)



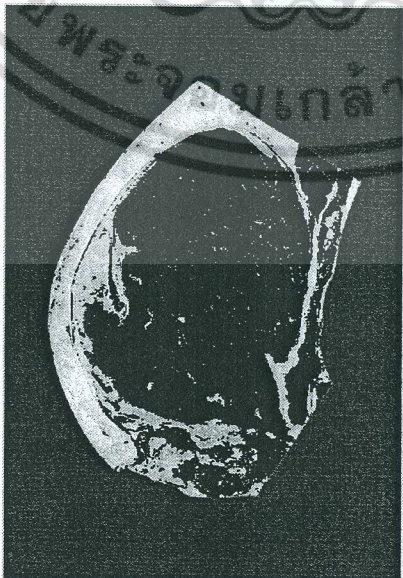
รูปที่ 5.38 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 10)
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้ใช้ในงานวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



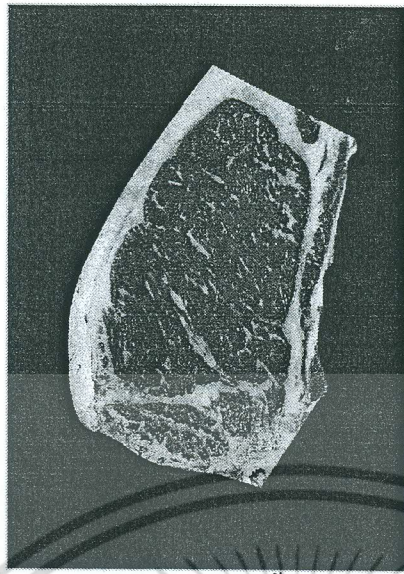
รูปที่ 5.39 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 11)



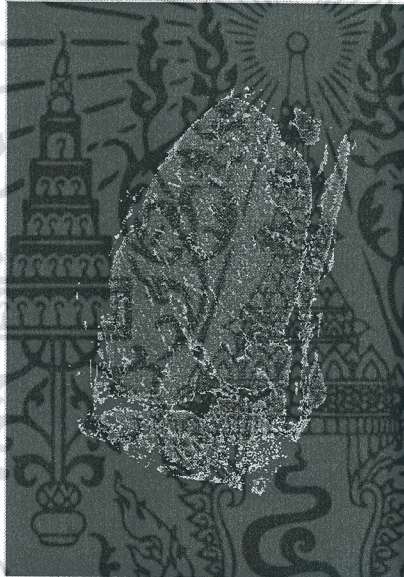
รูปที่ 5.40 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 11)



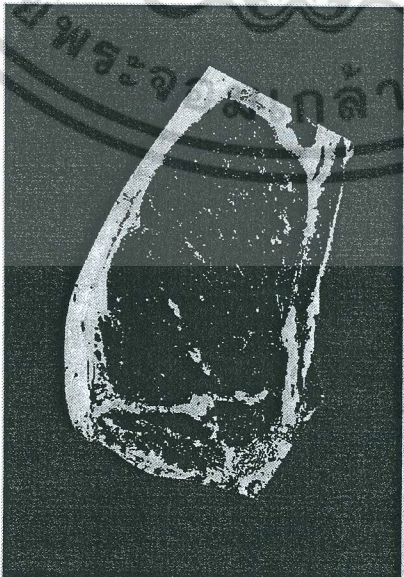
รูปที่ 5.41 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 11)
เออร์รี่เป็นเอกสารที่สงวนไว้ซึ่งลิขสิทธิ์ของบรรณาธิการและจะไม่อนุญาตให้ทำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



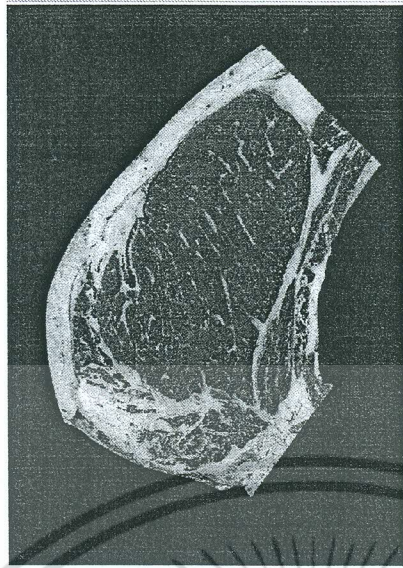
รูปที่ 5.42 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 12)



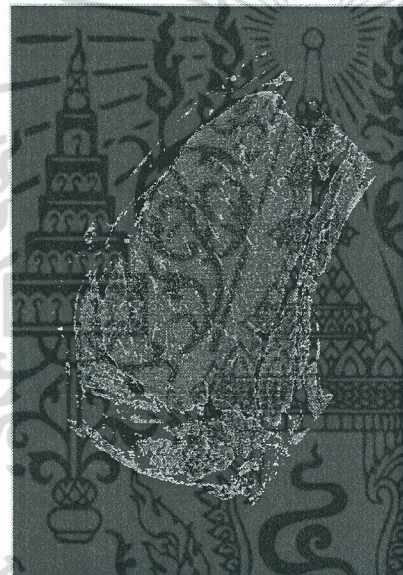
รูปที่ 5.43 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 12)



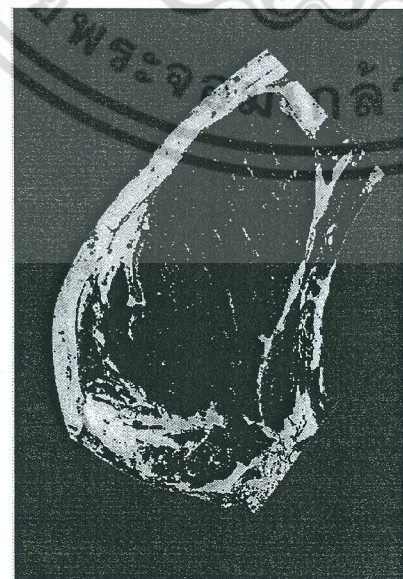
รูปที่ 5.44 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 12) ใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.45 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 13)

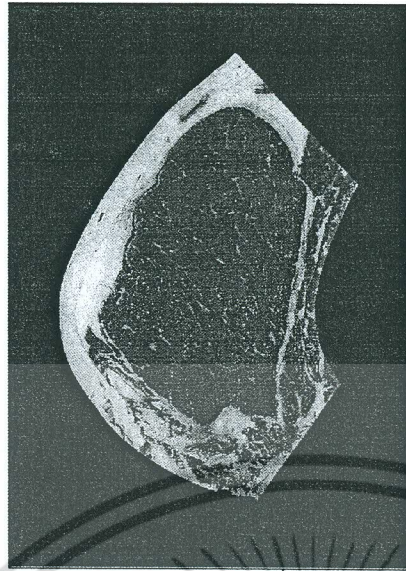


รูปที่ 5.46 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 13)



รูปที่ 5.47 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 13)

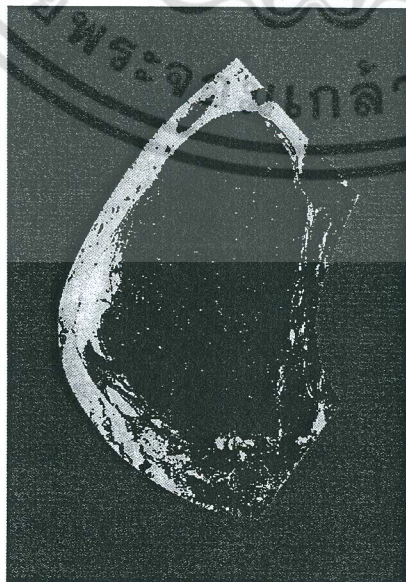
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการเรียนการสอนเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.48 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 14)

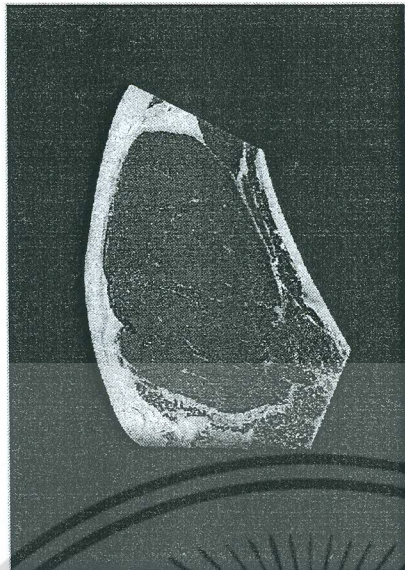


รูปที่ 5.49 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 14)

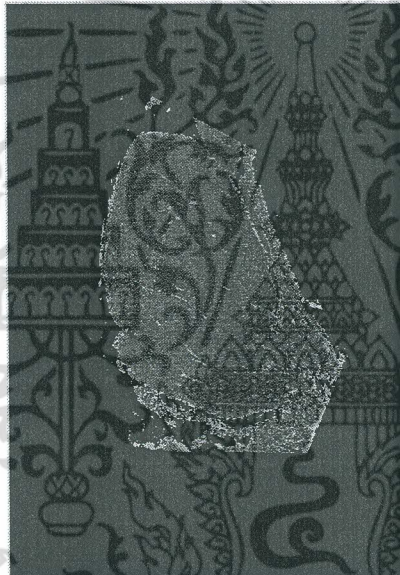


รูปที่ 5.50 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 14)

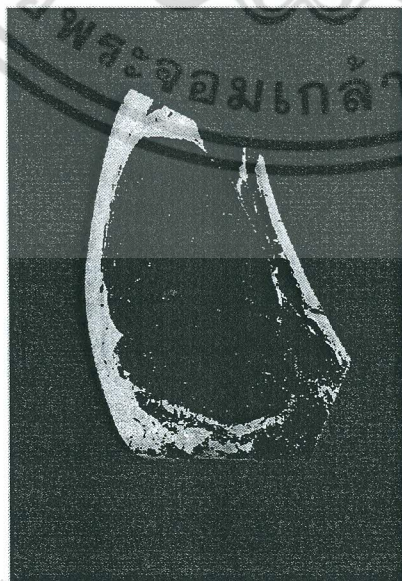
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้ใช้เฉพาะกรื่องานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



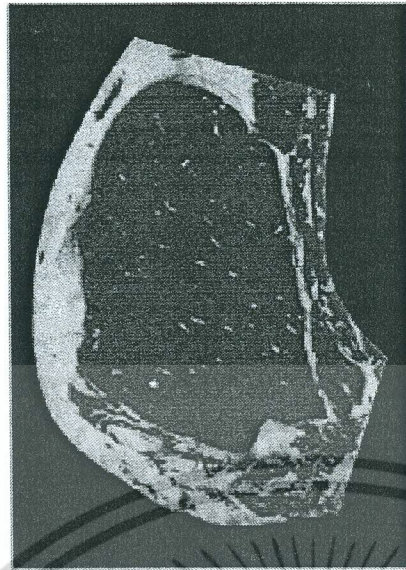
รูปที่ 5.51 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 15)



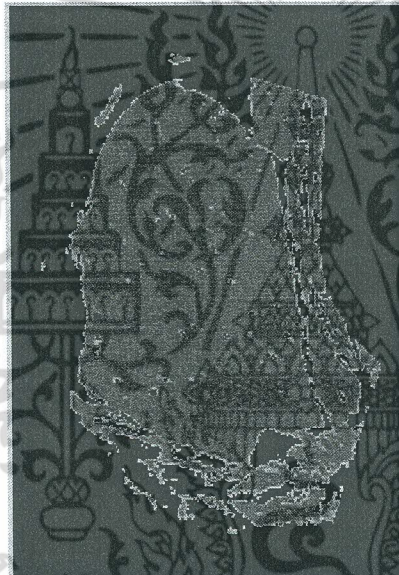
รูปที่ 5.52 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 15)



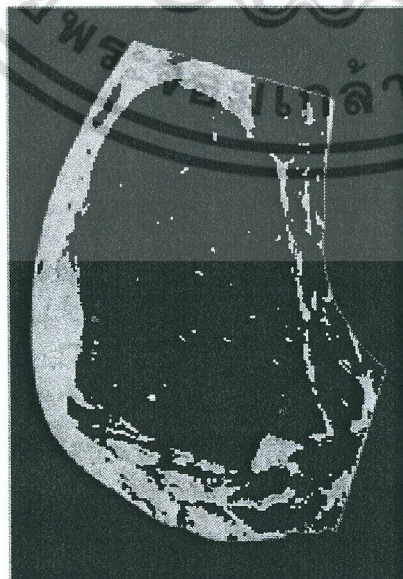
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับงานวิชาการเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5.53 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการคัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 15)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.54 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์ (Case 16)



รูปที่ 5.55 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นเนื้อออกมา (Case 16)



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับใช้ในการตรวจสอบเท่านั้น ไม่ควรเผยแพร่ให้ผู้อื่นไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า
รูปที่ 5.56 ลักษณะภาพถ่ายเนื้อสัตว์เมื่อทำการตัดแยกส่วนที่เป็นไขมันออกมา (Case 16)
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปถ่ายเนื้อสัตว์ตั้งแต่ Case 1 ถึง Case 16 รูปที่ได้จากการแยกองค์ประกอบของเนื้อสัตว์ดังรูปที่ 5.9 ถึง 5.56 เราจะนำโปรแกรมในการหาขนาดพื้นที่ขององค์ประกอบของเนื้อสัตว์มาใช้ในการคำนวณหาขนาดของเนื้อ ขนาดของไขมัน และค่าความผิดพลาด(Error) ของรูปถ่ายเนื้อสัตว์ใน Case ต่างๆ ได้ดังตารางที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 ขนาดของเนื้อ ขนาดของไขมัน และค่าความผิดพลาด(Error) ของรูปถ่ายเนื้อสัตว์ใน Case ต่างๆ

Case	%เนื้อที่วัดได้จากโปรแกรม	%ไขมันที่วัดได้จากโปรแกรม	%เนื้อจริง	%ไขมันจริง	%error(เนื้อ)	%error(ไขมัน)
Case 1	65.35	35.95	64.51	35.49	-1.30	-1.28
Case 2	74.64	26.02	74.15	25.85	-0.66	-0.66
Case 3	74.34	26.53	73.70	26.30	-0.87	-0.87
Case 4	78.76	22.12	78.07	21.93	-0.88	-0.88
Case 5	97.78	2.37	97.63	2.37	-0.14	-0.14
Case 6	94.08	6.35	93.68	6.32	-0.42	-0.42
Case 7	89.93	10.71	89.36	10.64	-0.64	-0.63
Case 8	86.58	13.84	86.22	13.78	-0.42	-0.42
Case 9	91.97	8.35	91.68	8.32	-0.31	-0.31
Case 10	62.13	38.78	61.57	38.43	-0.91	-0.90
Case 11	68.58	32.14	68.09	31.91	-0.73	-0.72
Case 12	71.46	29.66	70.67	29.33	-1.12	-1.11
Case 13	66.94	34.07	66.27	33.73	-1.02	-1.01
Case 14	78.41	22.51	77.69	22.31	-0.92	-0.92
Case 15	76.38	24.32	75.85	24.15	-0.70	-0.69
Case 16	71.32	29.49	70.75	29.25	-0.81	-0.80

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5

บทสรุป

จากการทดสอบระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพผลปรากฏว่าระบบที่ได้ทำการพัฒนาขึ้นมา ระบบสามารถแยกภาพเนื้อและไขมันออกจากกันเพื่อนำมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเนื้อที่นำมาทดสอบได้ แต่ยังคงมีความผิดพลาดของภาพเนื้อและไขมันที่ได้อยู่บ้าง โดยทางผู้วิจัยสามารถสรุปข้อแนะนำแก่ผู้สนใจที่จะนำระบบตรวจสอบคุณภาพเนื้อสัตว์โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพที่ทำการสร้างขึ้น ไปพัฒนาต่อดังนี้

1. ในโครงการวิจัยนี้ ผู้วิจัยมุ่งเน้นในการประเมินคุณภาพเนื้อสัตว์โดยการประเมินปริมาณไขมันเป็นหลัก ดังนั้นผู้สนใจสามารถนำวิธีการประเมินอื่นมาพัฒนาต่อได้ เช่น การนำลักษณะของลายเนื้อมาใช้ในการประเมินคุณภาพของเนื้อที่นำมาทดสอบเป็นต้น
2. ผู้สนใจสามารถนำเทคนิคที่พัฒนาขึ้นไปใช้กับผลิตภัณฑ์อื่นๆ ได้

เอกสารอ้างอิง

- [1] อิมเอิบ พันสค “เทคโนโลยีเนื้อและผลิตภัณฑ์” บทเรียนบนเครือข่ายอินเทอร์เน็ต คณะเทคโนโลยีการเกษตรและเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
- [2] ชัยณรงค์ กันธพนิต. “วิทยาศาสตร์เนื้อสัตว์” กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2529.
- [3] เขวลักษณ์ สุรพันธ์พิศิษฐ์. “เทคโนโลยีเนื้อสัตว์และผลิตภัณฑ์” ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, พิมพ์ครั้งที่ 2, เค.ยู.เพลส, 2536.
- [4] สัจชัย จตุรสิทธา “เทคโนโลยีเนื้อสัตว์” ภาควิชาสัตวศาสตร์ คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, , พิมพ์ครั้งที่ 2, กุมภาพันธ์ 2543.
- [5] รศ. ดร. สุวรรณมา พรหมทอง “ การทำฟาร์มสุกร” ศูนย์รวมตำราเรียนรวมคำแห่งบนโลก อินเทอร์เน็ต สาขาวิชาเทคโนโลยีการเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยรามคำแหง
- [6] JAPAN MEAT GRADING ASSOCIATION, TOKYO, JAPAN, APRIL, 1988
- [7] “The Meat Buyer’s Guide” North American Meat Processors Association - NAMP.
- [8] D. R. ZoBell, D. Whittier, and Lyle Holmgren. “BEEF QUALITY AND YIELD GRADING”
- [9] ANIL Z CHITADE and DR. S.K. KATIYAR, “Color-Based Segmentation Using K-Means Clustering” International Journal of Engineering Science and Technology, Vol. 2(10), 2010, 5319-5325.
- [10] อาทร สรรพพานิช ชูชาติ ปิณฑวิรุจน์ และ ประสงค์ ชูสรานนท์ “การแยกส่วนเนื้อเค็ลยของเนื้อเลือดขาวโดยการใช้อัลกอริธึมเคมีน”
- [11] National Instruments Corporation, 2012.