สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

แบบเสนอรายงานโครงการวิจัยโดยใช้เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์

ประจำปี 2550

การตรวจสอบความสดของกุ้งด้วยแมชชีนวิชชั่น

(Inspection of Shrimp Freshness by Machine Vision)

RCH
SH
380.6
ท297ก

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 84490
วัน,เดือน,ปี 13 ต.ค. 2557

หัวหน้าโครงการวิจัย ดร. นวภัทรา หนูนาค

สังกัดภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

1199 b058x
b.....
i.....

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทคัดย่อ

โครงงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการประเมินความสดของกุ้งขาวในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นระยะเวลา 14 วันด้วยแมชชีนวิชชั่นเพื่อสังเกตุการเปลี่ยนแปลงของสีของกุ้งในตำแหน่งต่าง ๆ รวมทั้งเก็บบันทึกค่าการเปลี่ยนแปลงของค่าพีเอชและประเมินเนื้อสัมผัสด้วยเครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (SMS-TA.XT plus) จากการทดลองพบว่าสีของกุ้งบริเวณส่วนหัวมีค่าการเปลี่ยนแปลงชัดเจนที่สุดเมื่อเปรียบเทียบกับส่วนอื่น ๆ ของกุ้ง โดยจากการวิเคราะห์สีด้วยโปรแกรม Lens eye ค่า block color มีการเปลี่ยนแปลงจากกุ้งสดบริเวณส่วนหัวมีค่าสีเป็น moderate olive เปลี่ยนเป็น dark olive brown หรือ olive black โดยค่าการวิเคราะห์สี ค่าเนื้อสัมผัสและค่าพีเอชมีความสัมพันธ์แบบพหุนามอันดับ 3 ซึ่งทั้งสามคุณลักษณะสามารถใช้ในการประเมินความสดได้ อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติการประเมินด้วยเนื้อสัมผัสและพีเอชเป็นไปได้ยากที่จะพัฒนาเข้าสู่ระบบการคัดแยกแบบต่อเนื่อง ในขณะที่การประเมินด้วยสีสามารถพัฒนาเข้าสู่ระบบนั้นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ABSTRACT

The objective of this project was to evaluate freshness of white shrimp during iced storage for 14 days by using Machine Vision. White shrimp are captured with the camera set to observe the changing of color at each day. Also Textural properties using SMS-TA.XT plus and pH values are examined for all 14 days storage. The experimental results obtained from Lens eye found that the color of shrimp at head part area clearly distinguish during storage time. Block color at head part changes from moderate olive to dark olive brown and olive black for fresh to 14-storaged day shrimp. Third-order polynomial equation between color, texture and pH are found. However, inspection of shrimp freshness by texture properties or pH values is difficult to perform in continuous process while color classification is possible.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานวิจัยนี้ได้รับทุนอุดหนุนจาก เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ประจำปี 2550

ขอขอบคุณ - คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
- บุคลากรประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.
- รศ.ทวีพล ซื่อสัตย์ อ.ประจำภาควิชาวิศวกรรมการวัดคุม คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

นวภัทรา หนูนาค

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ

กิตติกรรมประกาศ

สารบัญ

สารบัญตาราง

สารบัญรูป

บทที่ 1 บทนำ 1

1.1.ความเป็นมาและที่มาของงานวิจัย 2

1.2.วัตถุประสงค์ของงานวิจัย 2

1.3.ขอบเขตของงานวิจัย 2

1.4.ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ 2

บทที่ 2 การตรวจเอกสาร 3

2.1 กุ้งขาว.....3

2.2 การเก็บรักษาด้วยความเย็น.....3

2.3 การตรวจสอบความสด.....5

บทที่ 3 การออกแบบ สร้างชุดตรวจสอบสีกุ้ง.....8

3.1 กล่องควบคุมแสง.....8

3.2 ระบบการรับภาพ.....8

3.3โปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์สี.....10

3.4 โปรแกรมสำหรับการแยกระดับความสดของกุ้ง.....11

บทที่ 4 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....13

4.1 การเตรียมตัววัตถุดิบ.....13

4.2 การตรวจวิเคราะห์เนื้อสัมผัส.....14

4.3 การวัดสี.....14

4.4 การวัดพีเอช.....16

4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ.....16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5 วิเคราะห์ผลการทดลอง.....17
5.1 การวัดสี 17
5.2 การทดสอบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก.....27
5.3 การวัดพีเอช.....32
5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางเนื้อสัมผัส ค่าสีและค่าพีเอช.....34

บทที่ 6 สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ.....36

เอกสารอ้างอิง
ภาคผนวก ก ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดสี.....47
ภาคผนวก ข ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเนื้อสัมผัส.....43
ภาคผนวก ค ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ.....37

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตาราง

ตารางที่ หน้า

5.1. แสดงค่าสีส่วนหัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วันก่อนปอกเปลือก.....17

5.2. แสดงค่าสีส่วนลำตัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ก่อนปอกเปลือก.....18

5.3. แสดงค่าสีส่วนหางของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ก่อนปอกเปลือก.....18

5.4. แสดงค่าสีส่วนลำตัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน หลังปอกเปลือก.....19

5.5. การเปลี่ยนแปลงของ block color ที่ได้จากการวิเคราะห์สีบริเวณส่วนหัวกุ้ง.....24

5.6. แสดงค่าสีส่วนลำตัวของกุ้ง (L*a*b*) ที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ก่อนปอกเปลือก.....25

5.7. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางด้วยวิธีทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก กับกุ้งขาวเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-4 วัน 29

5.8. ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางด้วยวิธีทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก กับกุ้งขาวเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน 29

5.9. แสดงค่า pH ของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน.....33

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญรูป

รูปที่ หน้า

3.1 กล่องควบคุมแสงและการติดตั้งอุปกรณ์รับภาพ....8
3.2 กล่องควบคุมแสง....9
3.3 ลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์....9
3.4 ตัวอย่างหน้าต่างที่เปิดได้จากโปรแกรม Lens eye....10
3.5 ลักษณะการแสดงข้อมูลในรูปของ 64 block color....11
3.6 ตัวอย่างหน้าต่างที่ได้จากโปรแกรมการคัดแยกความสดกุ้ง....12
4.1 ลักษณะการวางตะกร้าในกล่องโฟม....13
4.2 ตำแหน่งและลักษณะการวัดขนาดกุ้ง....14
4.3 รูปถ่ายกุ้งก่อนและหลังปอกเปลือกในวันที่ 0-14....15
5.1 แสดงค่าสีสีส่วนหัว ลำตัว หางก่อนปอกเปลือกและส่วนลำตัวหลังปอกเปลือก ของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน....20
5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี RGB....23
5.3 ค่า L*a*b* ของกุ้งที่แต่ละตำแหน่งอายุการเก็บในน้ำแข็ง 0-14 วัน....26
5.4 กราฟความสัมพันธ์แรงและเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0 วัน....27
5.5 กราฟความสัมพันธ์แรงและระยะเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0 วัน....27
5.6 กราฟความสัมพันธ์แรงและเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน....28
5.7 กราฟความสัมพันธ์แรงและระยะเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน....28
5.8 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-4 วัน....30
5.9 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14วัน....31
5.10 กราฟค่าพีเอชของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน....33
5.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าToughness ค่าสี R และค่า pH กับเวลา....34
5.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Toughness และค่า pH กับค่าสี R....35

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

1.1 ความเป็นมาและที่มาของงานวิจัย

กุ้งเป็นสินค้าส่งออกหลักสินค้าหนึ่งของประเทศไทย มูลค่าการส่งออกต่อปีประมาณ 2000 ล้านดอลลาร์สหรัฐฯ(กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ กรมประมง รวบรวมข้อมูลจากกรมศุลกากร) โดยมีหลากหลายปัจจัยที่เป็นอุปสรรคต่อการส่งออก การตรวจสอบคุณภาพความสดของกุ้งเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อมารตการการนำเข้ากุ้งของต่างประเทศ เนื่องจากเพราะใช้ระยะเวลาที่ยาวนานในการขนส่ง ทำให้ระดับความสดเปลี่ยนไป ระดับความสดหลังการตายอยู่ในระดับสูงสุด และลดลงเรื่อย ๆ ระหว่างการเก็บรักษา การตรวจสอบระดับความสดของกุ้งสามารถสังเกตจากลักษณะภายนอกได้แก่ รูปร่าง สี ตำหนิ และกลิ่น คุณสมบัติทางเคมีได้แก่ คุณค่าทางสารอาหาร สารประกอบต่าง ๆ IMP Hx TVB TMA และปริมาณจุลินทรีย์ (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) และคุณสมบัติทางกายภาพ คือ การตรวจสอบเนื้อสัมผัส และพีเอช (pH)

การวัดระดับความสดวิธีต่าง ๆ เช่น IMP สามารถตรวจวัดได้ในขณะที่กุ้งยังสดอยู่จนถึงระยะแรกที่มีการเกร็งตัวเท่านั้น (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) Hx จะมีความแม่นยำสูงเฉพาะระยะสุดท้ายที่กุ้งมีการเกร็งตัวเท่านั้น (Clucas, 2525;Fatima, และคณะ. ,2524;Matsumoto และ Yamanaka,2533) TVB สารที่เป็นส่วนประกอบของด่างที่ระเหยได้อาจมีระดับลดลงจากการระเหยและละลายไปกับน้ำทำให้ค่าคลาดเคลื่อน และTMB มีการตรวจพบว่า ระดับของไตรเมธิลามีนไม่มีความสัมพันธ์กับความสดของกุ้ง (Cobb III และ Vanderzant, 2514) การวิเคราะห์ชนิดและนับจำนวนจุลินทรีย์เป็นดัชนีบ่งชี้ความสดของกุ้งที่ไม่มีความแน่นอน (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535)

โดยทั่วไประดับความสดของกุ้งจะถูกคัดแยกจากคนที่ทำหน้าที่คัดแยก ซึ่งการพิจารณากุ้งสดสามารถพิจารณาได้จากหลากหลายคุณสมบัติ ดังนี้

คุณสมบัติทางเคมี: กลิ่นของกุ้งสดไม่ควรจะมีกลิ่นเหม็นคล้ายแอมโมเนีย

คุณสมบัติทางเนื้อสัมผัส: เนื้อของกุ้งสดต้องแน่นไม่นิ่ม

คุณสมบัติทางกายภาพ: สีของกุ้งโดยเฉพาะบริเวณครีบและหางต้องไม่เป็นสีชมพู (ยกเว้นกุ้งบางชนิด) Luzuriaga et al. (1997) ได้ทำการศึกษาสีของกุ้งที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ พบว่า สีของกุ้งได้มีการเปลี่ยนแปลงตามเวลาที่เก็บ

อย่างไรก็ตาม ปัญหาจากการคัดแยกโดยคนมักจะประสบปัญหา เนื่องจากประสบการณ์และมาตรฐานการตัดสินใจของแต่ละคนไม่เท่ากัน อีกทั้งคนยังถูกจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาในการทำงานไม่สามารถทำงานต่อเนื่องเป็นระยะเวลานานได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

มีงานวิจัยจำนวนมากที่เกี่ยวข้องกับการตรวจวัดระดับความสดของกุ้ง อย่างไรก็ตามยังไม่พบการศึกษาลักษณะการเปลี่ยนแปลงของสีของกุ้งขาวสดระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งโดยใช้แมชชีนวิชชั่น ซึ่งโดยหากเป็นการศึกษาเรื่องสีส่วนใหญ่เป็นการศึกษาการเปลี่ยนแปลงของกุ้งแช่แข็ง ดังนั้น โครงงานนี้จึงศึกษาเรื่องการเปลี่ยนแปลงสีของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง โดยใช้สีเป็นดัชนีวัดระดับความสดของกุ้งโดยทำการเปรียบเทียบกับสีของกุ้งสด โดยที่สีของกุ้งที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ กันจะถูกวิเคราะห์ด้วยชุดตรวจสอบระดับความสดของกุ้งที่พัฒนาขึ้น ซึ่งเป็นวิธีการทดสอบแบบไม่ทำลาย (non-destructive test) ที่สามารถปฏิบัติได้อย่างรวดเร็วและไม่ซับซ้อนสำหรับผู้ปฏิบัติงาน

1.2 วัตถุประสงค์ของงานวิจัย

วัตถุประสงค์โดยทั่วไปของโครงการคือ เพื่อศึกษาและออกแบบชุดตรวจสอบระดับความสดของกุ้ง ในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งโดยมีวัตถุประสงค์จำเพาะดังนี้

4.1 เพื่อออกแบบและสร้างชุดตรวจสอบระดับความสดของกุ้งด้วยแมชชีนวิชั่น

4.2 เพื่อพัฒนาโปรแกรมที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์ระดับความสดของกุ้งด้วยแมชชีนวิชั่น

4.3 ศึกษาการเปลี่ยนแปลง สี เนื้อสัมผัสและค่าพีเอช (pH)ของกุ้ง ในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

1.3 ขอบเขตของงานวิจัย

1.3.1 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงสี เนื้อสัมผัสและค่าพีเอชของกุ้งขาวที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง

1.3.2 พัฒนาโปรแกรมแบ่งกลุ่มความสดของกุ้งตามค่าการเปลี่ยนแปลงของสี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1. ทราบแนวโน้มการเปลี่ยนแปลงสี เนื้อสัมผัสและค่าพีเอชของกุ้งขาวสดที่เก็บรักษาในน้ำแข็ง

1.4.2. โปรแกรมการแบ่งกลุ่มความสดของกุ้งตามค่าการเปลี่ยนแปลงของสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 กุ้งขาว

กุ้งขาว หรือ Whiteleg shrimp ชื่อวิทยาศาสตร์ Litopenaeus vannamai หรือที่เรียกว่า กุ้งแวนนาไม มีลำตัวขาวใส ลำไส้โตเห็นได้ชัด ขามีสีขาว หางสีแดง โดยเฉพาะบริเวณปลายหางจะมีสีแดงเข้ม การนำกุ้งมาบริโภคนั้น สิ่งที่ต้องคำนึงถึงมากที่สุดคือ ระดับความสดของกุ้ง (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) แต่กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่เน่าเสียได้ง่าย เนื่องจากกุ้งที่มีชีวิตนั้นระดับของสารประกอบต่าง ๆ ในเนื้อเยื่อเช่น กรดอะมิโน นิวคลีโอไทด์ และน้ำตาล จะถูกรักษาให้อยู่ในสภาพสมดุลโดยผ่านกระบวนการสังเคราะห์ (anabolic pathways) และการบวนการแตกสลาย (catabolic pathways) ด้วยกลไกที่ซับซ้อน (Lehninger, 2528) หลังการตายการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมียังคงดำเนินต่อไปแต่เป็นไปโดยปราศจากการควบคุม เช่น สภาพเกร็งตัวของกล้ามเนื้อหลังการตาย (rigor mortis) (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ การเปลี่ยนแปลงสี และการอ่อนตัวของเนื้อกุ้ง (สุทธวัฒน์ เบญจกุลและคณะ, 2548) เป็นต้น การย่อยสลายเนื้อเยื่อโดนเอนไซม์จากกุ้งเองและแบคทีเรียเป็นสาเหตุสำคัญที่ทำระดับความสดของกุ้งลดลง (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) เอนไซม์โดยทั่วไปทำหน้าที่เป็นตัวเร่งปฏิกิริยาได้ดีที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส และจะมีอัตราเร็วสูงขึ้นเมื่ออุณหภูมิเพิ่มขึ้น ในทางกลับกันกับอัตราเร่งปฏิกิริยาเอนไซม์จะลดลงเมื่ออุณหภูมิต่ำลง (Lehninger, 2528) การใช้เทคโนโลยีที่เหมาะสมสามารถรักษาสภาพธรรมชาติของกุ้งเช่น การเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอปฏิกิริยาต่าง ๆ และการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์ นอกจากนี้การใช้สารยับยั้งเอนไซม์พอลีฟีนอลออกซิเดสร่วมกับการเก็บรักษาที่อุณหภูมิต่ำสามารถชะลอหรือลดการเสื่อมเสียของกุ้งก่อนเข้าสู่โรงงานได้ (สุทธวัฒน์ เบญจกุลและคณะ, 2548)

2.2 การเก็บรักษาด้วยความเย็น (บุหลัน พิทักษ์พล)

2.2.1 การใช้น้ำแข็ง

ความเย็นของน้ำแข็งที่ใช้ในการแช่อาหารจะทำให้อุณหภูมิของอาหารลดลงได้เร็ว และถ้ามี ปริมาณเพียงพอจะทำให้อาหารนั้นเย็นลงจนมีอุณหภูมิใกล้เคียงกับ 0 องศาเซลเซียส เหมาะสำหรับการเก็บรักษาสัตว์น้ำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งปลาสด ซึ่งจะสามารถเก็บไว้ได้นานประมาณ 1 สัปดาห์

2.2.2 การใช้สารผสมแช่แข็ง

การใช้น้ำแข็งผสมเกลือแกง หรือเกลืออนินทรีย์อื่น ๆ จะทำให้ได้สารผสมที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า 0 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพราะจุดเยือกแข็งของน้ำบริสุทธิ์ที่ 1 บรรยากาศ มีค่าเท่ากับ 0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

องศาเซลเซียส แต่ถ้ามีการเติมสารที่แตกตัวได้เช่นเกลือแกง จะทำให้จุดเยือกแข็งลดลง เช่น ถ้าเติมเกลือแกงลงไปใน น้ำแข็งในอัตราส่วน 1:3 จะทำให้อุณหภูมิของ น้ำแข็งนั้นลดลงถึง -18 องศาเซลเซียส ซึ่งในสมัยก่อนใช้ วิธีนี้มากในการปั่นไอศกรีมโดยใช้มือหมุนถัง ทำให้ส่วนผสมของไอศกรีมแข็งตัวเร็วขึ้น ปัจจุบันใช้วิธีนี้ในการเก็บรักษาปลาสด และการรักษาความเย็นของอาหารแช่แข็งที่บรรจุใน ภาชนะสำหรับการขนส่ง

2.2.3 การใช้น้ำแข็งแห้ง

น้ำแข็งแห้ง คือ คาร์บอนไดออกไซด์ที่เย็นจนแข็ง มีอุณหภูมิประมาณ -80 องศาเซลเซียส ใช้ในการเก็บรักษาอาหารที่ผ่านการแช่แข็งมาแล้ว เหมาะสำหรับการขนส่งในระยะเวลา 2-3 วัน แต่ไม่เหมาะสำหรับการให้ความเย็นโดยให้น้ำแข็งแห้ง สัมผัสกับอาหารโดยตรง เนื่องจากมีความแตกต่าง กันมากระหว่างอุณหภูมิของอาหารกับน้ำแข็งแห้งอาจทำให้ผิวสัมผัสของอาหารเสียหายได้

2.2.4 การใช้ไนโตรเจนเหลว

ไนโตรเจนเหลวที่ความดันปกติจะระเหยกลายเป็นไอที่อุณหภูมิ - 196 องศาเซลเซียส อุณหภูมินี้เป็นอุณหภูมิต่ำสุดที่สามารถจะทำให้อาหารเย็นลงได้อย่างรวดเร็ว เนื่องจากไนโตรเจนเป็นก๊าซเฉื่อยไม่เป็นอันตรายกับอาหารและผู้บริโภค จึงนิยมนำมาใช้กับอาหารแช่แข็งโดยเฉพาะในปัจจุบันแต่ไม่นิยมแช่อาหารสดในไนโตรเจนเหลว ส่วนมากจะใช้ร่วมกับเครื่องทำความเย็นแบบสายพานจะเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องทำความเย็น เหมาะสำหรับการแช่แข็งอาหารกึ่งสำเร็จรูป และ อาหารสำเร็จรูปแทบทุกชนิด

2.2.5 การใช้เครื่องทำความเย็น

เครื่องทำความเย็นที่ใช้กันโดยทั่วไปโดย เฉพาะตามบ้านเรือน คือ ตู้เย็น ปัจจุบันตู้เย็นมีช่องทำความเย็นแยกส่วนกัน บางชนิดมี 2 ช่อง คือ ช่องเก็บอาหารทั่วไป อุณหภูมิประมาณ 4 องศาเซลเซียส กับช่องแช่แข็ง อุณหภูมิประมาณ – 10 องศาเซลเซียส ตู้เย็นบางชนิดแยกเป็นหลายส่วน โดยมีช่องเก็บอาหารพิเศษบางประเภทเพิ่มขึ้น เช่น ที่เก็บผักสด

2.2.6 การใช้เครื่องทำความเย็นในระบบอุตสาหกรรม

การทำอุตสาหกรรมอาหารแช่แข็ง จำเป็นต้องใช้เครื่องทำความเย็นที่มีประสิทธิภาพสูง จึง จะทำให้คุณภาพของอาหารแช่แข็งใกล้เคียงกับ คุณภาพเดิมก่อนการแช่แข็งมากที่สุด ขณะนี้อาหารแช่แข็งที่ทำเป็นอุตสาหกรรมและส่งขาย ต่างประเทศในแต่ละปีซึ่งนำเงินตราต่างประเทศ เข้าเป็นจำนวนมาก คือ กุ้งเยือกแข็ง และไก่สดเยือกแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.3 การตรวจสอบความสด

กุ้งหลังการตายถือว่ามีความสดอยู่ในระดับสูงสุดและลดลงเรื่อย ๆ ระหว่างการเก็บรักษาจนกระทั่งเน่าเสียในที่สุด (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) การตรวจสอบระดับความสดและการเน่าเสียของกุ้งสามารถทำได้หลายวิธี

2.3.1 การตรวจสอบทางเคมี

หลังการตายของสัตว์จะเกิดการเปลี่ยนแปลงทางชีวเคมีโดยปราศจากการควบคุม (สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล, 2535) จึงสามารถใช้การวิเคราะห์ทางเคมีช่วยในการตรวจสอบระดับความสดของกุ้งได้

วิธีการตรวจสอบทางเคมี เช่น การตรวจหาระดับของด่างที่ระเหยได้ทั้งหมด (TVB) Chen และคณะ (2533) พบว่าด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดมีอยู่แล้วในกุ้ง (P. monodon) แม้ขณะยังมีชีวิตอยู่ โดยมีค่าประมาณ 3.50 มก/100 กรัม

การตรวจหาระดับของอิโนซีนโมโนฟอตเฟส (IMP) Fatima และคณะ (2524) รายงานว่า กุ้งสด Penaeus merguiensis มีระดับของอิโนซีนโมโนฟอตเฟสประมาณ 5.7 ไมโครกรัม/กรัม และจะลดลงเรื่อย ๆ ตามระยะเวลาและวิธีการก็บรักษา

การวัดพีเอช (pH) สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล (2535) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งกุลาดำระหว่างการเก็บเกี่ยวและการเก็บรักษาแบบแช่เยือกแข็ง พบว่า กุ้งจากเกษตรกรมีอายุการเก็บในน้ำแข็งได้นาน 8 วัน โดยมีพีเอชเป็น 7.33 ขณะที่กุ้งจากพ่อค้าคนกลางมีอายุการเก็บได้น้อยกว่า 6 วัน โดยในวันที่ 4 นั้น กุ้งจากพ่อค้าคนกลาง มีพีเอชเป็น 7.42 กุ้งที่จับจากบ่อก่อนการเก็บเกี่ยวมีคุณภาพดีที่สุดทุกลักษณะที่ศึกษาโดย มีพีเอชเป็น 6.50–6.60 และเมื่อผ่านการแปรรูปเป็นกุ้งแช่เยือกแข็งมีพีเอชเป็น 6.80–7.10 เมื่อเก็บรักษากุ้งกุลาดำแช่เยือกแข็งที่อุณหภูมิ –18 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 เดือน พบว่าไม่มีการเปลี่ยนแปลงค่าของพีเอช ผลการวิเคราะห์คุณภาพทางประสาทสัมผัส พบว่า คะแนนการยอมรับของกุ้งลดลงตามอายุการเก็บ หลังจากเก็บกุ้งในน้ำแข็งเป็นเวลานานจะทำให้เกิดมีสีดำบริเวณหัว ท้องและหาง

Sung Jae Shinและคณะ (2541) ศึกษาการพัฒนา ornithine biosensor เพื่อประยุกต์ใช้ในการหาความสดของกุ้ง ornithine biosensor มีพื้นฐานมาจากการทำให้เอนไซม์หยุดการเคลื่อนที่ ภาวะที่เหมาะสมที่สุดที่ศึกษาได้คือ pH 8.2 อุณหภูมิ 32°C, อัตราการไหล 0.2 ml/min ปริมาณตัวอย่าง 50 µl และสารละลายบัฟเฟอร์ Tris-HCl 0.1 M และประมวลผลโดยวิธี high performance liquid chromatography (HPLC) ผลปรากฏว่า ornithine biosensor ใช้หาความสดของกุ้งได้

R. Lakshmanan1 และคณะ (2545) ศึกษาการอยู่รอดของแบคทีเรียในปลาหรือกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลานาน 14 วัน พบว่า อัตราการอยู่รอดของแบคทีเรียทั้งหมดในปลาเป็น 74.63% ในกุ้งเป็น 56.05%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผ่องเพ็ญ รัตตกูล และคณะ (2530) ศึกษาการใช้รังสีกำจัด Salmonella/Shigella ในกุ้งต้มแช่แข็งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ โดยฉายรังสีในขณะกุ้งอยู่ในสภาพแช่แข็ง ที่ 0 1 2 และ 3 KGY. ด้วยโคบอลล์ 60 (Co-60) จากนั้นนำตัวอย่างฉายรังสีนั้นไปบรรจุใหม่ (repacked) ขนาด 1 ปอนด์ แล้วจึงนำไปเก็บในตู้เย็น (8±2°C) พบว่าที่ รังสี 3 KGY. จะสามารถยืดอายุความสดของกุ้งได้นานขึ้น 4-5 วัน

Sirintra Boonsumrej และคณะ (2550) ศึกษาการผลกระทบของการแช่แข็งและการละลายต่อการเปลี่ยนแปลงคุณภาพของกุ้งแช่แข็งที่แช่แข็งโดยวิธี air-blast และ cryogenic freezing โดยทำการตรวจสอบหาค่า thiobarbituric acid (TBA) salt-soluble protein (SSP) %freezing loss (%FL) %thawing loss (%TL) and cutting force (CF) การหาค่า CF ทำได้โดยละลายกุ้งที่ 20°C ใช้เครื่อง Texture Analyzer (TA.XT2) ใช้ knife blade 25 kg Load Cell Cross head speed 2 mm/s. ระยะทาง 25 mm. การแช่แข็งโดยใช้ air-blast ที่ความเร็วลม 6 m/s. ให้ %freezing loss น้อยกว่ากุ้งสด ให้ค่า CF เท่ากับกุ้งสด สำหรับการแช่แข็งโดยใช้ cryogenic freezing ที่ -70 °C มีค่า CF เท่ากับกุ้งสด ส่วนการละลายกุ้งโดยใช้ microwave ให้ค่า TBA มากกว่าการละลายโดยใช้ refrigerator temperature เล็กน้อย การละลายกุ้งไม่มีผลกระทบต่อค่า SSP และ CF ส่วนการเพิ่มรอบการแช่แข็ง-การละลายทำให้ค่า TBA และ CF เพิ่มขึ้น แต่ค่า SSP ลดลง ส่วนการละลายและวงจรการแช่แข็ง-การละลายมีผลกระทบต่อค่า %TL

2.3.2 การวัดสี

สีเป็นลักษณะภายนอกที่มองเห็นได้ สีของกุ้งจะเปลี่ยนไประหว่างการเก็บรักษา จึงสามารถใช้การวัดสีเพื่อตรวจสอบระดับความสดของกุ้งได้

M.C. Erickson และคณะ (2550) ศึกษาคุณภาพของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลามากกว่า 10 วัน โดยนำออกมาทดสอบในวันที่ 0 3 7 และ10 วัน มาทำการวัดสี ลักษณะภายนอกที่ปรากฏ พบว่า สีของหางกุ้งจะเปลี่ยนไประหว่างการเก็บรักษา กุ้งที่เก็บรักษาในระยะเวลา 0-3 วันคุณภาพของกุ้งยังคงยอมรับได้เหมือนกุ้งสด แต่เมื่อระยะเวลา 3-10 วันขึ้นไปแล้วคุณภาพจะลดลง

2.3.3 การตรวจวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

การตรวจวิเคราะห์ทางเนื้อสัมผัสสามารถบอกถึงความรู้สึกเมื่อสัมผัสกับอาหารได้ จึงสามารถอธิบายระดับความสดของกุ้งได้ดี

S. Pornrat และคณะ (2550) ศึกษาการเปลี่ยนแปลงเนื้อสัมผัสของกล้ามเนื้อกุ้งระหว่างการเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 5 องศาเซลเซียสเป็นเวลา 14 วันโดยนำกุ้งมาตัดหัว ปลอกเปลือก วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้ knife blade ตัด โดยใช้ 50 kg Load Cell และ cross head speed

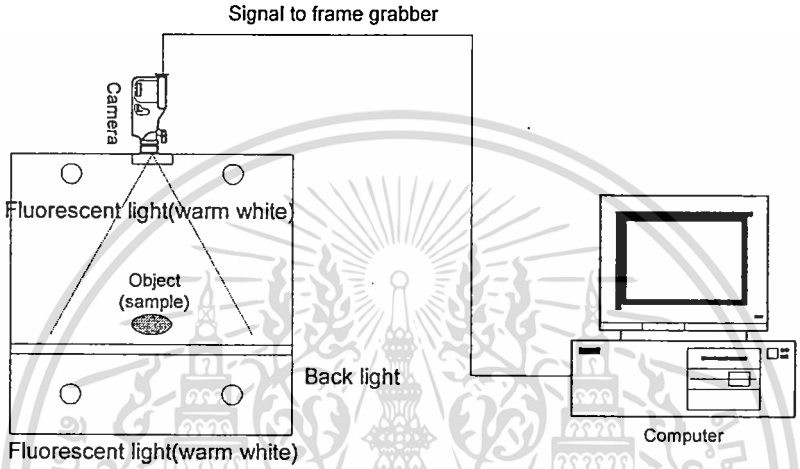
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

1 mm/s. พบว่าแรงเฉือนมีค่าลดลงระหว่างการเก็บรักษา ในกุ้งสดมีค่าแรงเฉือน 18.21 N/g. และเมื่อเวลาผ่านไป 3 วัน . 6 วัน , และ 14 วัน แรงเฉือนมีค่า 14.50 , 12.46 และ 10.79 N/g พบว่า 0-3 วัน กุ้งยังสดอยู่ 4-6 วันหลังแช่เย็นพบว่าเนื้อกุ้งนิ่ม และหลังจาก 6 วันไป แล้วพบว่ากุ้งนิ่มมาก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
การออกแบบ สร้างชุดตรวจสอบสีกุ้ง

ชุดอุปกรณ์ตรวจสอบระดับความสดของกุ้งด้วยแมชชีนวิชั่น(รูปที่ 3.1) ประกอบด้วยส่วนประกอบหลัก 3 ส่วน ดังนี้ กล่องควบคุมแสง ชุดอุปกรณ์รับภาพโปรแกรมสำหรับการวิเคราะห์สีและคอมพิวเตอร์ที่ใช้ในการประมวลผล



รูปที่ 3.1 กล่องควบคุมแสงและการติดตั้งอุปกรณ์รับภาพ

3.1 กล่องควบคุมแสง (Light box)

เป็นกล่องที่ควบคุมแสงสำหรับเก็บภาพของตัวอย่าง ภายในบุด้วยแผ่นโฟเมก้าสีขาว ขนาดของกล่อง กว้าง 60 ซม. ยาว 60 ซม. และ สูง 60 ซม. กล้องจับภาพถูกติดตั้งอยู่ด้านบนของกล่อง แหล่งกำเนิดแสงเป็นแบบหลอดฟลูออเรสเซนต์ชนิด Warm white ขนาด 20 วัตต์ จำนวน 2 หลอด เนื่องจากหลอกกำเนิดสามารถตอบสนองต่อความยาวคลื่นของแสงสี แดง เขียว น้ำเงินได้ใกล้เคียงกับแสงจากดวงอาทิตย์ ตำแหน่งของตัวอย่างสามารถปรับขึ้นลงได้ตามพื้นที่ในการมองของกล้อง (Field of View) ดังแสดงในรูปที่ 3.2

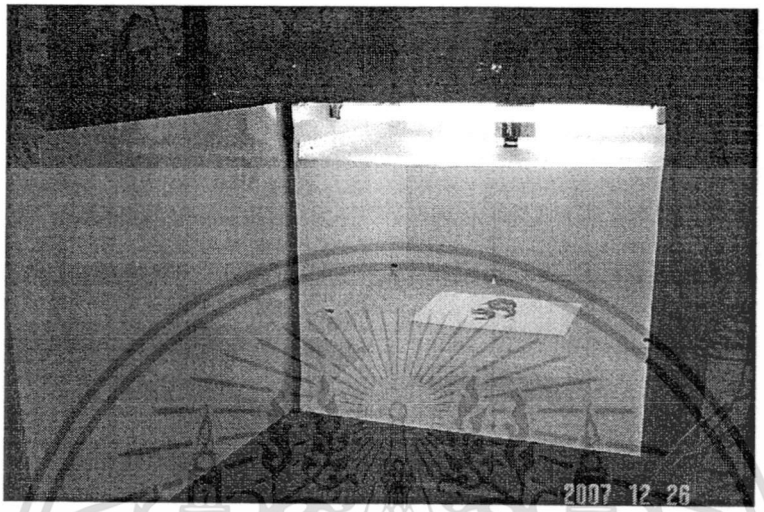
3.2 ระบบการรับภาพ (Image acquisition system)

การเชื่อมต่อระบบการรับภาพแสดงในรูปที่ 3.3 โดยอุปกรณ์รับภาพใช้กล้องของ Blasler รุ่น Scolt 725x483 pixels เซ็นเซอร์รับภาพเป็นชนิด CMOS ชนิดรับภาพสี โดยมีการเข้ารหัสสีแบบ Bayer filter การเชื่อมต่อระหว่างกล้องและคอมพิวเตอร์เป็นแบบ Firewire หรือ IEEE 1394 B ซึ่งมีความเร็วในการรับส่งข้อมูลถึง 800 Mbps ความสามารถในการรับภาพสำหรับการ

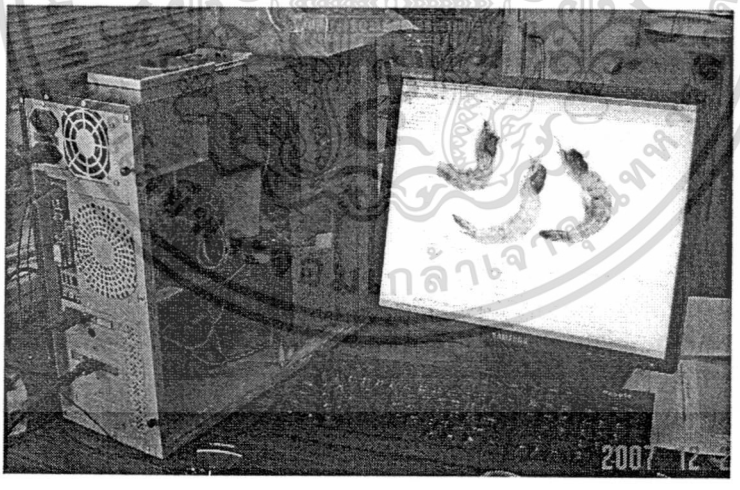
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ทำงานแบบต่อเนื่องทำได้ 60 ภาพต่อวินาที ซึ่งมีความเร็วสูงสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำงานแบบเวลาจริงได้ (Real-time)

การเชื่อมต่อแบบ IEEE 1394 B นี้มีข้อดีในเรื่องของความเร็วในการเชื่อมต่อข้อมูลแต่ว่ามีข้อจำกัดในเรื่องของความยาวของสายเคเบิ้ลระหว่างกล้องและ การ์ดจับภาพ (Frame grabber) ได้ไม่ไกลแต่มีข้อดีคือระบบนี้ไม่จำเป็นต้องใช้แหล่งจ่ายกำลังจากภายนอกเพื่อป้อนให้กับกล้อง



รูปที่ 3.2 กล่องควบคุมแสง

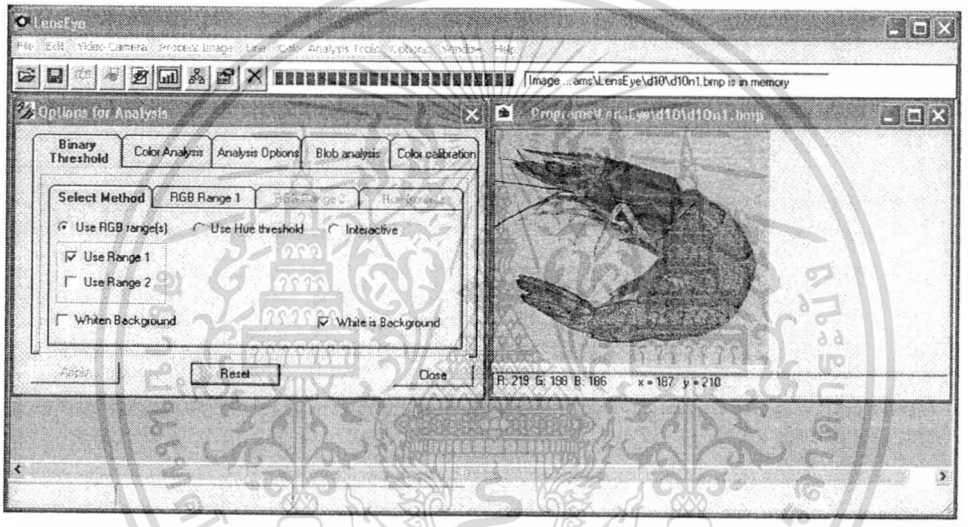


รูปที่ 3.3 ลักษณะของการเชื่อมต่ออุปกรณ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

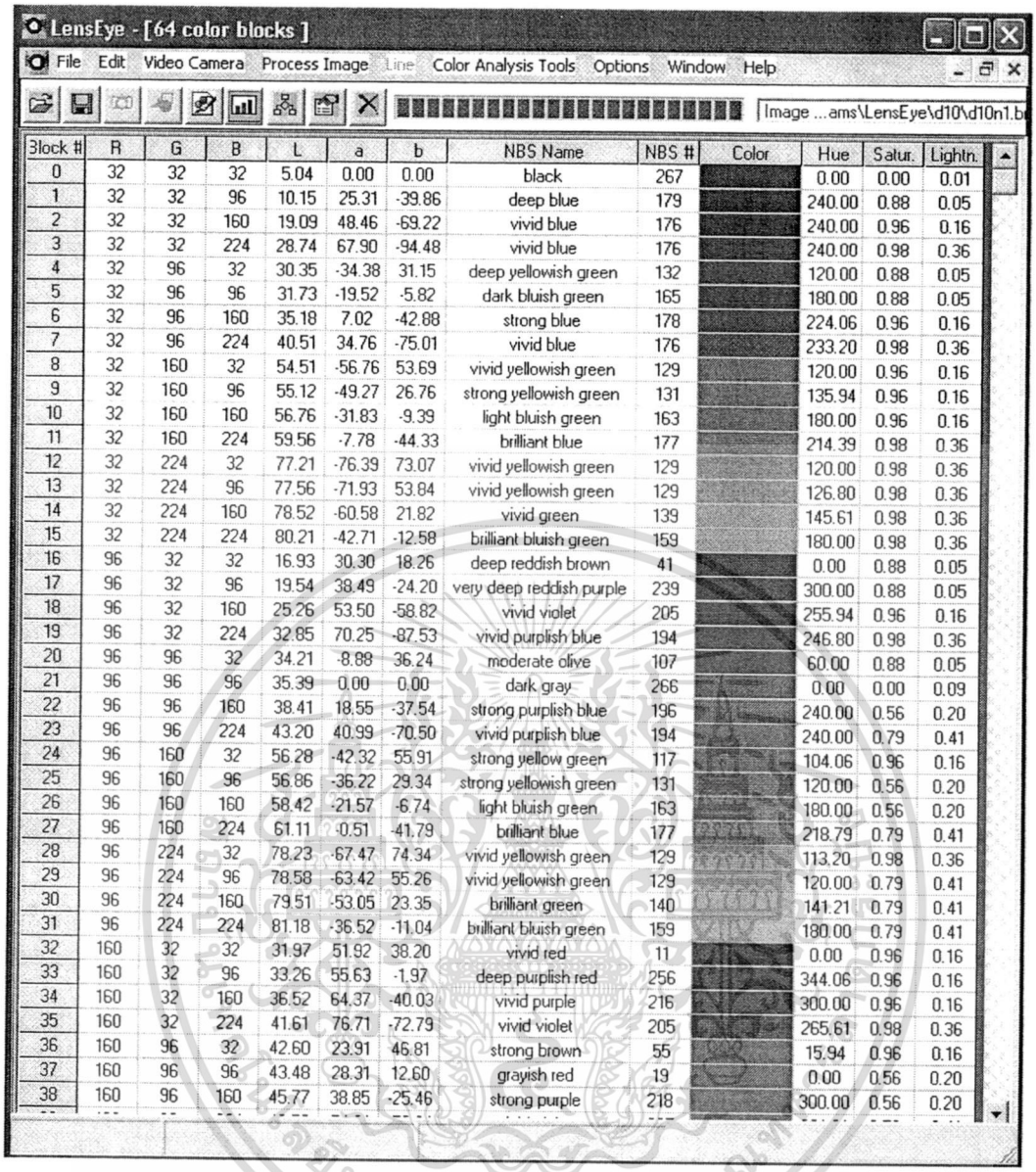
3.3 ซอฟแวร์สำหรับวิเคราะห์สี

ใช้โปรแกรม Lens eye สำหรับการประมวลผลภาพและการวิเคราะห์ข้อมูลสีจากภาพ เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสดของกุ้งกับสีที่เปลี่ยนไป ข้อมูลที่ได้จะถูกนำมาวิเคราะห์ทางสถิติ สำหรับสร้างเป็นฐานข้อมูลในการคัดแยกแบบอัตโนมัติต่อไป ตัวอย่างหน้าต่างที่เปิดได้จากโปรแกรม Lens eye แสดงดังรูปที่ 3.4 ข้อมูลหลักที่นำมาใช้วิเคราะห์ความสดจากสีของกุ้ง คือ องค์ประกอบของสีในตัวแบบ RGB และ L*a*b* เนื่องจากตัวแบบ L*a*b* มีคุณสมบัติที่มีการเกาะกลุ่มกันบน color space ที่ดีกว่าจึงเหมาะสมที่จะนำมาใช้เป็นข้อมูลในการคัดแยกความสดจากสีของกุ้ง ในเบื้องต้นโปรแกรมนี้สามารถแยกความสดจากการเทียบเคียงระดับการเปลี่ยนแปลงของสีแบบ 64 Color Blocks กับระยะเวลาในการจัดเก็บได้ด้วย แสดงดังรูปที่ 3.5



รูปที่ 3.4 ตัวอย่างหน้าต่างที่เปิดได้จากโปรแกรม Lens eye

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



Block #	R	G	B	L	a	b	NBS Name	NBS #	Color	Hue	Satur.	Lightn.
0	32	32	32	5.04	0.00	0.00	black	267		0.00	0.00	0.01
1	32	32	96	10.15	25.31	-39.86	deep blue	179		240.00	0.88	0.05
2	32	32	160	19.09	48.46	-69.22	vivid blue	176		240.00	0.96	0.16
3	32	32	224	28.74	67.90	-94.48	vivid blue	176		240.00	0.98	0.36
4	32	96	32	30.35	-34.38	31.15	deep yellowish green	132		120.00	0.88	0.05
5	32	96	96	31.73	-19.52	-5.82	dark bluish green	165		180.00	0.88	0.05
6	32	96	160	35.18	7.02	-42.88	strong blue	178		224.06	0.96	0.16
7	32	96	224	40.51	34.76	-75.01	vivid blue	176		233.20	0.98	0.36
8	32	160	32	54.51	-56.76	53.69	vivid yellowish green	129		120.00	0.96	0.16
9	32	160	96	55.12	-49.27	26.76	strong yellowish green	131		135.94	0.96	0.16
10	32	160	160	56.76	-31.83	-9.39	light bluish green	163		180.00	0.96	0.16
11	32	160	224	59.56	-7.78	-44.33	brilliant blue	177		214.39	0.98	0.36
12	32	224	32	77.21	-76.39	73.07	vivid yellowish green	129		120.00	0.98	0.36
13	32	224	96	77.56	-71.93	53.84	vivid yellowish green	129		126.80	0.98	0.36
14	32	224	160	78.52	-60.58	21.82	vivid green	139		145.61	0.98	0.36
15	32	224	224	80.21	-42.71	-12.58	brilliant bluish green	159		180.00	0.98	0.36
16	96	32	32	16.93	30.30	18.26	deep reddish brown	41		0.00	0.88	0.05
17	96	32	96	19.54	38.49	-24.20	very deep reddish purple	239		300.00	0.88	0.05
18	96	32	160	25.26	53.50	-58.82	vivid violet	205		255.94	0.96	0.16
19	96	32	224	32.85	70.25	-87.53	vivid purplish blue	194		246.80	0.98	0.36
20	96	96	32	34.21	-8.88	36.24	moderate olive	107		60.00	0.88	0.05
21	96	96	96	35.39	0.00	0.00	dark gray	266		0.00	0.00	0.09
22	96	96	160	38.41	18.55	-37.54	strong purplish blue	196		240.00	0.56	0.20
23	96	96	224	43.20	40.99	-70.50	vivid purplish blue	194		240.00	0.79	0.41
24	96	160	32	56.28	-42.32	55.91	strong yellow green	117		104.06	0.96	0.16
25	96	160	96	56.86	-36.22	29.34	strong yellowish green	131		120.00	0.56	0.20
26	96	160	160	58.42	-21.57	-6.74	light bluish green	163		180.00	0.56	0.20
27	96	160	224	61.11	-0.51	-41.79	brilliant blue	177		218.79	0.79	0.41
28	96	224	32	78.23	-67.47	74.34	vivid yellowish green	129		113.20	0.98	0.36
29	96	224	96	78.58	-63.42	55.26	vivid yellowish green	129		120.00	0.79	0.41
30	96	224	160	79.51	-53.05	23.35	brilliant green	140		141.21	0.79	0.41
31	96	224	224	81.18	-36.52	-11.04	brilliant bluish green	159		180.00	0.79	0.41
32	160	32	32	31.97	51.92	38.20	vivid red	11		0.00	0.96	0.16
33	160	32	96	33.26	55.63	-1.97	deep purplish red	256		344.06	0.96	0.16
34	160	32	160	36.52	64.37	-40.03	vivid purple	216		300.00	0.96	0.16
35	160	32	224	41.61	76.71	-72.79	vivid violet	205		265.61	0.98	0.36
36	160	96	32	42.60	23.91	46.81	strong brown	55		15.94	0.96	0.16
37	160	96	96	43.48	28.31	12.60	grayish red	19		0.00	0.56	0.20
38	160	96	160	45.77	38.85	-25.46	strong purple	218		300.00	0.56	0.20

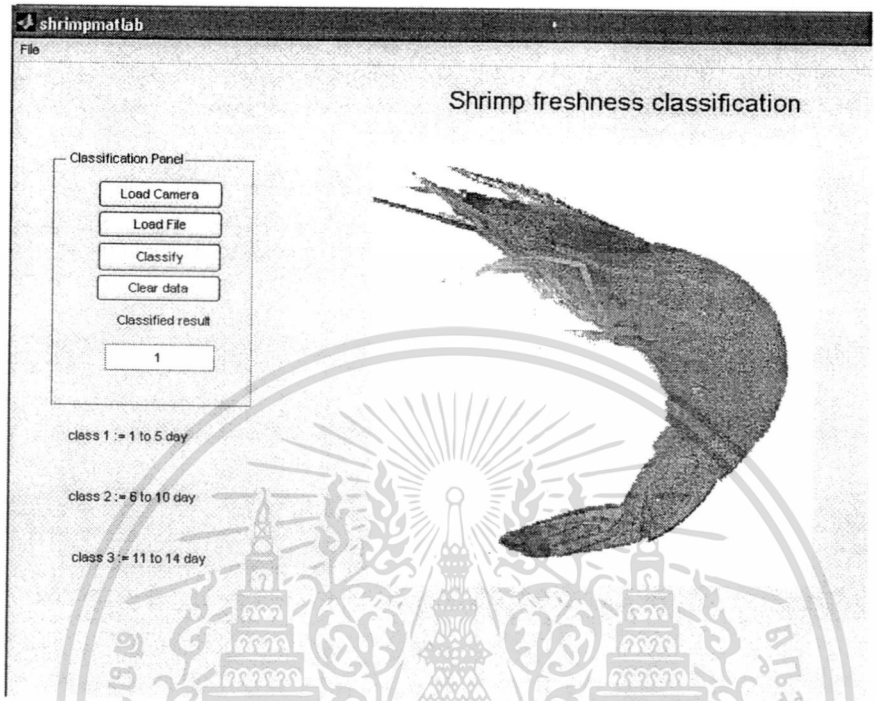
รูปที่ 3.5 ลักษณะการแสดงข้อมูลในรูปของ 64 block color

3.4 โปรแกรมสำหรับการแยกระดับความสดของกุ้ง

ใช้โปรแกรม Matlab ซึ่งเป็นโปรแกรมที่ใช้กันอย่างแพร่หลายสำหรับการคำนวณทางวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ อีกทั้ง ยังมีเครื่องมือที่ใช้ในการประมวลผลภาพ (Image processing) ในโครงงานวิจัยนี้ได้พัฒนาซอฟแวร์นี้เพื่อเป็นต้นแบบในการคัดแยกความสดของกุ้งโดยอาศัยข้อมูลที่ผ่านการวิเคราะห์จากโปรแกรม Lens eye ในการคัดแยกนี้ ข้อมูลของภาพตัวอย่างที่ต้องการหาความสด จะถูกคำนวณหาค่า L* a* b* ในแต่ละพิกเซล และใช้กฎของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Nearest Neighbor เพื่อเทียบเคียงระดับความสดจากการหาระยะ Euclidean ที่ใกล้เคียงที่สุด ในโครงงานนี้ได้แบ่งความสดออกเป็น 3 ระดับ คือ 1 ถึง 5 วัน , 6 ถึง 10 วัน และ 11 ถึง 14 วัน ตัวอย่างหน้าต่างที่ได้จากโปรแกรมการคัดแยกกุ้งแสดงดังรูปที่ 3.6



รูปที่ 3.6 ตัวอย่างหน้าต่างที่ได้จากโปรแกรมการคัดแยกความสดกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

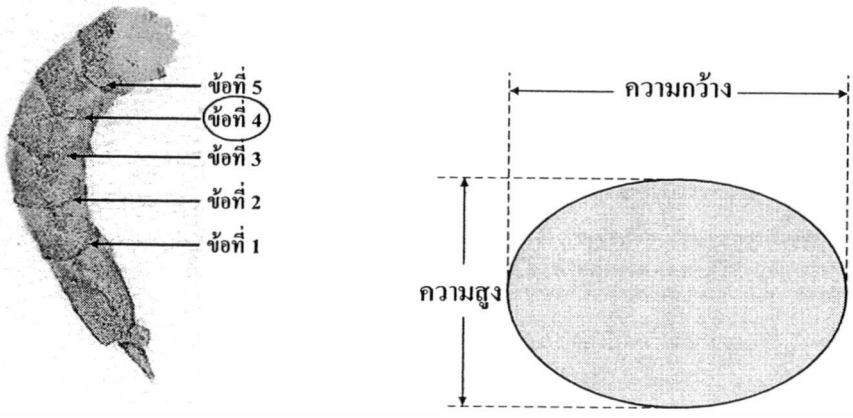
4.1 การเตรียมตัววัตถุดิบ

กุ้งขาวสดจากตลาดไท จังหวัด ปทุมธานี ขนาด 64-68 ตัวต่อ 1 กิโลกรัม ขนส่งทางรถยนต์จากจุดซื้อจนถึงที่จัดเก็บเป็นเวลา 2 ชั่วโมง

กุ้งขาวสดที่ซื้อมาถูกจัดเก็บในน้ำแข็งทันที โดยสุ่มตัวอย่างตามจำนวนที่จะใช้แต่ละวัน ห่อด้วยผ้าขาวบาง เก็บในกล่องโฟมที่รองก้นด้วยตะกร้าพลาสติกสี่เหลี่ยม ใส่น้ำแข็งเกล็ดลงไปจัดเรียงกุ้งที่ห่อด้วยผ้าขาวบางและน้ำแข็งเกล็ดสลับกันเป็นชั้น ๆ (รูปที่ 4.1) ในอัตราส่วนกุ้งต่อน้ำแข็ง 1:1.5 โดยกล่องโฟมแต่ละกล่องสามารถเรียงกุ้งได้ 2 ชั้น เก็บรักษาในตู้เย็นอุณหภูมิประมาณ 4-5 องศาเซลเซียส ทำการเปลี่ยนน้ำแข็งทุก 3 วัน สุ่มตัวอย่างในวันที่ 1 เพื่อทำการทดลองเลือกความเร็วที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของหัววัดและทดลองเลือกจุดที่จะทำการวัด และสุ่มตัวอย่างในวันที่ 0 (กุ้งสด) 1 2 3 4 6 8 10 12 และ 14 เพื่อทำการวัดสี และวัดพีเอช เตรียมตัวอย่างโดยการนำกุ้งมาตัดหัวออก ปอกเปลือก ซับด้วยกระดาษทิชชู่ วัดขนาดความกว้างและความสูงของลำตัวกุ้งที่ข้อที่ 4 นับจากหางดังรูปที่ 4.1 ชั่งน้ำหนัก บันทึกผล รูปกุ้งก่อนการปอกเปลือกและหลังการปอกเปลือกที่ระยะเวลาการเก็บในน้ำแข็ง 14 วันแสดงในรูปที่ 4.3

รูปที่ 4.1 ลักษณะการวางตะกร้าในกล่องโฟม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 ตำแหน่งและลักษณะการวัดขนาดกุ้ง

4.2 การตรวจวิเคราะห์เนื้อสัมผัส

วัดเนื้อสัมผัสโดยใช้เครื่องวิเคราะห์เนื้อสัมผัส (Stable Micro System Texture Analyzer TA.XT plus) ด้วยการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก ใช้หัววัดทรงกระบอกขนาดเส้นผ่าศูนย์กลาง 2 มิลลิเมตร (P/2) กำหนดค่าดังนี้

Strain 90 %

นำกราฟที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกมาวิเคราะห์หาค่าพารามิเตอร์ทางเนื้อสัมผัสดังนี้

- F (Firmness): แรงสูงสุดที่ใช้ในการเจาะทะลุลงไปในเนื้ออาหาร หาได้จากจุด Peak force (N)

- S (Stiffness): ความแข็งของเนื้ออาหาร หาได้จากความชันก่อนถึงจุด Peak force ที่มีแนวโน้มเป็นเส้นตรงมากที่สุด (N/mm)

- T (Toughness): งานที่ใช้เจาะทะลุลงไปในเนื้ออาหาร หาได้จากพื้นที่ใต้กราฟจากจุดเริ่มต้นถึงจุด Peak force (N.mm)

4.3 การวัดสี

นำกุ้งที่เตรียมไว้ มาถ่ายรูปในกล่องควบคุมแสงขนาด 60x60x60 cm^3 ที่เตรียมไว้ นำรูปที่ได้ไปวิเคราะห์ค่า RGB ด้วยโปรแกรม Photoshop เปรียบเทียบผลที่ได้กับการวิเคราะห์ค่า L*a*b*ด้วยโปรแกรม Lens eye (บทที่ 3)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก่อนปอกเปลือก

หลังปอกเปลือก

รูปที่ 4.3 รูปถ่ายกุ้งก่อนและหลังปอกเปลือกในวันที่ 0-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.4 การวัดพีเอช

นำกุ้งที่เตรียมไว้ 12 ตัว มาบดรวมกัน แบ่งชั่งน้ำหนักประมาณ 20 กรัม เติมน้ำกลั่น 1.5 เท่า(30 มิลลิลิตร) แล้วทำการวัดพีเอช โดยใช้พีเอชมิเตอร์ (pH meter) ทำการทดลอง 4 ซ้ำ

4.5 การวิเคราะห์ทางสถิติ

ทำการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงลักษณะเนื้อสัมผัส สี และพีเอชของกุ้งขาวด้วยการวิเคราะห์ความแปรปรวน (ANOVA) และเปรียบเทียบความแตกต่างด้วย Duncan's Multiple rang test ($P \leq 0.05$)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

บทที่ 5
วิเคราะห์ผลการทดลอง

5.1 การวัดสี

พิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสีของกุ้งระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสีในระบบ RGB ส่วนหัว ส่วนลำตัวและส่วนหางกุ้งก่อนปอกเปลือกและส่วนลำตัวกุ้งหลังปอกเปลือก ดังแสดงในตารางที่ 5.1-5.4 และรูปที่ 5.1

ตารางที่ 5.1 แสดงค่าสีส่วนหัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ก่อนปอกเปลือก

วันที่	หัว/มีเปลือก		
	R	G	B
0	106.7 ± 11.86^{f}	92.83 ± 10.21^{f}	56.72 ± 7.91^{d}
1	96.87 ± 5.66^{ef}	83.58 ± 4.75^{ef}	50.57 ± 7.29^{d}
2	89.32 ± 12.17^{e}	75.20 ± 10.60^{de}	40.27 ± 7.16^{c}
3	85.35 ± 11.04^{de}	68.67 ± 10.65^{cd}	34.19 ± 7.84^{bc}
4	85.44 ± 18.32^{de}	66.46 ± 16.27^{cd}	32.47 ± 9.43^{b}
6	76.37 ± 24.70^{d}	61.64 ± 19.23^{c}	33.91 ± 11.27^{bc}
8	57.43 ± 13.00^{c}	45.62 ± 9.25^{b}	23.96 ± 6.70^{a}
10	44.95 ± 12.70^{b}	36.82 ± 9.45^{b}	23.26 ± 5.75^{a}
12	29.54 ± 7.18^{a}	25.86 ± 5.16^{a}	17.88 ± 2.51^{a}
14	24.76 ± 3.37^{a}	23.47 ± 2.67^{a}	17.87 ± 2.57^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b c d e และ f) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$), n=10

84490
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.2 แสดงค่าสีส่วนลำตัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ก่อนปอกเปลือก

วันที่	ตัว/มีเปลือก		
	R	G	B
0	144.51 ± 22.37^{ab}	123.78 ± 19.37^{abc}	81.10 ± 16.79^{bcd}
1	156.20 ± 10.45^{b}	136.46 ± 10.05^{c}	92.12 ± 10.15^{d}
2	146.68 ± 10.93^{b}	126.71 ± 9.59^{bc}	82.61 ± 7.92^{bcd}
3	141.95 ± 17.48^{ab}	121.32 ± 17.12^{abc}	80.88 ± 16.97^{bcd}
4	140.03 ± 21.88^{ab}	118.93 ± 21.23^{ab}	77.12 ± 17.62^{abc}
6	144.84 ± 18.85^{ab}	125.55 ± 17.86^{bc}	83.76 ± 16.02^{cd}
8	140.76 ± 13.74^{ab}	119.73 ± 14.52^{abc}	75.50 ± 13.02^{abc}
10	141.26 ± 15.24^{ab}	119.80 ± 12.24^{abc}	76.97 ± 12.72^{abc}
12	126.56 ± 18.94^{a}	108.26 ± 16.58^{a}	64.85 ± 13.63^{a}
14	137.80 ± 25.30^{ab}	116.67 ± 22.56^{ab}	67.78 ± 19.03^{ab}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b c และ d) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05), n=10

ตารางที่ 5.3 แสดงค่าสีส่วนหางของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ก่อนปอกเปลือก

วันที่	หาง/มีเปลือก		
	R	G	B
0	119.33 ± 22.40^{cd}	98.94 ± 18.41^{c}	73.05 ± 14.56^{d}
1	121.73 ± 13.38^{d}	98.36 ± 14.11^{c}	72.02 ± 10.16^{d}
2	118.44 ± 12.90^{cd}	96.18 ± 12.45^{c}	66.95 ± 11.37^{d}
3	106.11 ± 14.35^{bcd}	82.67 ± 13.23^{bc}	54.02 ± 12.56^{bc}
4	105.64 ± 25.24^{bcd}	83.75 ± 21.40^{bc}	53.77 ± 18.19^{bc}
6	113.22 ± 23.93^{bcd}	89.13 ± 22.24^{bc}	54.73 ± 15.52^{c}
8	97.97 ± 19.21^{abc}	74.70 ± 15.94^{ab}	41.56 ± 9.26^{a}
10	100.42 ± 21.15^{abcd}	78.62 ± 17.26^{ab}	42.05 ± 12.95^{ab}
12	84.27 ± 20.88^{a}	63.10 ± 13.68^{a}	31.37 ± 8.56^{a}
14	94.99 ± 31.25^{ab}	74.61 ± 23.88^{ab}	33.21 ± 12.51^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b c และ d)แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ (P≤0.05), n=10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

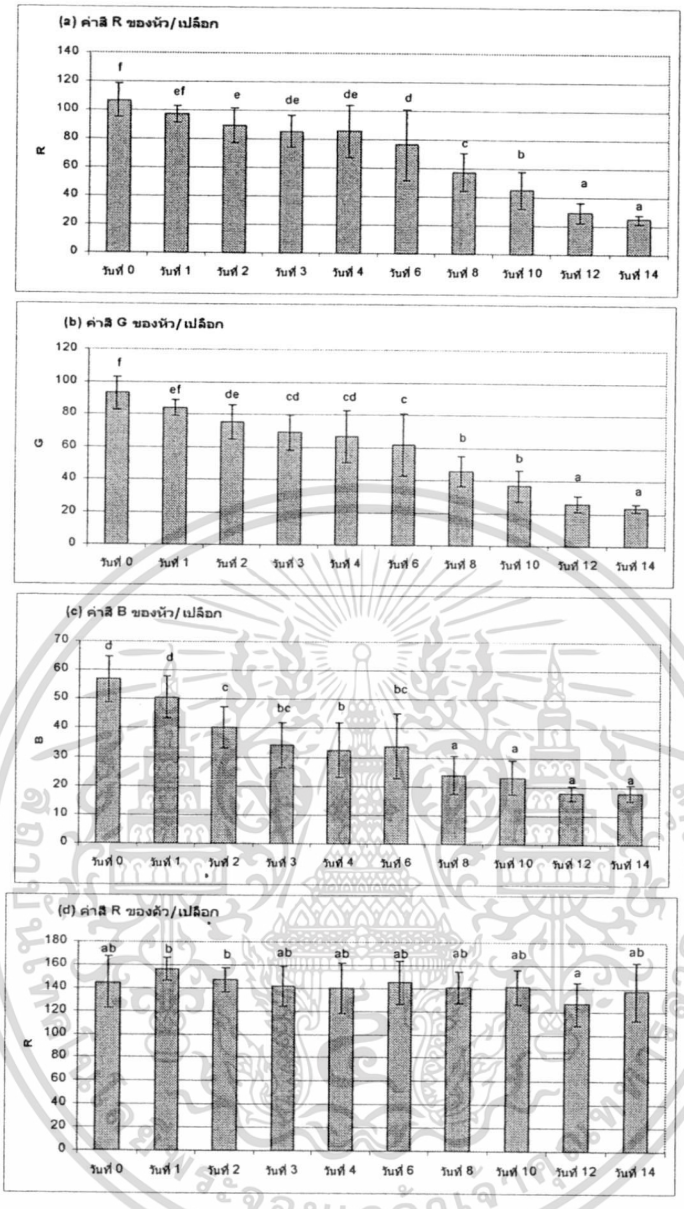
ตารางที่ 5.4 แสดงค่าสีส่วนลำตัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน หลังปอกเปลือก

วันที่	ปอกเปลือก		
	R	G	B
0	168.58 ± 10.12^{a}	147.34 ± 10.32^{c}	105.81 ± 10.12^{d}
1	165.48 ± 10.79^{a}	144.72 ± 10.65^{bc}	103.16 ± 8.76^{cd}
2	164.68 ± 13.78^{a}	144.44 ± 14.40^{bc}	101.15 ± 13.19^{cd}
3	156.92 ± 11.27^{a}	136.32 ± 12.31^{abc}	96.84 ± 12.79^{bcd}
4	156.33 ± 17.44^{a}	135.94 ± 16.96^{abc}	96.03 ± 15.84^{bcd}
6	162.67 ± 24.32^{a}	136.76 ± 20.73^{abc}	90.61 ± 18.45^{abc}
8	160.97 ± 24.48^{a}	135.54 ± 20.78^{abc}	89.41 ± 17.57^{abc}
10	154.56 ± 22.28^{a}	130.25 ± 19.91^{ab}	83.34 ± 17.52^{ab}
12	151.09 ± 10.19^{a}	127.21 ± 8.96^{a}	78.07 ± 8.34^{a}
14	151.45 ± 16.44^{a}	129.98 ± 14.28^{ab}	82.00 ± 12.27^{a}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b. c และ d) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$), n=10

พิจารณาผลของการเก็บรักษาต่อค่าสีของกุ้ง จากตารางที่ 5.1-5.4 และรูปที่ 5.1 พบว่าค่าสีทั้ง R แทนค่าสีแดง G แทนค่าสีเขียว และ B แทนค่าสีน้ำเงิน มีค่ามากที่สุดในวันที่ 0 และมีแนวโน้มลดลงตามระยะเวลาการเก็บรักษา แต่มีเฉพาะค่าสีบริเวณหัวกุ้งเท่านั้นที่สามารถแบ่งระดับความสดออกได้เป็น กลุ่ม โดยแบ่งเป็น 0-6 วัน และ 8-14 วัน โดยทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$) การที่ค่าสีลดลงแสดงให้เห็นว่ากุ้งมีสีดำมากขึ้นตามระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็ง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ สุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล (2535) ว่า หลังจากเก็บกุ้งในน้ำแข็งเป็นเวลานานจะทำให้เกิดมีสีดำบริเวณหัว ท้องและหาง

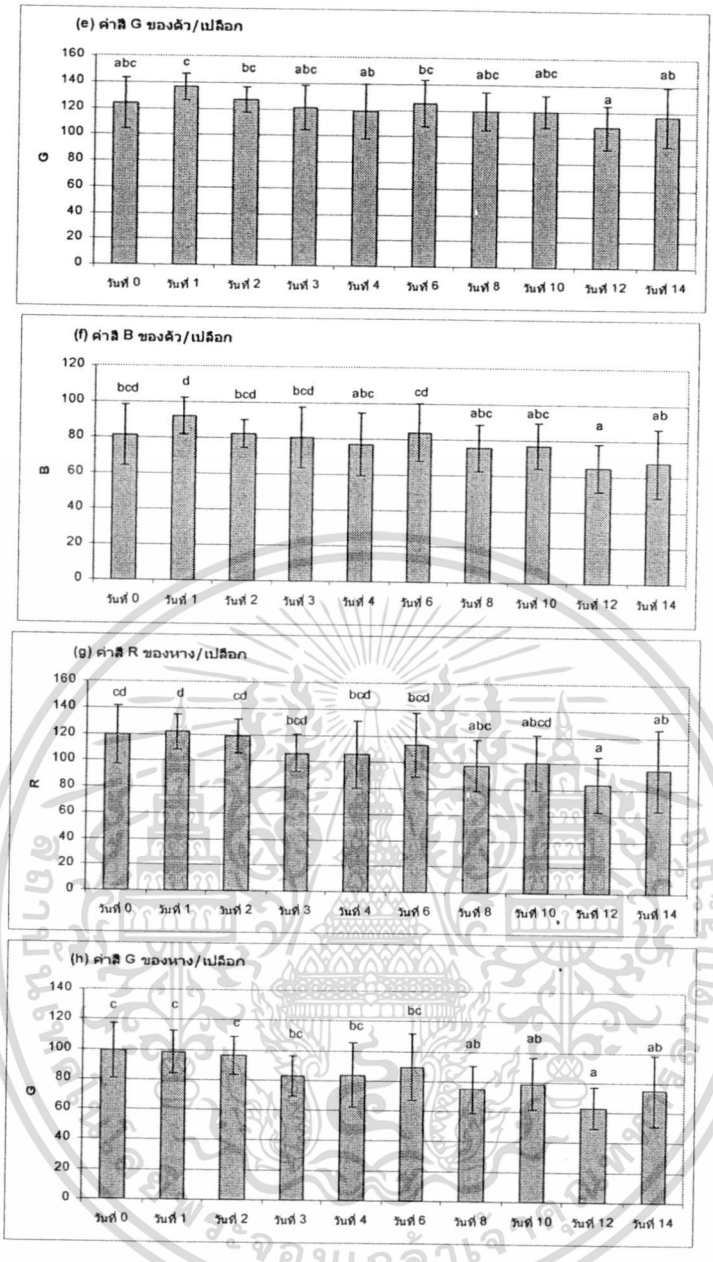
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงค่าสีส่วนหัว ลำตัว หางก่อนปอกเปลือกและส่วนลำตัวหลังปอกเปลือกของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

(a) ค่าสี R ของหัว/เปลือก (b) ค่าสี G ของหัว/เปลือก (c) ค่าสี B ของหัว/เปลือก
(d) ค่าสี R ของตัว/เปลือก (e) ค่าสี G ของตัว/เปลือก (f) ค่าสี B ของตัว/เปลือก
(g) ค่าสี R ของหาง/เปลือก (h) ค่าสี G ของหาง/เปลือก (i) ค่าสี B ของหาง/เปลือก
(j) ค่าสี R ของปอกเปลือก (k) ค่าสี G ของปอกเปลือก (l) ค่าสี B ของปอกเปลือก

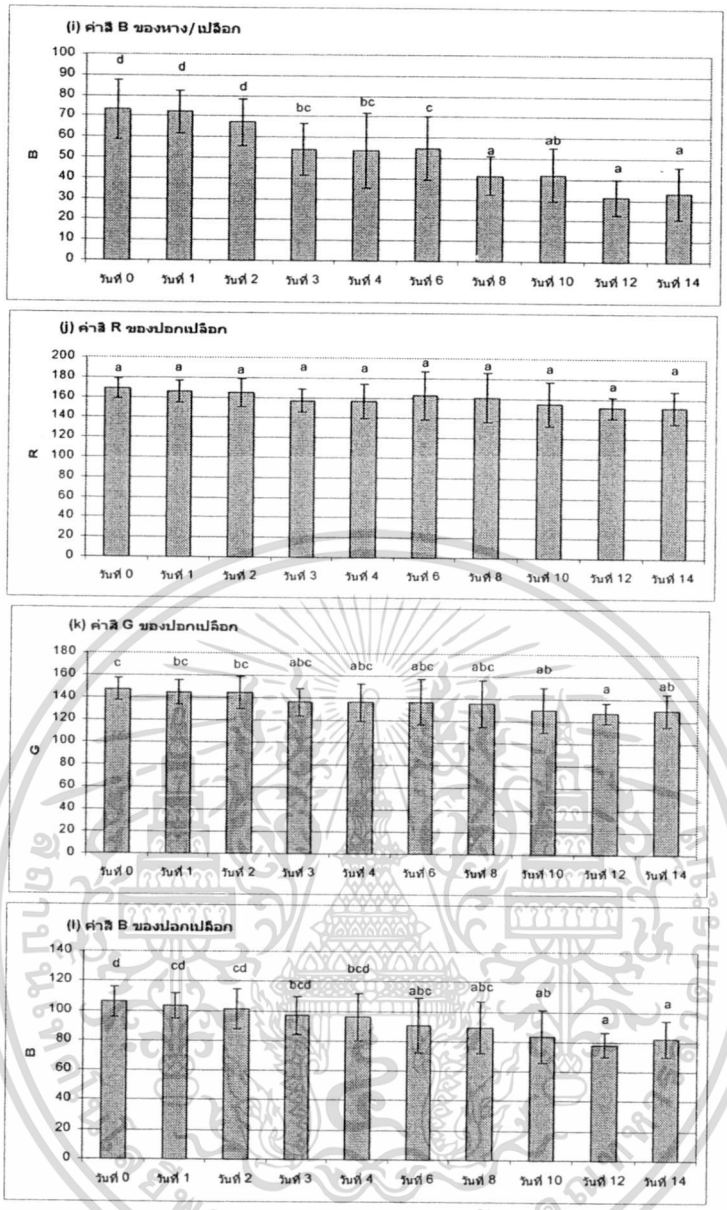
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงค่าสีส่วนหัว ลำตัว หางก่อนปอกเปลือกและส่วนลำตัวหลังปอกเปลือกของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

(a) ค่าสี R ของหัว/เปลือก (b) ค่าสี G ของหัว/เปลือก (c) ค่าสี B ของหัว/เปลือก
(d) ค่าสี R ของตัว/เปลือก (e) ค่าสี G ของตัว/เปลือก (f) ค่าสี B ของตัว/เปลือก
(g) ค่าสี R ของหาง/เปลือก (h) ค่าสี G ของหาง/เปลือก (i) ค่าสี B ของหาง/เปลือก
(j) ค่าสี R ของปอกเปลือก (k) ค่าสี G ของปอกเปลือก (l) ค่าสี B ของปอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.1 แสดงค่าสีส่วนหัว ลำตัว หางก่อนปอกเปลือกและส่วนลำตัวหลังปอกเปลือกของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

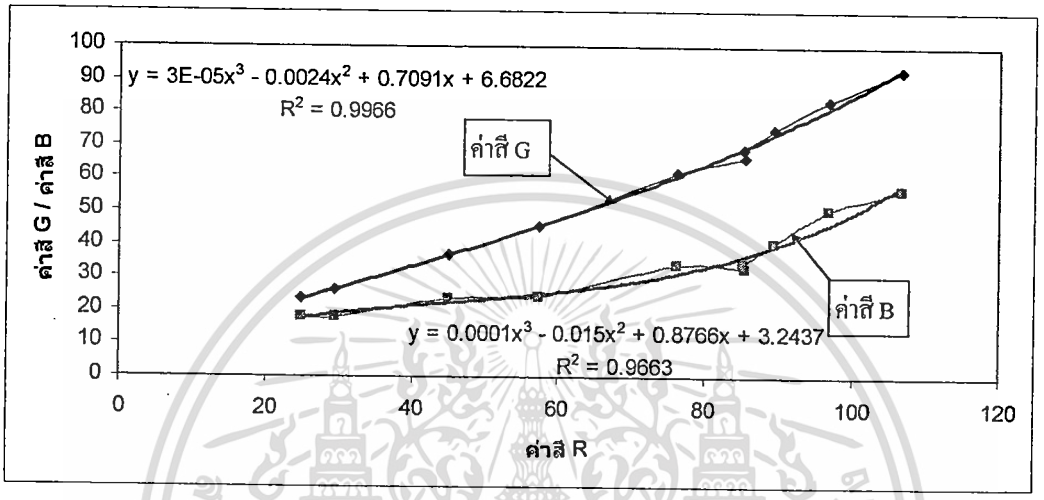
(a) ค่าสี R ของหัว/เปลือก (b) ค่าสี G ของหัว/เปลือก (c) ค่าสี B ของหัว/เปลือก
(d) ค่าสี R ของตัว/เปลือก (e) ค่าสี G ของตัว/เปลือก (f) ค่าสี B ของตัว/เปลือก
(g) ค่าสี R ของหาง/เปลือก (h) ค่าสี G ของหาง/เปลือก (i) ค่าสี B ของหาง/เปลือก
(j) ค่าสี R ของปอกเปลือก (k) ค่าสี G ของปอกเปลือก (l) ค่าสี B ของปอกเปลือก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พิจารณาความสัมพันธ์ของค่าสี RGB กราฟความสัมพันธ์ สมการและค่า R^2 ของค่าสีกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งและกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.2 พบว่ามีความสัมพันธ์เป็นพหุนามอันดับสามและมีค่า R^2 ดังแสดงในสมการ

$$G = 3*10^{-5}(R)^3 - 0.0024(R)^2 + 0.7091\ (R) + 6.6822 \qquad R^2 = 0.9966$$

$$B = 0.0001(R)^3 - 0.015(R)^2 + 0.8766(R) + 3.2437 \qquad R^2 = 0.9663$$



รูปที่ 5.2 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่าสี RGB

พิจารณาผลของระยะเวลาการเก็บรักษาต่อสีของกุ้งระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าสีในระบบ L*a*b* ส่วนหัว ส่วนลำตัวและส่วนหางกุ้งโดยไม่ปอกเปลือก วิเคราะห์สีด้วยโปรแกรม Lens eye ข้อมูลแสดงออกมาในรูปของ 64 block color โดยแต่ละตำแหน่งของกุ้งที่แต่ละระยะเวลาในการเก็บจะมี block color ที่แตกต่างกันออกไป ผลการวิเคราะห์สีของกุ้งแสดงในตารางภาคผนวก ก. ผลการวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อพิจารณาค่าการแบ่งแยกความแตกต่างแสดงในตารางภาคผนวก ค. ผลการวิเคราะห์แสดงให้เห็นว่าค่าการเปลี่ยนแปลงของสีกุ้งบริเวณส่วนหัวเกิดขึ้นชัดเจนที่สุด สามารถใช้ในการแบ่งแยกระดับความสดหรืออายุการเก็บของกุ้งได้ดีที่สุด ลักษณะการเปลี่ยนสีของกุ้งบริเวณส่วนหัวแสดงในตารางที่ 5.5 โดยสีของกุ้งที่อ่านได้จาก block color ที่วิเคราะห์มาจากโปรแกรม Lens eye แสดงให้เห็นว่า ที่ระยะเวลาการเก็บที่นานขึ้น สีบริเวณส่วนหัวจะเข้มขึ้น โดยเปลี่ยนจาก Olive หรือ Light Olive Brown เป็น Dark Olive Brown และสุดท้ายคือ Black ซึ่งผลที่ได้สอดคล้องกับการทดสอบความสดของกุ้งด้วยประสาทสัมผัสของมนุษย์ซึ่งสามารถตรวจได้ว่ากุ้งที่มีอายุการเก็บในน้ำแข็งเป็นระยะเวลานานเกินกว่า 5 วันจะจัดอยู่ในกลุ่มที่ผู้บริโภคไม่สามารถยอมรับได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5 .5 การเปลี่ยนแปลงของ block color ที่ได้จากการวิเคราะห์สีบริเวณส่วนหัวกุ้ง

day 0	Moderate Olive
day 1	Grayish Olive
day 2	Light Olive Brown
day 3	Moderate Olive
day 4	Light Olive Brown
day 6	Dark Olive
day 8	Dark Olive Brown
day 10	Dark Olive Brown
day 12	Olive Black
day 14	Dark Olive Brown

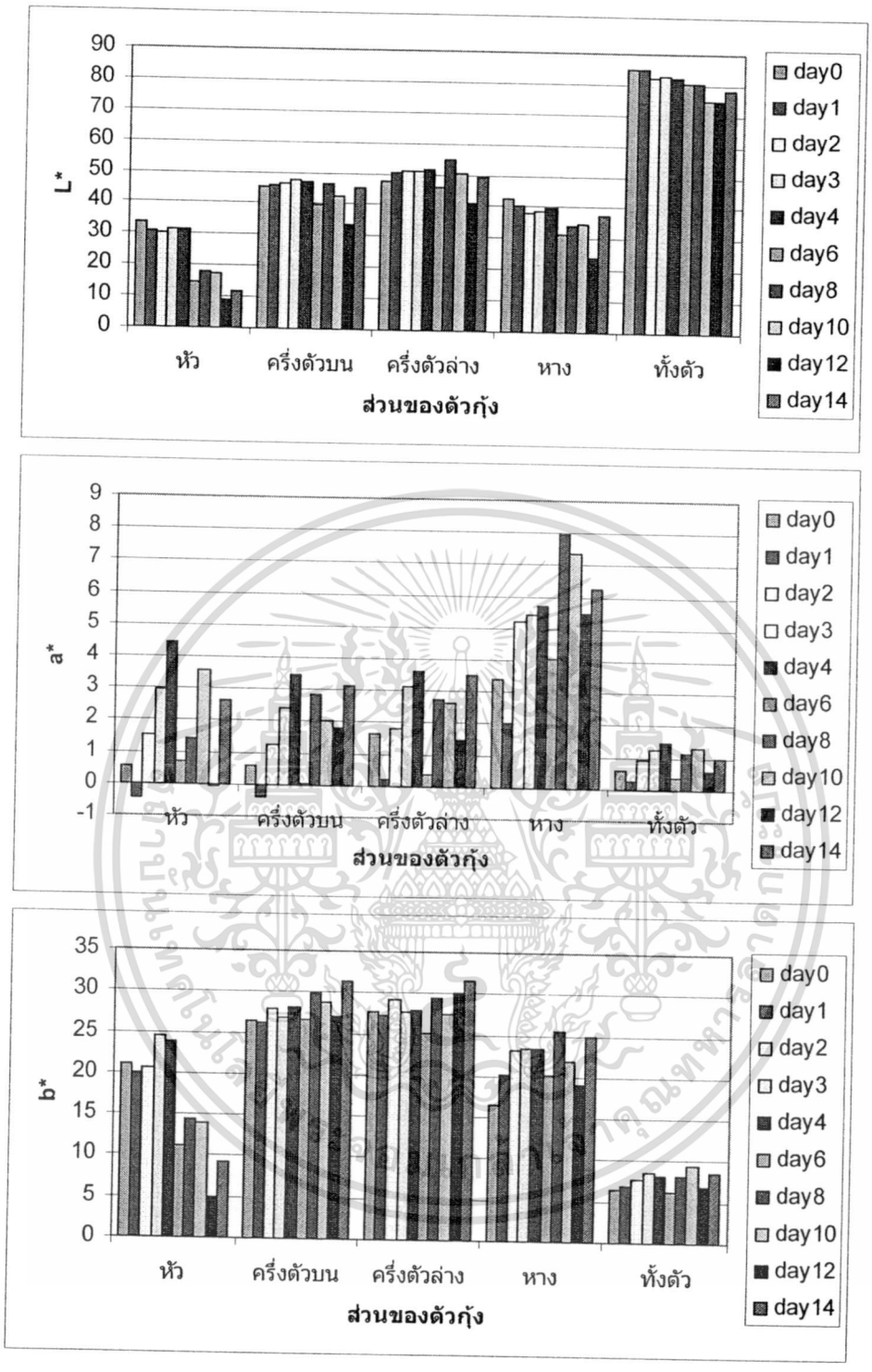
จากการวิเคราะห์สีด้วยระบบ RGB และ ระบบ L*a*b* พบว่า ทั้งสองระบบสามารถวิเคราะห์ค่าความแตกต่างของสีกุ้งที่อายุการเก็บต่างกันได้ เนื่องจากภาพที่นำไปวิเคราะห์สีได้มาจากกล่องควบคุมแสงชุดเดียวกัน ระบบแสงเดียวกัน อย่างไรก็ตาม ข้อจำกัดของการใช้ระบบสี RGB วิเคราะห์เนื่องจาก สีที่ได้จะขึ้นกับแสงที่ตกกระทบบนวัตถุ ดังนั้น หากในการเก็บตัวอย่างใช้ระบบแสงต่างระบบกับการปฏิบัติงานจริง ค่าข้อมูลที่ใช้เป็นฐานข้อมูลจะเกิดการผิดเพี้ยน ไม่สามารถตรวจแยกได้ถูกต้องตามความเป็นจริง ข้อจำกัดของระบบ RGB ถูกแก้ด้วยการวิเคราะห์สีระบบ L*a*b* ซึ่งได้ชดเชยเรื่องของแสงไว้เรียบร้อยแล้ว

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.6 แสดงค่าสีส่วนลำตัวของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน (ไม่ปอกเปลือก)

		หัว	ครึ่งตัวบน	ครึ่งตัวล่าง	หาง	ทั้งตัว
Lab L*	day 0	33.538 ± 11.77	45.185 ± 8.91	47.528 ± 8.68	42.608 ± 14.92	85.043 ± 25.84
	day 1	30.943 ± 13.04	45.578 ± 10.60	50.590 ± 10.61	40.163 ± 11.46	84.837 ± 26.20
	day 2	30.380 ± 15.51	46.293 ± 11.26	50.840 ± 10.22	37.965 ± 12.76	82.165 ± 28.57
	day 3	31.170 ± 13.90	47.600 ± 10.76	51.040 ± 8.54	38.318 ± 15.17	82.960 ± 26.02
	day 4	31.440 ± 13.59	46.793 ± 8.79	51.575 ± 7.56	39.440 ± 13.53	82.395 ± 26.86
	day 6	14.630 ± 14.37	39.630 ± 8.42	46.025 ± 6.24	31.230 ± 15.76	80.668 ± 31.12
	day 8	18.030 ± 16.42	46.188 ± 12.46	54.833 ± 10.72	34.258 ± 15.21	80.535 ± 29.83
	day 10	17.425 ± 16.86	42.223 ± 10.66	50.445 ± 8.25	34.485 ± 18.09	74.873 ± 32.74
	day 12	8.895 ± 17.55	33.403 ± 11.91	40.873 ± 8.02	24.260 ± 16.05	74.705 ± 36.15
	day 14	11.745 ± 14.26	45.010 ± 8.63	48.985 ± 6.75	37.605 ± 15.93	78.138 ± 32.21
Lab a*	day 0	0.515 ± 2.31	0.578 ± 1.45	1.653 ± 1.48	3.395 ± 2.49	0.583 ± 1.63
	day 1	-0.468 ± 2.01	-0.398 ± 1.47	0.183 ± 1.39	2.040 ± 2.70	0.263 ± 1.44
	day 2	1.545 ± 3.32	1.250 ± 1.79	1.775 ± 1.65	5.220 ± 3.83	0.925 ± 2.11
	day 3	2.973 ± 3.34	2.393 ± 1.46	3.130 ± 1.47	5.413 ± 4.13	1.240 ± 2.50
	day 4	4.418 ± 4.40	3.475 ± 1.47	3.600 ± 1.41	5.693 ± 2.67	1.453 ± 2.85
	day 6	0.700 ± 2.62	0.018 ± 1.65	0.390 ± 1.24	4.080 ± 2.98	0.388 ± 1.82
	day 8	1.405 ± 3.29	2.830 ± 2.07	2.723 ± 1.67	7.938 ± 4.22	1.158 ± 2.70
	day 10	3.563 ± 6.33	2.018 ± 1.91	2.638 ± 1.46	7.378 ± 3.62	1.293 ± 2.87
	day 12	-0.043 ± 1.64	1.808 ± 2.29	1.488 ± 1.77	5.500 ± 4.12	0.588 ± 1.93
	day 14	2.630 ± 3.33	3.098 ± 1.91	3.500 ± 1.60	6.243 ± 3.46	0.975 ± 2.32
Lab b*	day 0	21.005 ± 4.69	26.338 ± 3.58	27.733 ± 3.94	16.490 ± 6.77	6.350 ± 11.15
	day 1	19.885 ± 5.28	26.150 ± 5.16	27.208 ± 5.78	20.103 ± 4.37	6.793 ± 11.89
	day 2	20.705 ± 6.49	27.850 ± 5.06	29.138 ± 4.59	23.100 ± 5.47	7.650 ± 12.29
	day 3	24.443 ± 6.28	26.908 ± 4.55	27.783 ± 4.38	23.413 ± 6.78	8.670 ± 13.08
	day 4	23.778 ± 7.31	28.150 ± 4.25	28.000 ± 3.99	23.318 ± 5.78	8.085 ± 12.61
	day 6	11.163 ± 8.34	26.683 ± 4.11	25.135 ± 4.08	20.255 ± 6.99	6.188 ± 10.69
	day 8	14.310 ± 11.14	29.780 ± 5.50	29.438 ± 6.58	25.635 ± 7.47	8.103 ± 13.11
	day 10	13.873 ± 11.06	28.668 ± 4.65	27.540 ± 4.61	21.940 ± 7.51	9.543 ± 13.05
	day 12	4.888 ± 7.47	26.998 ± 6.31	29.975 ± 3.60	19.123 ± 8.45	6.913 ± 11.56
	day 14	9.260 ± 8.64	31.400 ± 3.82	31.523 ± 4.16	24.940 ± 7.56	8.550 ± 13.74



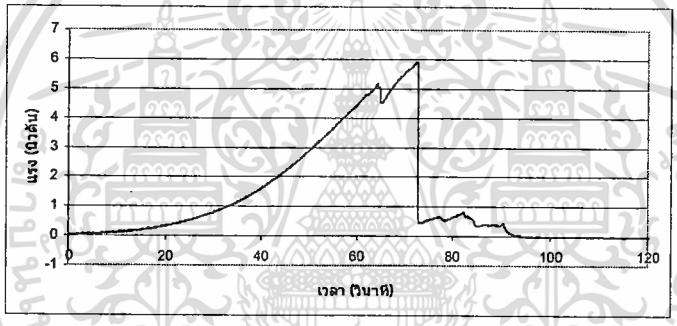
รูปที่ 5.3 ค่า L*a*b* ของกุ้งที่แต่ละตำแหน่งอายุการเก็บในน้ำแข็ง 0-14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

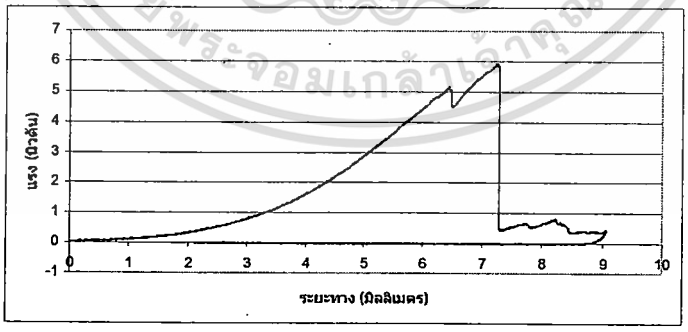
5.2 การทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก

จากรูปที่ 5.4 และ 5.5 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ของแรงและเวลาและความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0 วัน พบว่าช่วงแรกของกราฟแรงที่ใช้เป็นแรงกด ที่ระยะการกดมากขึ้นแรงต้านที่เกิดจากการกดก็มีค่ามากขึ้นด้วย จนกระทั่งถึงจุดยอดของกราฟเป็นจุดที่หัววัดเริ่มเจาะเข้าไปในตัวกุ้งได้ค่าแรงต้านซึ่งเป็นแรงเฉือนจึงลดลง

รูปที่ 5.6 และ 5.7 แสดงความสัมพันธ์ของแรงและเวลาและความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางที่หัววัดทำกับกุ้งขาวด้วยวิธีทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกคือ ค่าแรงสูงสุดที่ระยะการเจาะ 90 % (Firmness: N) ความสามารถในการต้านแรงจนถึงระยะทางที่ทำให้กิดแรงสูงสุด (Toughness: N.mm) ค่าความแข็ง (Stiffness: N/mm) ดังแสดงในตารางที่ 5.7 และ 5.8 และรูปที่ 5.8 และ 5.9

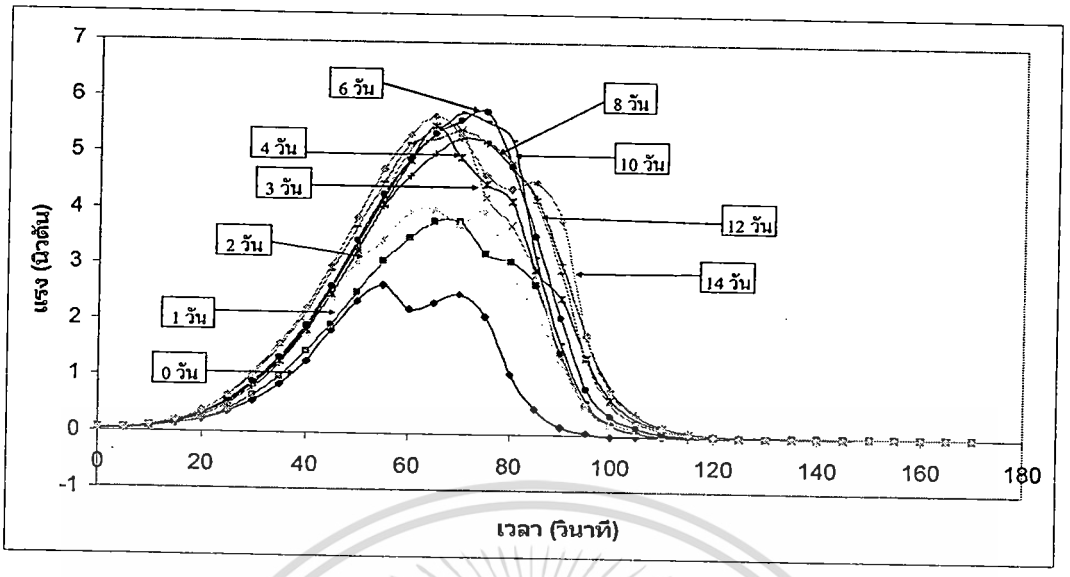


รูปที่ 5.4 กราฟความสัมพันธ์ของแรงและเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0 วัน

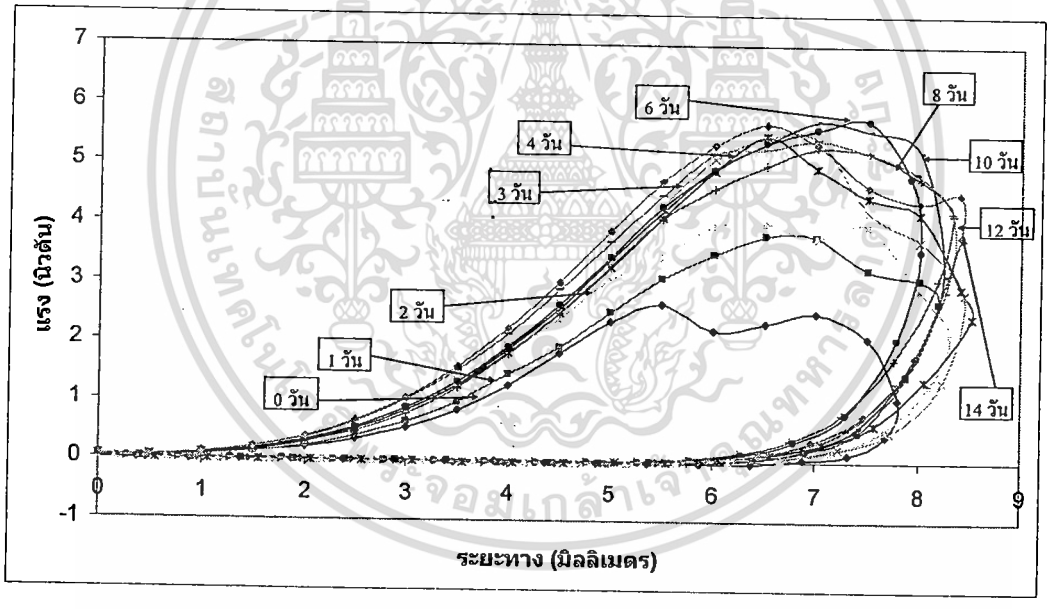


รูปที่ 5.5 กราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.6 กราฟความสัมพันธ์ของแรงและเวลาที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน



รูปที่ 5.7 กราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.7 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางด้วยวิธีทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-4 วัน

วันที่	Firmness (N)	Toughness (N.mm)	Stiffness (N/mm)
0	3.95 ± 1.31^{a}	7.99 ± 3.77^{a}	1.24 ± 0.35^{a}
1	5.30 ± 1.80^{b}	12.52 ± 6.96^{ab}	1.39 ± 0.26^{a}
2	5.39 ± 0.97^{b}	14.65 ± 5.50^{b}	1.42 ± 0.20^{a}
3	6.68 ± 0.95^{c}	16.92 ± 4.96^{b}	1.79 ± 0.10^{b}
4	6.72 ± 0.97^{c}	18.83 ± 7.06^{b}	1.75 ± 0.20^{b}

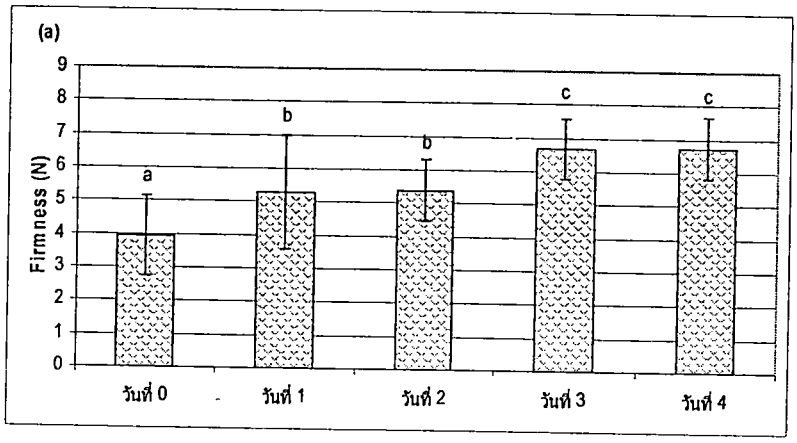
หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b และ c) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$), n=10

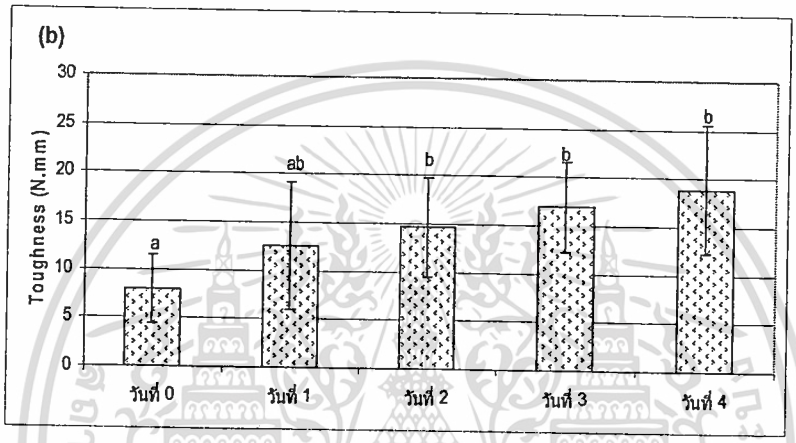
ตารางที่ 5.8 ค่าเฉลี่ยและค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของพารามิเตอร์ที่ได้จากกราฟความสัมพันธ์ของแรงและระยะทางด้วยวิธีทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก กับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

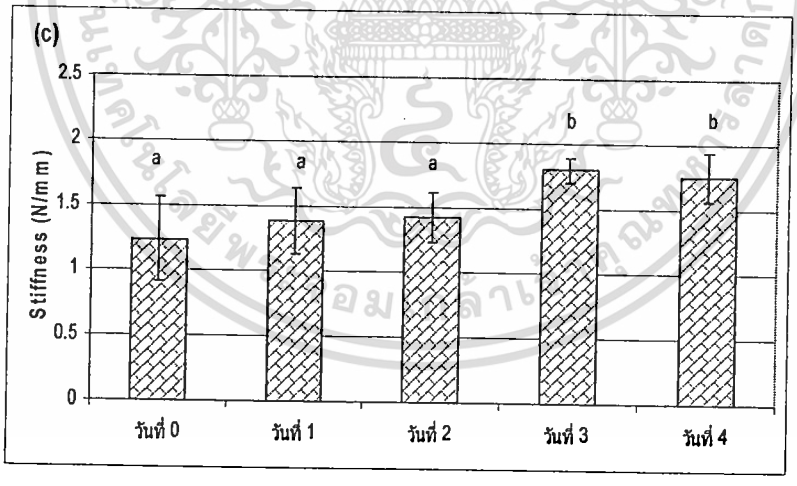
วันที่	Firmness (N)	Toughness (N.mm)	Stiffness (N/mm)
0	3.95 ± 1.31^{a}	7.99 ± 3.77^{a}	1.24 ± 0.35^{a}
1	5.30 ± 1.80^{b}	12.52 ± 6.96^{ab}	1.39 ± 0.26^{a}
2	5.39 ± 0.97^{b}	14.65 ± 5.50^{bc}	1.42 ± 0.20^{a}
3	6.68 ± 0.95^{c}	16.92 ± 4.96^{bcd}	1.79 ± 0.10^{b}
4	6.72 ± 0.97^{c}	18.83 ± 7.06^{cde}	1.75 ± 0.20^{b}
6	6.82 ± 0.77^{c}	20.76 ± 4.79^{cde}	1.65 ± 0.12^{b}
8	6.71 ± 0.83^{c}	20.05 ± 6.06^{cde}	1.65 ± 014^{b}
10	6.85 ± 0.52^{c}	19.60 ± 3.69^{cde}	1.65 ± 0.11^{b}
12	6.74 ± 0.64^{c}	21.32 ± 5.17^{de}	1.72 ± 0.23^{b}
14	7.15 ± 0.83^{c}	23.70 ± 7.03^{de}	1.80 ± 0.15^{b}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b และ c) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$), n=10

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



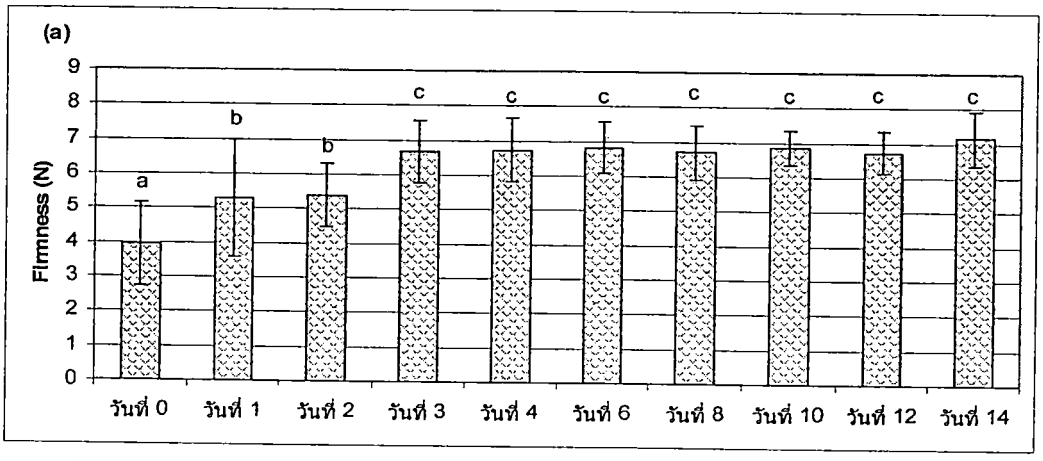


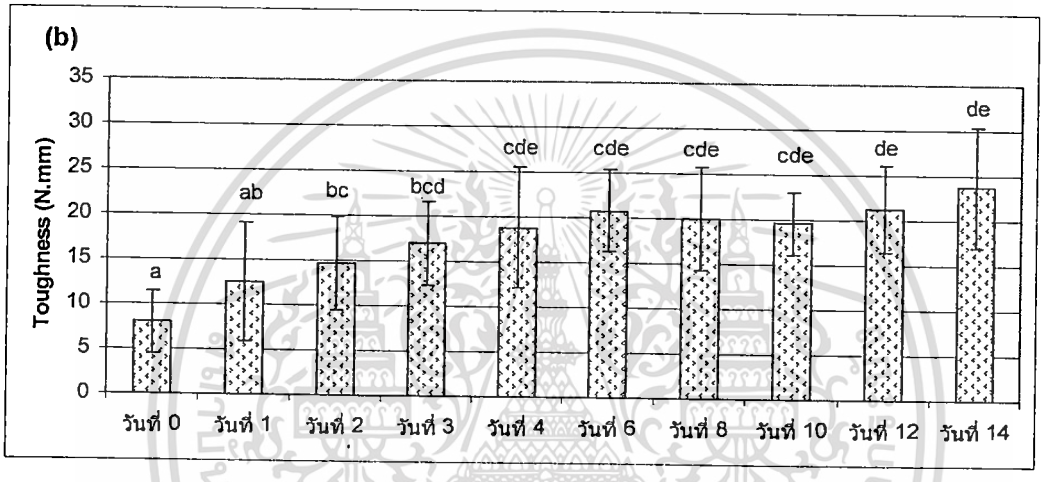


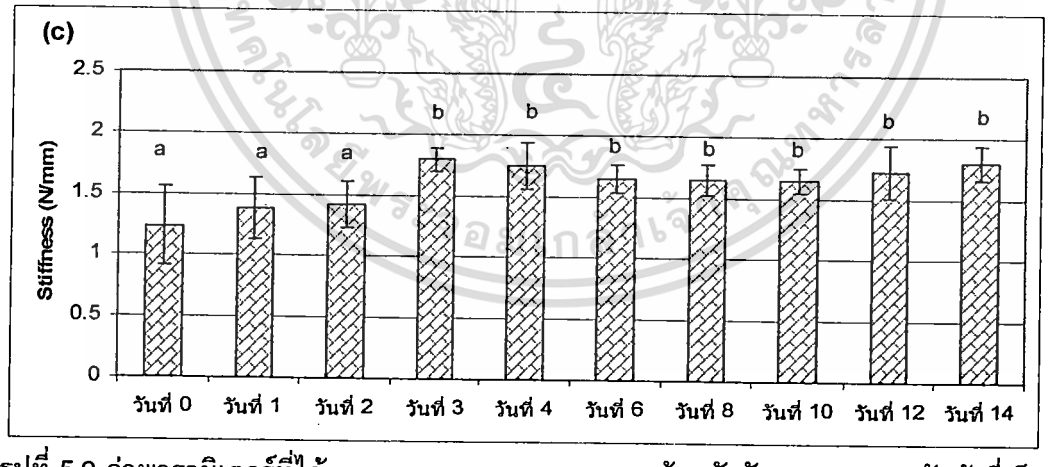
รูปที่ 5.8 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-4 วัน

(a) Firmness: N (b) Toughness: N.mm (c) Stiffness: N/mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้







รูปที่ 5.9 ค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

(a) Firmness: N (b) Toughness: N.mm (c) Stiffness: N/mm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พบว่า กราฟความสัมพันธ์ที่ได้สามารถแบ่งออกตามจุดยอดของกราฟได้เป็น 2 กลุ่มอย่างชัดเจน คือ กลุ่มวันที่ 0-4 และ กลุ่มวันที่ 6-12 โดยค่า Firmness มีค่าน้อยที่สุดในวันที่ 0 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ สามารถแบ่งระดับความสดของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 14 วันออกเป็น 3 กลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นกลุ่ม 0 วัน กลุ่ม 1-2 วัน และ 3-14 วัน โดยทั้ง 3 กลุ่มนี้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) พิจารณาใน 0-4 วัน พบว่า สามารถแบ่งระดับความสดของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 4 วันออกเป็น 3 กลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นกลุ่ม 0 วัน กลุ่ม 1-2 วัน และ 3-4 วัน โดยทั้ง 3 กลุ่มนี้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) ค่า Toughness มีค่าน้อยที่สุดในวันที่ 0 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ แต่ไม่สามารถแบ่งระดับความสดของกุ้งในวันที่ 0-14 ได้ ค่า Stiffness มีค่าน้อยที่สุดในวันที่ 0 และมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ สามารถแบ่งระดับความสดของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 14 วันออกเป็น 2 กลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นกลุ่ม 0-2 วัน และ 3-14 วัน โดยทั้งสองกลุ่มนี้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$) พิจารณาใน 0-4 วัน พบว่า สามารถแบ่งระดับความสดของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 4 วันออกเป็น 2 กลุ่มได้อย่างชัดเจน โดยแบ่งเป็นกลุ่ม 0-2 วัน และ 3-4 วัน โดยทั้ง 3 กลุ่มนี้มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P\leq0.05$)

ดังนั้น การทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกจึงเป็นวิธีหนึ่งที่สามารถประเมินลักษณะความแตกต่างของเนื้อสัมผัสของกุ้งที่ระยะเวลาการเก็บต่าง ๆ ได้ และสามารถใช้บอกความแตกต่างของกุ้งสด (0 วัน) และกุ้งที่ผ่านการเก็บรักษาในน้ำแข็งได้จากค่า Firmness และ Stiffness

ถึงแม้ว่าวิธีการเฉือนจะสามารถใช้วัดได้ เนื่องจากวิธีการตัดด้วยใบมีดคม วิธีการเจาะด้วยหัววัดทรงกลมและทรงกระบอกนั้นใช้แรงเฉือนเป็นหลัก อย่างไรก็ตาม วิธีการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกดีที่สุด และค่าพารามิเตอร์ที่เหมาะสมที่สามารถใช้แบ่งระดับความสดของกุ้งขาวในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็งได้ดีที่สุดคือค่า Firmness

5.3 การวัดพีเอช

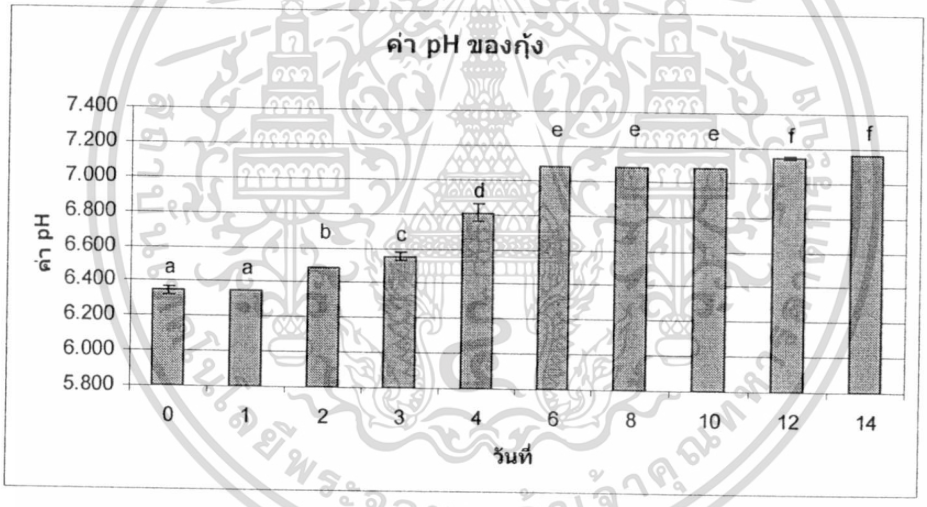
ผลการวัดพีเอชของกุ้งขาวที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 14 วัน ดังแสดงในตารางที่ 5.9 และรูปที่ 5.10 พบว่า ค่าพีเอชมีค่าต่ำสุดในวันที่ 0 (กุ้งสด) และมีค่าเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาการเก็บ สามารถแบ่งระดับความแตกต่างของพีเอชของกุ้งออกเป็น 6 กลุ่ม โดยแบ่งเป็น 0-1 วัน 2 วัน 3 วัน 4 วัน 6-10 วัน และ 12-14 วัน ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของสุนิสา ศรีพงษ์พันธุ์กุล (2535) ว่า พีเอชและปริมาณด่างที่ระเหยได้ทั้งหมดของกุ้งกุลาดำเพิ่มขึ้นตามระยะเวลาในการเก็บ และงานวิจัยของ Dilip Jain และคณะ (2550) ว่าค่าพีเอชของ Rohu fish เพิ่มขึ้นจากจาก 6.10 ถึง 6.90 ในระหว่างการเก็บรักษาในน้ำแข็ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 5.9 แสดงค่า pH ของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

วันที่	pH
0	6.345 ± 0.024^{a}
1	6.350 ± 0.000^{a}
2	6.490 ± 0.000^{b}
3	6.553 ± 0.022^{c}
4	6.808 ± 0.051^{d}
6	7.308 ± 0.000^{e}
8	7.080 ± 0.000^{e}
10	7.080 ± 0.000^{e}
12	7.145 ± 0.010^{f}
14	7.160 ± 0.000^{f}

หมายเหตุ : ค่าเฉลี่ยที่มีตัวอักษรภาษาอังกฤษตามหลังต่างกันในแนวตั้ง (a b c d e และ f)) แสดงความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญ ($P \leq 0.05$), n=10

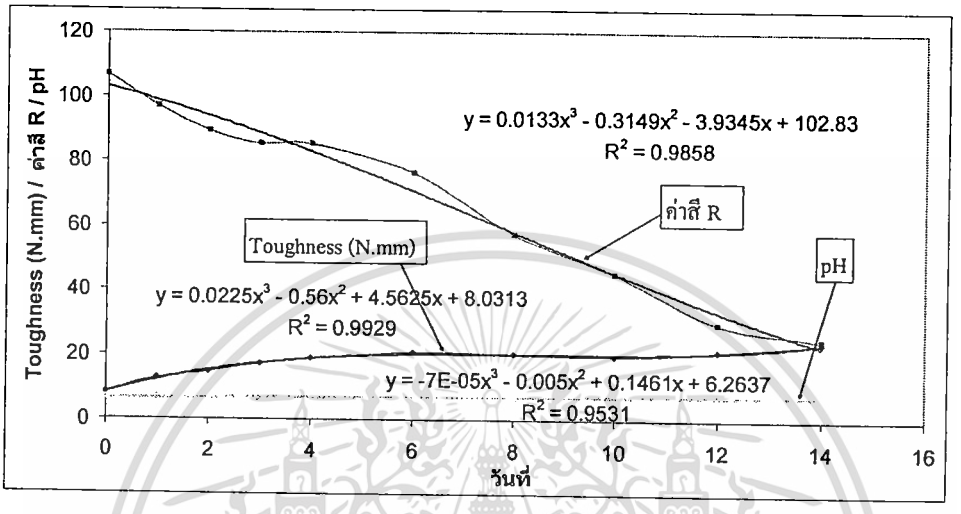


รูปที่ 5.10 กราฟค่าพีเอชของกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 0-14 วัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.4 ความสัมพันธ์ระหว่างค่าพารามิเตอร์ทางเนื้อสัมผัส ค่าสี และค่าพีเอช

พิจารณาความสัมพันธ์ของค่า Toughness ค่าสี R และค่าพีเอช กับเวลา กราฟความสัมพันธ์ สมการและค่า R^2 ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งและกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.11



รูปที่ 5.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Toughness ค่าสี R และค่าพีเอช กับเวลา

พิจารณากราฟความสัมพันธ์ของค่า Toughness ที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก ค่าสี R และค่าพีเอช กับเวลาจากรูปที่ 5.62 พบว่าค่าที่มีความสัมพันธ์เป็นพหุนามอันดับสามและมีค่า R^2 ดังแสดงในสมการ

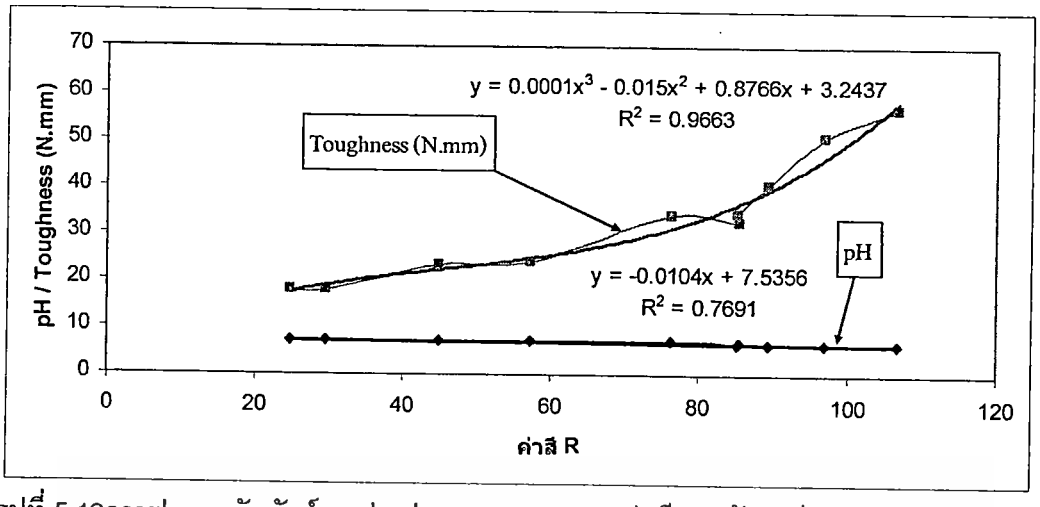
Toughness = $-0.0225(\text{วัน})^3 - 0.56(\text{วัน})^2 + 4.5625(\text{วัน}) + 8.0313$ $R^2 = 0.9929$

ค่าสี R = $0.0.133(\text{วัน})^3 - 0.3149(\text{วัน})^2 - 3.9345(\text{วัน}) + 102.83$ $R^2 = 0.9858$

pH = $-7*10^{-5}(\text{วัน})^3 - 0.005(\text{วัน})^2 + 0.1461(\text{วัน}) + 6.2637$ $R^2 = 0.9531$

พิจารณาความสัมพันธ์ของค่า Toughness และค่าพีเอช กับค่าสี R กราฟความสัมพันธ์ สมการและค่า R^2 ของค่าพารามิเตอร์ที่ได้จากการทดสอบแบบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งและกุ้งที่เก็บรักษาในน้ำแข็งที่ระยะเวลาการเก็บรักษาต่าง ๆ ดังแสดงในรูปที่ 5.12

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12กราฟความสัมพันธ์ระหว่างค่า Toughness และค่าพีเอช กับค่าสี R

พิจารณากราฟความสัมพันธ์ของค่า Toughness ที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอกกับค่าสี R จากรูปที่ 5.12 พบว่าค่าที่มีความสัมพันธ์เป็นพหุนามอันดับสาม และมีค่า R^2 ดังแสดงในสมการ (5.11) และค่าพีเอช กับค่าสี R จากรูปที่ 5.12 พบว่าค่าที่มีความสัมพันธ์เป็นเส้นตรงและมีค่า R^2 ดังแสดงในสมการ

Toughness = $0.0001(R)^3 - 0.015(R)^2 + 0.8766(R) + 3.2437$ $R^2 = 0.9663$

pH = $-0.0104(R) + 7.691$ $R^2 = 0.7691$

ค่างานด้านที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก ค่าสีและค่าพีเอช มีความสัมพันธ์กับเวลาและค่างานด้านมีความสัมพันธ์กับค่าสีและค่าพีเอช เนื่องจากการวิเคราะห์เนื้อสัมผัสเป็นวิธีทดสอบที่มีค่าใช้จ่ายสูง จึงสามารถหาค่าพารามิเตอร์ของเนื้อสัมผัสได้จากการวัดสีหรือพีเอช แล้วนำมาคำนวณในสมการความสัมพันธ์ จะสามารถบอกระดับความสดของกุ้งได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

จากการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงของสีกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ด้วยโปรแกรม Lens eye ตามระยะเวลาการเก็บรักษาในน้ำแข็งเป็นเวลา 14 วัน พบว่าค่า block color มีการเปลี่ยนแปลงที่บริเวณส่วนหัวชัดเจนที่สุด โดยเปลี่ยนแปลงค่าสีจาก moderate olive เปลี่ยนเป็น dark olive brown หรือ olive black และพบค่าการเปลี่ยนแปลงของเนื้อสัมผัสและค่า pH ตามอายุการเก็บที่นานขึ้น โดยค่าการวิเคราะห์สี ค่าเนื้อสัมผัสและค่าพีเอชมีความสัมพันธ์แบบพหุนามอันดับ 3 ซึ่งทั้ง 3 คุณลักษณะสามารถใช้ในการประเมินความสดได้

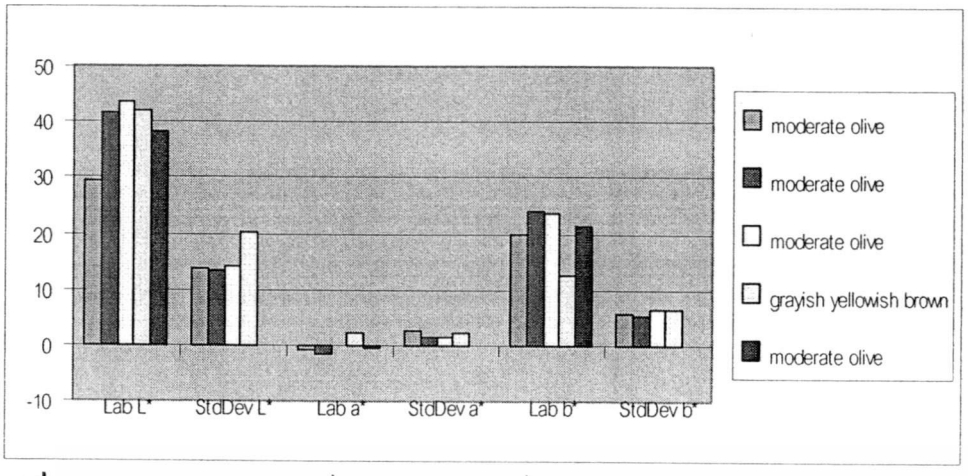
อย่างไรก็ตาม ในทางปฏิบัติการประเมินด้วยเนื้อสัมผัสและพีเอชเป็นไปได้ยากที่จะพัฒนาเข้าสู่ระบบการคัดแยกแบบต่อเนื่อง ในขณะที่การประเมินด้วยสีสามารถพัฒนาเข้าสู่ระบบการคัดแยกคุณภาพแบบต่อเนื่องในระดับอุตสาหกรรมได้ อย่างไรก็ตาม เนื่องจาก จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการเก็บข้อมูลครั้งนี้ ยังไม่ครอบคลุมถึงตัวแปรอื่น ๆ ที่มีผลต่อค่าของสีของกุ้ง เช่น อาหารที่ใช้เลี้ยง ระยะการเจริญของกุ้งที่เก็บมา สถานที่หรือฟาร์มที่เลี้ยง ซึ่งเหล่านี้ ล้วนแต่เป็นปัจจัยที่มีผลต่อค่าการเปลี่ยนแปลงของสี หากต้องการให้ฐานข้อมูลครอบคลุมเพื่อให้การคัดแยกมีความถูกต้องแม่นยำ จำเป็นต้องวางแผนการทดลองและทำการทดลองเพิ่มเติมให้ครอบคลุมปัจจัยอื่น ๆ ที่มีผลกระทบต่อสีของกุ้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

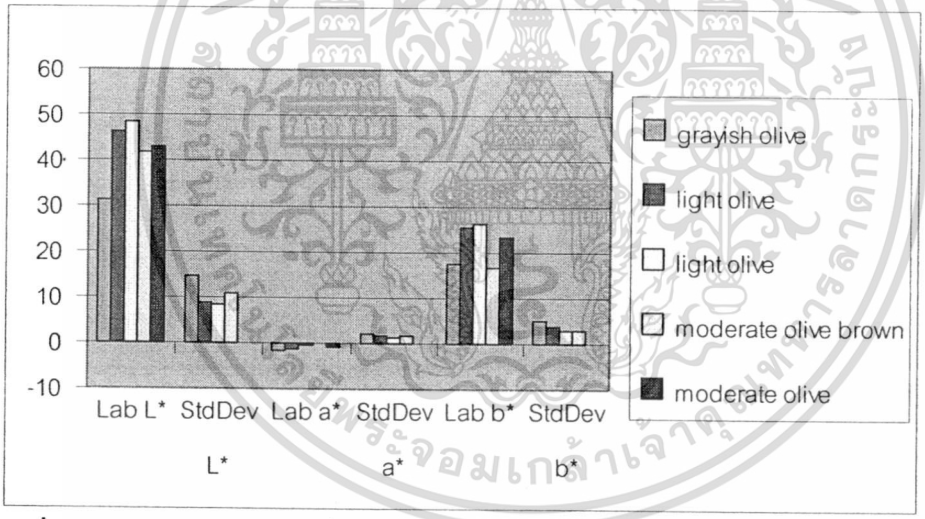
ภาคผนวก ก.

ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบวัดสี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

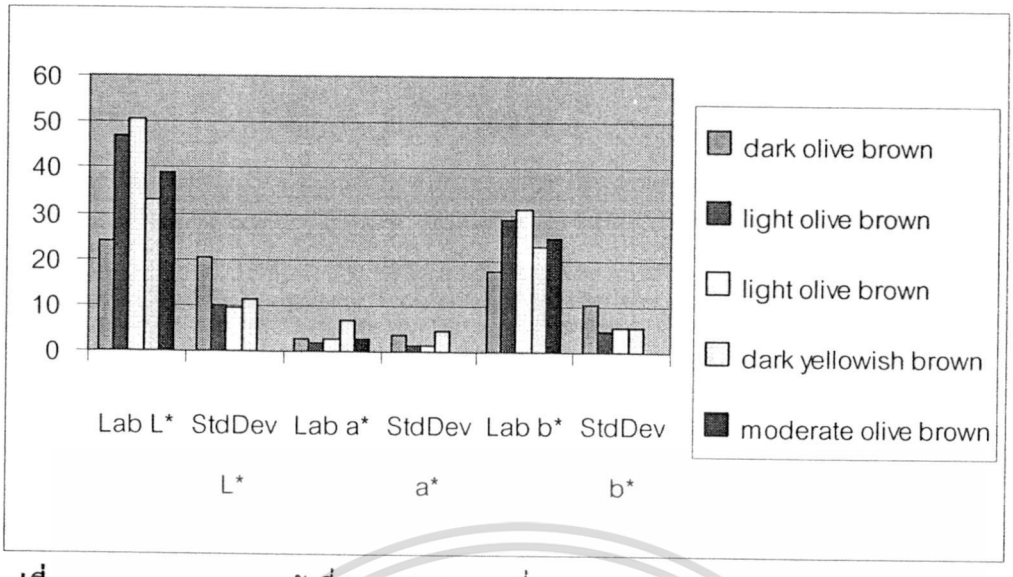


รูปที่ ก.1 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 0 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

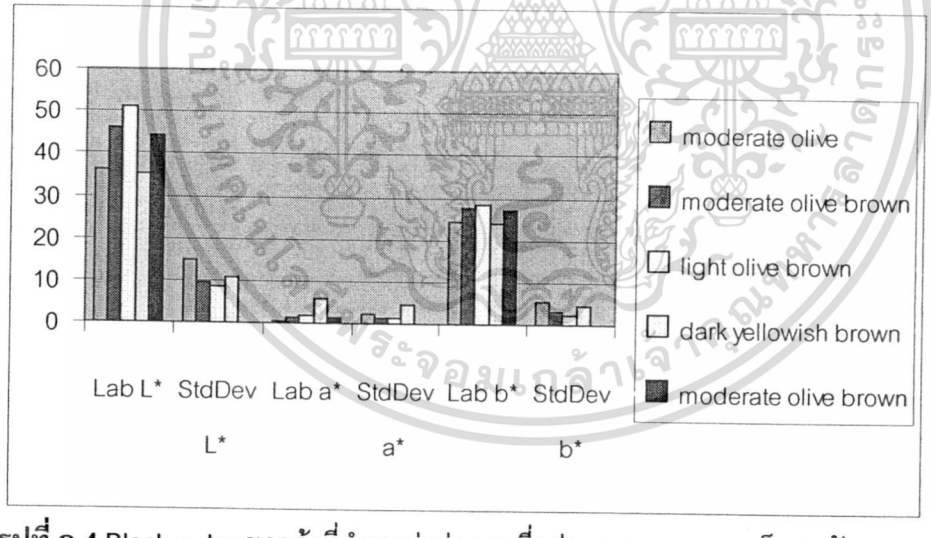


รูปที่ ก.2 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 1 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

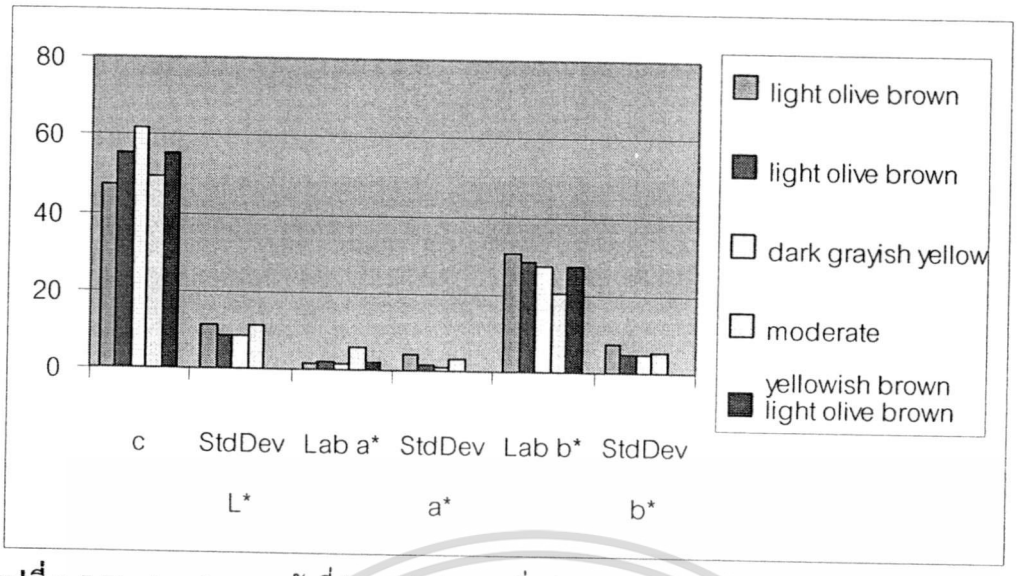


รูปที่ ก.3 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 2 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

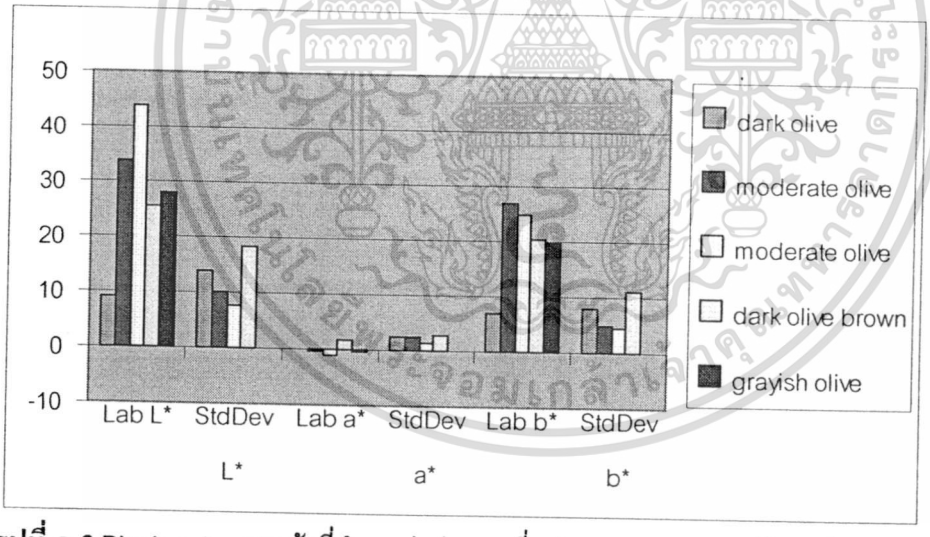


รูปที่ ก.4 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 3 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

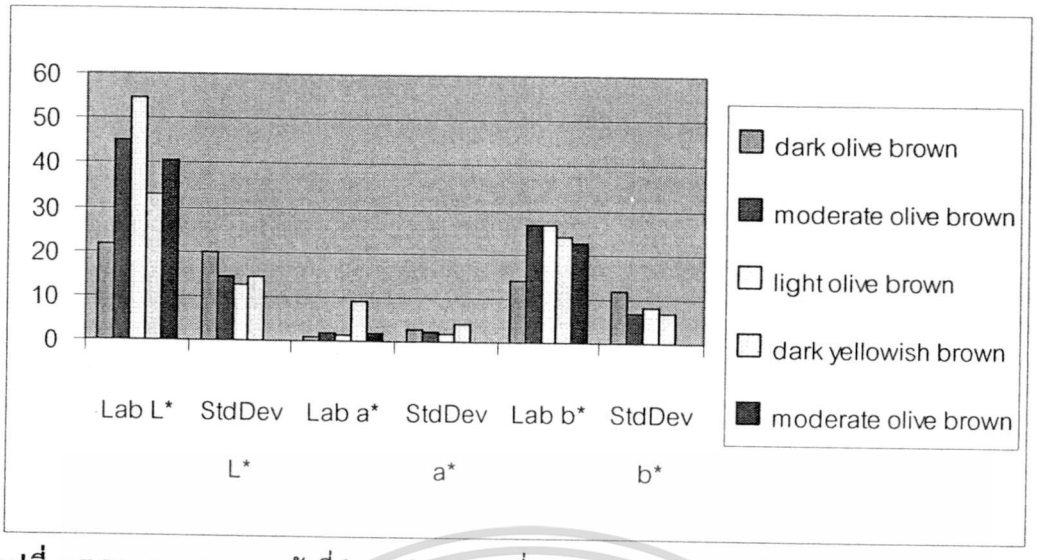


รูปที่ ก.5 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 4 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

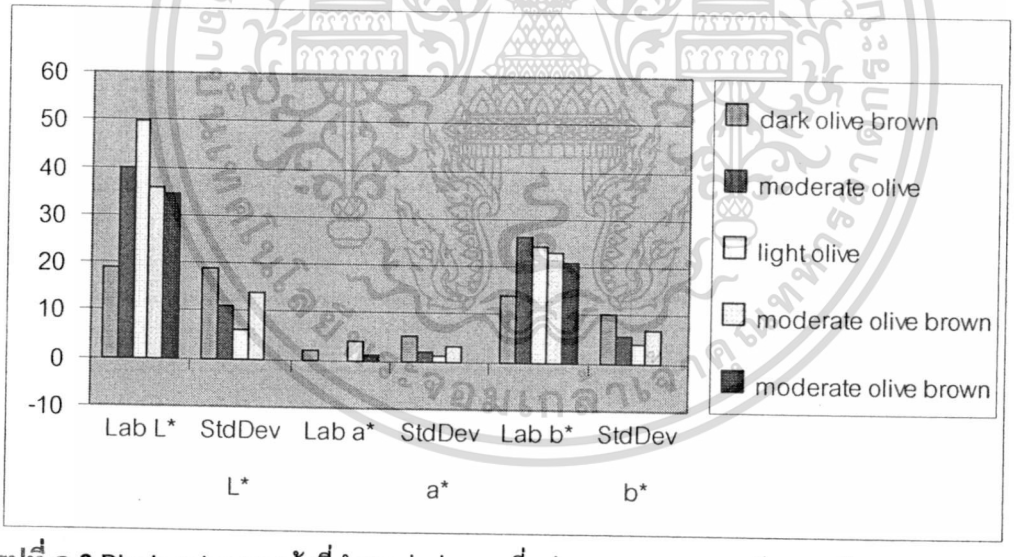


รูปที่ ก.6 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 6 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

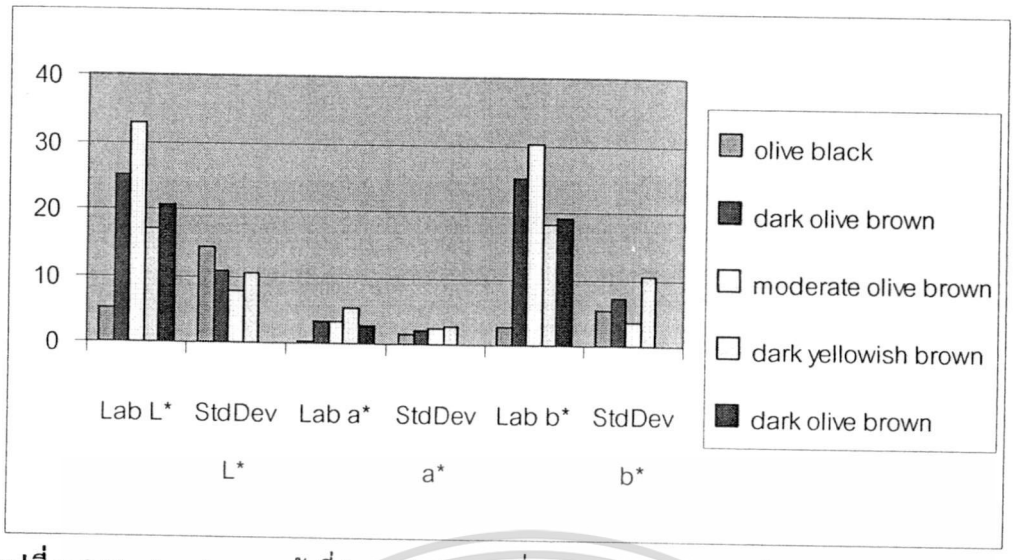


รูปที่ ก.7 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 8 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

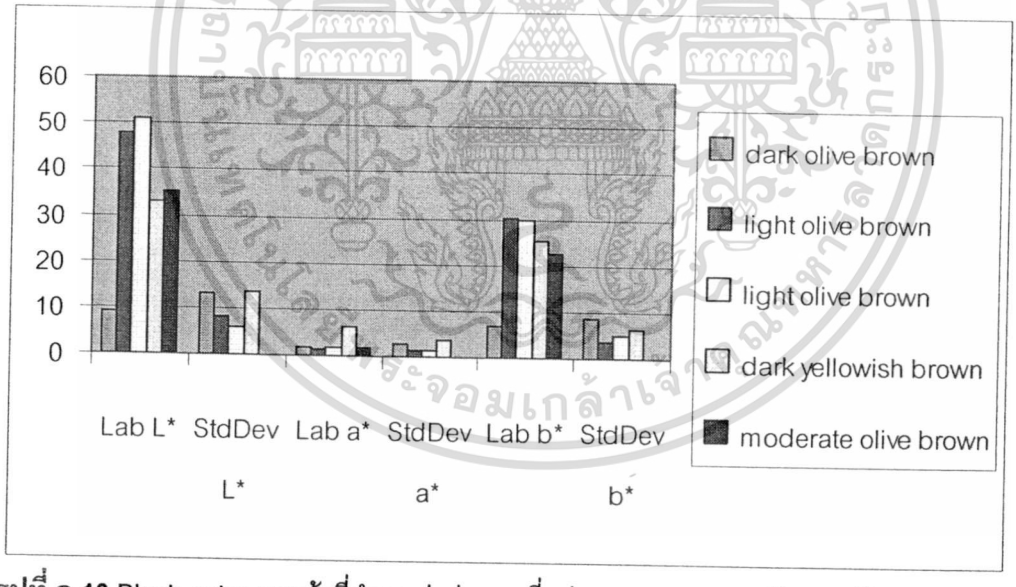


รูปที่ ก.8 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 10 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ ก.9 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 12 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)



รูปที่ ก.10 Block color ของกุ้งที่ตำแหน่งต่าง ๆ ที่แต่ละระยะเวลาการเก็บ 14 วัน กราฟแท่งที่ 1 (ส่วนหัว) กราฟแท่งที่ 2 (ส่วนกลางบน) กราฟแท่งที่ 3 (ส่วนกลางล่าง) กราฟแท่งที่ 4 (ส่วนหาง) กราฟแท่งที่ 5 (ทั้งตัว)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ข.

ตารางแสดงข้อมูลที่ได้จากการทดสอบเนื้อสัมผัส

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก

	yield point			
	Firmness (N)	distance (mm)	Toughness (N.mm)	Stiffness (N/mm)
วันที่ 0	4.15	5.42	6.31	1.65
	5.07	7.37	12.66	1.34
	1.72	7.04	4.50	0.52
	5.03	7.06	11.48	1.33
	4.23	5.46	6.21	1.38
	2.54	4.84	3.35	1.18
	4.92	6.66	11.39	1.26
	6.41	8.36	19.23	1.40
	6.09	6.42	12.64	1.70
	5.84	7.97	19.85	1.66
วันที่ 1	6.99	7.65	17.34	1.55
	2.30	4.10	2.88	0.81
	5.13	6.43	9.40	1.51
	6.81	7.83	16.95	1.61
	3.06	5.16	4.46	1.15
	5.64	7.58	16.62	1.31
	7.08	6.61	15.10	1.51
	4.01	5.73	6.55	1.40
	6.68	8.72	23.40	1.61
	6.90	8.36	21.86	1.52
วันที่ 2	5.52	7.45	15.66	1.62
	4.88	6.23	10.74	1.15
	5.52	8.30	20.09	1.37
	3.30	4.63	4.59	1.10
	5.98	8.02	18.25	1.44
	6.58	7.85	20.29	1.57
	5.47	7.54	16.84	1.54
	5.83	5.95	10.75	1.57
	5.78	8.45	20.05	1.49
	6.63	8.38	23.71	1.48
วันที่ 3	5.41	6.17	9.92	1.71
	7.71	7.65	21.27	1.74
	7.18	6.77	16.53	1.92
	6.80	6.63	14.51	1.78
	5.80	6.75	14.10	1.89
	6.03	7.70	18.86	1.71
	8.14	8.34	25.87	1.90
	6.35	6.57	14.33	1.69
	5.01	6.06	8.51	1.59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก (ต่อ)

วันที่ 4	6.03	7.67	15.81	1.53
	7.70	9.00	28.19	1.98
	6.40	6.58	14.68	1.75
	6.58	7.38	18.89	1.65
	7.13	6.53	14.08	2.10
	8.39	8.94	30.66	1.84
	5.33	6.62	10.60	1.48
	7.18	8.19	23.50	1.73
	5.76	6.47	13.09	1.69
	7.80	8.06	20.98	1.65
วันที่ 6	6.85	7.45	20.58	1.71
	7.58	7.80	21.54	1.78
	6.05	7.54	16.65	1.57
	5.91	7.35	16.73	1.45
	7.74	8.12	22.43	1.69
	7.57	8.67	27.80	1.69
	5.85	7.30	14.04	1.53
	7.36	8.69	27.82	1.83
	6.46	7.21	19.28	1.60
	5.42	7.35	13.88	1.42
วันที่ 8	6.41	7.97	20.97	1.82
	6.29	6.56	13.62	1.77
	7.39	8.49	23.30	1.62
	5.64	6.78	12.59	1.65
	6.50	7.29	16.37	1.60
	7.32	9.26	26.56	1.56
	8.12	8.86	29.72	1.68
	7.01	8.19	22.64	1.76
	5.66	7.06	14.64	1.36
	4.97	6.26	9.87	1.32
วันที่ 10	6.40	7.33	16.95	1.49
	7.13	7.67	20.17	1.69
	5.58	6.76	12.25	1.51
	6.89	7.90	23.43	1.59
	7.02	7.87	21.87	1.66
	6.78	7.95	19.61	1.56
	7.28	8.13	21.84	1.67
	6.96	6.23	15.20	1.84
	7.17	8.40	23.24	1.74
	7.26	7.78	21.45	1.71

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ข.1 ข้อมูลที่ได้จากการทดสอบแบบการเจาะด้วยหัววัดทรงกระบอก (ต่อ)

	6.87	8.01	22.71	1.45
	6.37	7.44	18.66	1.51
	7.28	9.12	27.99	1.70
	5.90	7.93	19.03	1.55
	6.04	7.23	17.50	1.70
	7.11	5.93	13.85	2.12
	7.76	8.66	28.93	1.98
	5.85	6.75	14.05	1.59
	5.61	6.04	11.23	1.55
วันที่ 14	6.95	8.70	25.59	1.61
	7.33	8.76	28.84	1.84
	7.97	8.95	29.69	1.88
	8.29	8.38	30.68	2.06
	7.57	9.01	30.84	1.87
	6.65	7.22	17.90	1.73
	6.23	6.90	15.90	1.72
	5.74	6.34	11.44	1.65
	6.72	7.19	18.99	1.65
	8.02	8.17	27.15	1.97

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค.

ผลการวิเคราะห์ทางสถิติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.1 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการวิเคราะห์ค่า L* ที่ส่วนต่าง ๆ ของกุ้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
HEAD	Between Groups	3270.831	9	363.426	7.129	.000
	Within Groups	1529.391	30	50.980		
	Total	4800.222	39			
BODYUP	Between Groups	679.336	9	75.482	1.835	.103
	Within Groups	1234.229	30	41.141		
	Total	1913.565	39			
BODYLOW	Between Groups	516.563	9	57.396	1.172	.347
	Within Groups	1468.816	30	48.961		
	Total	1985.379	39			
TAIL	Between Groups	1002.113	9	111.346	1.745	.122
	Within Groups	1914.553	30	63.818		
	Total	2916.666	39			
WHOLE	Between Groups	441.622	9	49.069	4.097	.003
	Within Groups	275.470	23	11.977		
	Total	717.092	32			

ตารางที่ ค.2 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการวิเคราะห์ค่า a* ที่ส่วนต่าง ๆ ของกุ้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
HEAD	Between Groups	94.327	9	10.481	3.878	.002
	Within Groups	81.074	30	2.702		
	Total	175.402	39			
BODYUP	Between Groups	62.659	9	6.962	3.418	.005
	Within Groups	61.114	30	2.037		
	Total	123.773	39			
BODYLOW	Between Groups	52.915	9	5.879	2.179	.053
	Within Groups	80.933	30	2.698		
	Total	133.848	39			
TAIL	Between Groups	112.471	9	12.497	4.492	.001
	Within Groups	83.456	30	2.782		
	Total	195.927	39			
WHOLE	Between Groups	5.271	9	.586	2.627	.030
	Within Groups	5.127	23	.223		
	Total	10.398	32			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ ค.3 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการวิเคราะห์ค่า b* ที่ส่วนต่าง ๆ ของกุ้ง

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
HEAD	Between Groups	1570.603	9	174.511	8.713	.000
	Within Groups	600.900	30	20.030		
	Total	2171.502	39			
BODYUP	Between Groups	100.895	9	11.211	2.019	.072
	Within Groups	166.584	30	5.553		
	Total	267.478	39			
BODYLOW	Between Groups	110.526	9	12.281	2.115	.060
	Within Groups	174.186	30	5.806		
	Total	284.713	39			
TAIL	Between Groups	287.212	9	31.912	1.261	.298
	Within Groups	759.184	30	25.306		
	Total	1046.397	39			
WHOLE	Between Groups	39.855	9	4.428	3.254	.011
	Within Groups	31.299	23	1.361		
	Total	71.154	32			

ตารางที่ ค.4 ผลการวิเคราะห์ทางสถิติการทดสอบแบบ Penetration test (cylinder)

ANOVA

		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Firmness	Between Groups	72.716	9	8.080	7.896	.000
	Within Groups	78.792	77	1.023		
	Total	151.508	86			
Toughness	Between Groups	1622.424	9	180.269	5.580	.000
	Within Groups	2487.523	77	32.305		
	Total	4109.947	86			
Stiffness	Between Groups	2.658	9	.295	7.842	.000
	Within Groups	2.900	77	.038		
	Total	5.557	86			

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้