T-BIC-O-151-02

การศึกษาลักษณะทางกายภาพของกุ้งขาวสดโดยใช้เทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่าย

Use Of Image Analysis To Investigate The Physical Properties Of Fresh White Shrimp

ราชธานี ผดุงเจริญ[1,*], มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์[2]

Rachatanee Phadungcharoen[1,*], Maradee Phongpipatpong[2]

[1,2] สาขาวิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง กรุงเทพฯ ประเทศไทย 10520

*ติดต่อ E-mail: 60601152@kmitl.ac.th, เบอร์โทรศัพท์: 08-9449-7906

บทคัดย่อ

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่ได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในประเทศและต่างประเทศ การเลี้ยงกุ้งของประเทศไทยในปัจจุบันพบว่ามีการใช้แรงงานคนและต้นทุนในการผลิตเป็นจำนวนมาก ตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะพันธุ์ไปจนถึงการเก็บเกี่ยวผลผลิตและการคัดเกรดกุ้ง เนื่องจากปัญหาการขาดแคลนแรงงานที่มีเพิ่มขึ้นตามลำดับ ส่งผลให้ต้นทุนการผลิตกุ้งสูงขึ้น ยิ่งกว่านั้นในการคัดแยกขนาดกุ้งที่อาศัยแรงงานคน ยังพบว่าคุณภาพกุ้งที่ได้มีขนาดที่ไม่สม่ำเสมอ การนำเทคโนโลยีใหม่มาประยุกต์ใช้ในการผลิตและการควบคุมนั้นช่วยส่งผลให้มีประสิทธิภาพการผลิตเพิ่มสูงขึ้น ซึ่งการวิเคราะห์ภาพถ่ายเป็นเทคนิคหนึ่งที่มีการนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพที่มองเห็นจากลักษณะปรากฏภายนอกของผลิตภัณฑ์ได้อย่างสะดวก ในการศึกษานี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้การวิเคราะห์ภาพถ่ายในการคัดเกรดคุณภาพกุ้ง โดยมุ่งเน้นขั้นตอนการคัดกุ้งออกเป็นขนาดต่างๆกัน โดยมีการวางแผนศึกษาลักษณะทางกายภาพของกุ้งขาวสดสายพันธุ์ *Litopenaeus vannamei* ประกอบด้วย จำนวนตัวต่อกิโลกรัม น้ำหนัก ความยาวรอบรูป พื้นที่ภาพฉาย สีที่ปรากฏ แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ผลทางสถิติและสร้างความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ระหว่างค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายกุ้งกับคุณภาพกุ้งเพื่อนำไปประยุกต์ใช้กับชุดควบคุมการคัดเกรดกุ้งอัตโนมัติ เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตกุ้งและลดปัญหาการใช้แรงงานให้ลดน้อยลง อีกทั้งยังช่วยให้คุณภาพของสินค้ามีความสม่ำเสมอเพิ่มขึ้น

คำสำคัญ: กุ้ง, วิเคราะห์ภาพถ่าย, คัดเกรด, ขนาด

Abstract

Shrimp is popular seafood for both domestic and overseas consumptions. Nowadays, shrimp farming in Thailand is considered capital and labor intensive production, starting from breeding, harvesting, and grading due to a growing labor shortage. This causes an increase in shrimp production cost. Moreover, human errors from labor especially during grading shrimp, make inconsistent product quality issues. New technologies can be applied to help improve production and increase productivity. Image analysis is a convenient technique to inspect the outer appearance of product. Therefore, this research aimed to apply the image processing technique for shrimp grading by classifying shrimp weights into different product sizes. Whiteleg shrimp (*Litopenaeus vannamei*) were used as the sample. Experiment were conducted and physical properties including number of shrimps per kilo-count, shrimp weight, perimeter, projected area and color were determined. The statistical data analysis and mathematical equations were also developed in order to explain the relation between experimental values and the parameters obtained from image analysis. This technique can further develop for automated shrimp grading machine which help increase production efficiency and decrease labor force in shrimp farming. It also provides more consistency of product quality.

Keywords: Shrimp, Image Analysis, Grading, Size

บทนำ

กุ้งเป็นสัตว์น้ำที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของประเทศไทยเป็นอย่างมาก เนื่องจากได้รับความนิยมในการบริโภคทั้งในประเทศและส่งออกยังต่างประเทศ กุ้งที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือกุ้งขาว ซึ่งสามารถพบได้ทั่วไปในบริเวณชายฝั่งมหาสมุทรแปซิฟิกตะวันออก [1] เกษตรกรในประเทศไทยนิยมเรียกว่ากุ้งขาว (พันธุ์แวนนาไม) เนื่องจากเป็นกุ้งที่เลี้ยงง่าย เจริญเติบโตรวดเร็ว เมื่อกุ้งขาวโตเต็มวัยจะมีความยาวได้ถึง 230 มิลลิเมตร เนื่องจากสายพันธุ์ได้รับการพัฒนามาเป็นเวลานาน ที่ผ่านมาประเทศไทยมีผลผลิตกุ้งขาวทั้งแบบพัฒนาและแบบกึ่งพัฒนารวม ประมาณ 300,000 ตัน [2] และมีปริมาณการส่งออกกุ้งขาวของประเทศไทย 63,645 ตัน [3] คิดเป็นมูลค่าการส่งออกประมาณ 19,092 ล้านบาท กระบวนการเลี้ยงกุ้งขาวของไทยโดยมากอาศัยแรงงานคนเป็นหลักตั้งแต่ขั้นตอนการเพาะเลี้ยงพ่อพันธุ์แม่พันธุ์กุ้ง การเลี้ยงลูกกุ้งในบ่อเลี้ยง การควบคุมดูแลคุณภาพน้ำ ไปจนถึงการจับกุ้งที่มีการเจริญเติบโตจนสามารถจับขายได้ ซึ่งการใช้แรงงานคนนั้นส่งผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์กุ้งและต้นทุนในการผลิตเนื่องจากการจัดการบ่อเลี้ยงกุ้ง การควบคุมคุณภาพน้ำ รวมไปถึงการจับและคัดเกรดกุ้งก่อนนำไปจำหน่าย จำเป็นต้องใช้แรงงานที่มีทักษะและความเชี่ยวชาญ นอกจากนั้นหากขาดการจัดการที่ดีอาจก่อปัญหาด้านสิ่งแวดล้อมอีกด้วย ในปัจจุบันได้มีการนำเอาเทคโนโลยีใหม่ๆมาช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการเลี้ยงและการจัดการกุ้ง ประกอบกับแนวนโยบายการพัฒนาประเทศไทยเปลี่ยนระบบเศรษฐกิจแบบเดิมไปสู่เศรษฐกิจที่ขับเคลื่อนด้วยนวัตกรรม THAILAND 4.0

ในกระบวนการแปรรูปกุ้งขาว ขั้นตอนการคัดเกรดกุ้งถือเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญและมีผลกระทบต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์เป็นอย่างยิ่ง การนำเอาเทคโนโลยีหรือเทคนิควิธีการใหม่ๆมาประยุกต์ใช้กับกระบวนการเป็นสิ่งที่สามารถแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆที่เกิดจากความผิดพลาดของมนุษย์ได้ ปัญหาความสม่ำเสมอในการคัดขนาดกุ้งที่ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร เรื่อง “กุ้งทะเล” ที่กำหนดมาตรฐานด้านขนาดรวมถึงการบรรจุกุ้ง โดยระบุว่า “กุ้งทะเลที่บรรจุในแต่ละภาชนะบรรจุ ต้องมีความสม่ำเสมอทั้งในเรื่องคุณภาพ และยอมให้มีสัดส่วนของกุ้งทะเลที่อยู่ในช่วงขนาดต่างจากรหัสขนาดที่ระบุได้ไม่เกิน 10 % โดยน้ำหนัก” [4] ซึ่งปัจจุบันพบว่าการคัดขนาดกุ้งขาวตามน้ำหนักนั้นส่วนใหญ่ยังไม่มีความสม่ำเสมอตามที่มาตรฐานกำหนด เทคโนโลยีที่นำมาใช้ในกระบวนการคัดแยกผลิตภัณฑ์อาหารจำเป็นต้องมีการคัดเลือกให้ถูกต้องเหมาะสม สามารถควบคุมและนำไปใช้ในกระบวนการผลิตได้ดี ในงานวิจัยนี้จึงมีความสนใจนำเทคโนโลยีการวิเคราะห์ภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้ในการคัดเกรดกุ้งขาว สำหรับเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายนั้นปัจจุบันได้มีการนำมาใช้ในหลายอุตสาหกรรม เช่นอุตสาหกรรมประมง, อุตสาหกรรมเกษตร และอุตสาหกรรมอาหารเพิ่มมากขึ้น การตรวจสอบด้วยภาพสามารถใช้ในการตรวจสอบคุณภาพและวิเคราะห์ความแปรปรวนของสินค้าหรือวัตถุดิบในระหว่างกระบวนการไปจนกระทั่งขั้นตอนสุดท้ายของกระบวนการผลิต การตรวจสอบด้วยภาพถ่ายมีขั้นตอนการทำงาน ประกอบด้วย 1) การได้มาซึ่งภาพถ่าย (Image acquisition) 2) การกำจัดสัญญาณรบกวน (Image de-noising) 3) การปรับปรุงคุณภาพของภาพ (Image enhancement) 4) การแบ่งส่วนภาพ (Image segmentation) 5) การเลือกและแยกคุณลักษณะของภาพ (Image feature selection and extraction) 6) การจำแนกประเภทข้อมูลภาพ (Image classification) 7) การจับคู่คุณลักษณะภาพ (Feature matching) 8) การตัดสินภาพ (Decision making) 9)การแสดงผลและสร้างสัญญาณควบคุม (Display of results and Generation of controlling signals) [5] สำหรับอุตสาหกรรมอาหารและอุตสาหกรรมเกษตรได้มีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ตรวจสอบด้วยภาพมาใช้ในลักษณะของการตรวจสอบความผิดปรกติหรือความไม่สมบูรณ์ของสินค้า เช่น การตรวจสอบธัญพืช การตรวจสอบและคัดแยก

คุณภาพของผลไม้ การวัดขนาดผลไม้ รวมทั้งการนำมาใช้ในกระบวนการผลิตเพื่อคัดแยกหรือคัดเกรดผลิตภัณฑ์ [6-10] โดยอาศัยคุณสมบัติทางกายภาพของผลิตภัณฑ์เป็นเกณฑ์ในการคัดเกรด เช่น สีและลักษณะปรากฏ [7] [11-13] คุณสมบัติการสะท้อนแสง [14] ผลที่ได้จากการคัดเกรดด้วยวิธีการวิเคราะห์ภาพถ่ายนั้นค่อนข้างมีความแม่นยำ แต่อย่างไรก็ตาม ความแม่นยำที่ได้ขึ้นกับวิธีการวัดและโปรแกรมควบคุมที่ใช้เป็นสำคัญ งานวิจัยนี้จึงมีจุดมุ่งหมายศึกษาวิธีการนำเทคนิคการวิเคราะห์ภาพถ่ายมาประยุกต์ใช้ในการคัดเกรดกุ้งขาวและหาความสัมพันธ์ของพารามิเตอร์จากภาพถ่ายที่ได้กับคุณภาพกุ้งขาว เพื่อประโยชน์ต่อการจัดการกุ้งในอุตสาหกรรมต่อไป

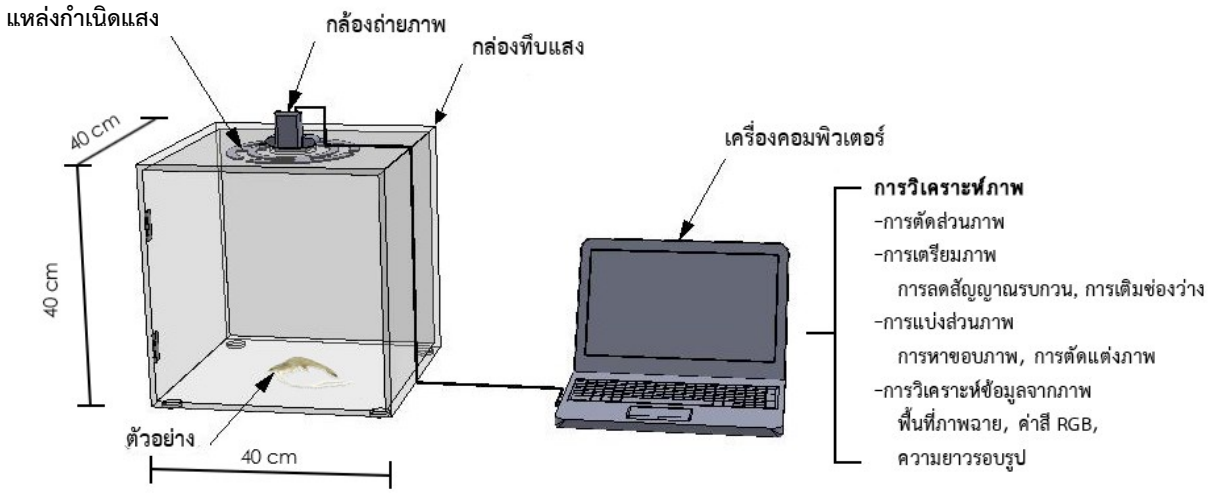
อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

การเตรียมตัวอย่างกุ้ง

กุ้งขาวที่ใช้ในการศึกษา คือกุ้งขาวสด สายพันธุ์ *Litopenaeus vannamei* 4 ขนาด คือ รหัสขนาด 15, 17, 19 และ 25 (มาตรฐาน มกษ. 7019-2556) จากฟาร์มเลี้ยงกุ้งแบบพัฒนาในพื้นที่จังหวัดฉะเชิงเทรา จำนวน 390 ตัว

ระบบการมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

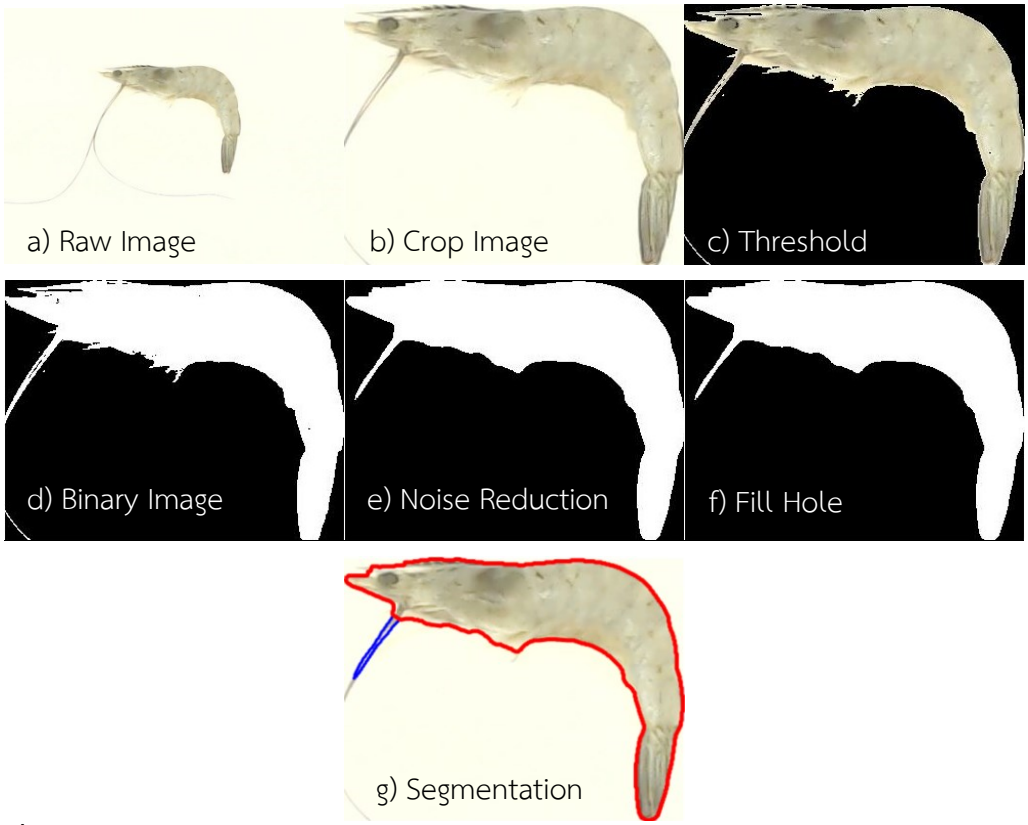
อุปกรณ์ในการถ่ายภาพตัวอย่างเพื่อนำภาพไปวิเคราะห์ประกอบด้วย กล่องถ่ายภาพทึบแสงพื้นผิวสีขาว ขนาด กว้าง 40 เซนติเมตร ยาว 40 เซนติเมตร สูง 40 เซนติเมตร ติดตั้งกล้องถ่ายภาพเว็บแคม (Logitech C922 Pro Stream Webcam) ภายในกล่องติดตั้งระบบส่องสว่างโดยใช้แผงไฟ LED ส่องสว่างแบบวงกลม กำลังไฟ 18 วัตต์ เชื่อมต่ออุปกรณ์ถ่ายภาพเข้ากับเครื่องคอมพิวเตอร์โน้ตบุ๊ก (Intel Core i5 1.8 GHz, 4 GB of RAM) ดังรูปที่ 1



รูปที่ 1 การติดตั้งอุปกรณ์การมองเห็นด้วยคอมพิวเตอร์

การวิเคราะห์และประมวลผลภาพถ่าย

กุ้งขาวสด สายพันธุ์ *Litopenaeus vannamei* จำนวนทั้งหมด 390 ตัว ถูกนำมาชั่งน้ำหนักและถ่ายภาพเพื่อนำภาพมาวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่วิเคราะห์ได้ โดยการวิเคราะห์และประมวลผลภาพถ่ายตัวอย่างกุ้งด้วยโปรแกรม Matlab 2017 เริ่มจากกระบวนการถ่ายภาพโดยใช้กล้องถ่ายภาพเว็บแคม (Webcam) (รูปที่ 2a) จากนั้นตัดภาพเพื่อให้ได้ภาพเฉพาะตัวกุ้ง (Crop Image) (รูปที่ 2b) จึงนำภาพที่ได้มาทำการแยกวัตถุที่ต้องการออกจากพื้นหลัง (Image Threshold) (รูปที่ 2c) โดยใช้ความแตกต่างของสีในระบบ RGB (RGB Color Threshold) ของแต่ละพิกเซลของภาพ โดยการกำหนดเงื่อนไขขอบเขตของค่าสีที่เหมาะสม ทำให้ได้ภาพกุ้งในลักษณะภาพขาว-ดำ (Binary) (รูปที่ 2d) เป็นขอบเขตพื้นที่ที่ทำการแยกพื้นหลังออกจากตัวกุ้ง ทำการปรับปรุงคุณภาพของภาพถ่ายด้วยการลดสัญญาณรบกวน (Noise Reduction) (รูปที่ 2e) และการเติมจุดว่างในภาพ (Fill Hole) (รูปที่ 2f) ต่อมาเป็นการเลือกพื้นที่ของภาพที่สนใจ (Segmentation) (รูปที่ 2g) โดยมีการหาขอบภาพเฉพาะตัวกุ้ง (Edge Finding) อาศัยการวิเคราะห์ภาพขาว-ดำ (Binary Image) แล้วทำการวิเคราะห์หาขอบภาพ จากนั้นทำเลือกเฉพาะบริเวณของส่วนหัว ตัว และหางกุ้ง (Trimming) เพื่อทำการวิเคราะห์คุณสมบัติ โดยเส้นสีแดงเป็นเส้นขอบรูปกุ้งที่ทำการตัดส่วนของหนวดกุ้ง ให้เหลือเฉพาะส่วนของหัว ลำตัว และหางของกุ้งเอาไว้เท่านั้น ส่วนเส้นสีน้ำเงินเป็นเส้นขอบรูปของกุ้งก่อนทำการตัดบริเวณของหนวดกุ้งออก สุดท้ายเป็นการวิเคราะห์ข้อมูล (Feature Extraction) เพื่อให้ได้ค่าพื้นที่ภาพฉาย ค่าเฉลี่ยสี RGB และความยาวรอบรูปกุ้ง



รูปที่ 2 กระบวนการวิเคราะห์และประมวลผลภาพถ่ายกุ้ง a) Image acquisition b) Crop image c) Threshold d) Binary Image e) Noise Reduction f) Fill Hole g) Segmentation

การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและการวิเคราะห์ทางสถิติ

การวิเคราะห์ผลทางสถิติอาศัยข้อมูลจากภาพถ่ายที่รวบรวมนำมาคำนวณ ค่าเฉลี่ย (Mean) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard Deviation : SD) ตามสมการที่ (1) และ (2) ตามลำดับ พร้อมทั้งวิเคราะห์ค่าสหสัมพันธ์ (Coefficient Of Correlation) (สมการที่ 3)

Mean $$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^{N} X}{N} \quad (1)$$

Standard Deviation $$SD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (x-\bar{x})^2}{N}} \quad (2)$$

Coefficient Of Correlation $$r = \frac{N(\sum_{i=1}^{N} xy) - (\sum_{i=1}^{N} x)(\sum_{i=1}^{N} y)}{\sqrt{[N\sum_{i=1}^{N} x^2-(\sum_{i=1}^{N} x)^2][N\sum_{i=1}^{N} y^2-(\sum_{i=1}^{N} y)^2]}} \quad (3)$$

จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรของข้อมูลที่ได้จากภาพถ่ายกับคุณภาพของกุ้งขาว โดยกำหนดเกณฑ์คุณภาพกุ้ง คือ ค่าน้ำหนักของกุ้งขาว แบ่งออกเป็น 4 ระดับ ตัวแปรคุณสมบัติกุ้งจากการวิเคราะห์ภาพถ่าย ประกอบด้วย ค่าเฉลี่ยของสีในระบบ RGB ค่าความยาวรอบตัวกุ้ง และพื้นที่ภาพฉาย อาศัยแบบจำลองความสัมพันธ์ทางคณิตศาสตร์ในรูปแบบของสมการเส้นตรง (Linear) สมการเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) และสมการยกกำลัง (Power) ระหว่างตัวแปรจากภาพถ่ายกับน้ำหนักของกุ้งขาว สมการที่ใช้แสดงได้ดังนี้

Linear $$y = a + bx \quad (4)$$

Exponential $$y = ae^{bx} \quad (5)$$

Power $$y = ax^b \quad (6)$$

โดยที่ y หมายถึงน้ำหนักของกุ้งขาว และ x หมายถึงตัวแปรคุณสมบัติด้านค่าเฉลี่ยของสี ค่าความยาวรอบตัวกุ้ง และพื้นที่ภาพฉาย ที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่าย พร้อมการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (Coefficient of Determination : R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการพยากรณ์ (Standard Error Of Estimate : SEE) จากสมการดังนี้

Coefficient of Determination $$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^{N} (\hat{y}-\bar{y})^2}{\sum_{i=1}^{N} (y-\bar{y})^2} \quad (7)$$

Standard Error Of Estimate $$SEE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N} (\hat{y}-y)^2}{N-2}} \quad (8)$$

เมื่อ x คือข้อมูลจากภาพถ่าย ,$\bar{x}$ คือค่าเฉลี่ยของข้อมูล ,$\hat{y}$ คือค่าที่พยากรณ์ได้ และ y คือค่าจริงที่ได้จากการเก็บข้อมูล N คือจำนวนตัวอย่างที่วัด

ผลการศึกษา

จากการเก็บข้อมูลจากการชั่งน้ำหนักตัวอย่างกุ้งขาวสดจำนวน 390 ตัว แบ่งเป็น 4 ขนาดประกอบด้วย รหัสขนาด 15 (50-54 ตัว/กก.), 18 (65-69 ตัว/กก.), 19 (70-74 ตัว/กก.), 25 (มากกว่า100 ตัว/กก) ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร (มกษ. 7019-2556) [4] และเมื่อนำมาวิเคราะห์นับเป็นจำนวนกุ้งในแต่ละขนาด เมื่อนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยใช้หลักสถิติเชิงพรรณนา ดังแสดงในตารางที่ 1 พบว่าน้ำหนักเฉลี่ยของกุ้งมีค่าน้อยกว่าค่าเฉลี่ยของน้ำหนักกุ้งที่ได้ระบุในซื้อขาย อีกทั้งยังมีความไม่สม่ำเสมอในกุ้งที่มีขนาดในกลุ่มเดียวกัน สังเกตได้จากค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล (SD) ที่มีค่าเกิน 10% ในขณะที่มาตรฐานสินค้าเกษตรยอมให้มีสัดส่วนของกุ้งทะเลที่อยู่ในช่วงขนาดต่างจากขนาดที่ระบุได้ไม่เกิน 10%

ตารางที่ 1 การวิเคราะห์สถิติเชิงพรรณนาของน้ำหนักตัวอย่างกุ้งขาวสด หน่วย : กรัม

รหัสขนาด	ข้อมูลมาตรฐาน (มกษ.7019-2556)				ข้อมูลที่ได้จากแหล่งซื้อ				
	จำนวน (ตัว/กิโลกรัม)	Wt_{Max}	Wt_{Min}	Wt_{Mean}	จำนวน (ตัว/กิโลกรัม)	Wt_{Max}	Wt_{Min}	Wt_{Mean}	SD
15	50-54	22.00	16.67	19.23	52	24.60	9.10	16.43	3.32
18	65-69	16.92	13.04	14.92	66	21.07	8.03	13.33	2.77
19	70-74	15.71	12.16	13.89	72	17.53	8.73	12.59	2.13
25	100-104	11.00	8.65	9.80	102	13.27	4.50	9.10	1.69

ข้อมูลที่ได้จากการชั่งน้ำหนักกุ้งและการวิเคราะห์ภาพถ่าย นำมาวิเคราะห์ความสัมพันธ์ในรูปแบบเชิงเส้นของตัวแปรด้วยวิธีทางสถิติ จากตารางที่ 2 พบว่าค่าสหสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของกุ้งกับค่าพื้นที่ภาพฉาย (PA) มีค่ามากที่สุด ($r>0.9$) ขณะที่ความยาวรอบรูปกุ้ง (RO) มีค่ารองลงมา ($r>0.7$) ส่วนค่าสี R, G, B ไม่แสดงความสัมพันธ์ต่อน้ำหนักกุ้งมากนัก ค่า r ที่ได้อยู่ในช่วง 0.15 - 0.6 ดังแสดงในตารางที่ 2 กล่าวคือข้อมูลที่ได้มีความสัมพันธ์กันแบบเชิงเส้นในเชิงบวกเนื่องจากค่า r มีค่าเป็นบวก คือเมื่อน้ำหนักกุ้งที่ได้จากการชั่งมีค่าสูงขึ้น ค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพถ่ายก็มีแนวโน้มสูงขึ้นเช่นกัน

ตารางที่ 2 ค่า r และค่านัยสำคัญทางสถิติ (P-value) ของความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักของกุ้ง กับค่าพารามิเตอร์จากการวิเคราะห์ภาพถ่าย

ค่าวิเคราะห์จากภาพถ่าย	ค่าสหสัมพันธ์ (r) ของขนาดกุ้งในสมการที่ 6			
	50 ตัว/กก	60 ตัว/กก	70 ตัว/กก	100 ตัว/กก
PA	0.917***	0.953**	0.932**	0.928**
R	-0.158	-0.146	-0.389**	-0.358**
G	-0.231*	-0.143	-0.463**	-0.501**
B	-0.228*	-0.269**	-.0526**	-0.543**
RO	0.796**	0.786**	0.788**	0.737**

*** ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.001,** ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.01, * ความสัมพันธ์อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 0.05

เมื่อได้ข้อมูลความสัมพันธ์จากค่า r ในตารางที่ 2 และเมื่อนำมาวิเคราะห์สามารถเลือกชุดข้อมูลที่ให้ค่าความสัมพันธ์สูงสุด 2 ชุด คือ 1) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกุ้งกับข้อมูลพื้นที่ภาพฉาย และ 2) ความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกุ้งกับความยาวรอบรูปกุ้ง จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อทำนายความสัมพันธ์ด้วยเทคนิคการวิเคราะห์แบบถดถอย (Regression) ใน 3 รูปแบบ คือ 1) สมการเส้นตรง (Linear) 2) สมการเอกซ์โพเนนเชียล (Exponential) และ 3) สมการยกกำลัง (Power) ทำให้ได้ค่าสัมประสิทธิ์ ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 ค่าพารามิเตอร์ในสมการ, ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2), และค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนาย (SEE)

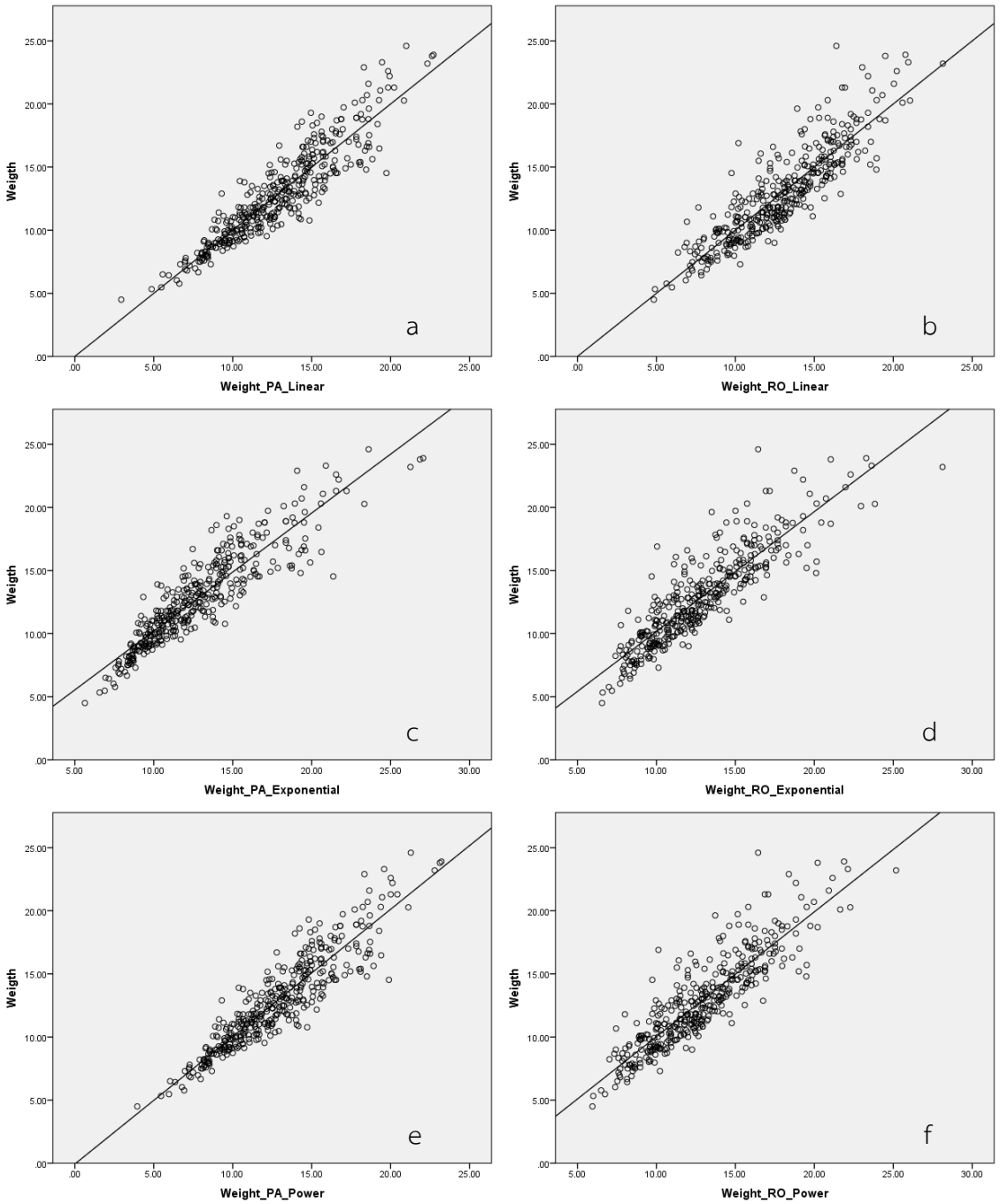
ขนาดกุ้ง/ค่าวิเคราะห์ภาพถ่าย		Linear (สมการที่ 4) $y = a+bx$				Exponential (สมการที่ 5) $y = ae^{bx}$				Power (สมการที่ 6) $y = ax^b$			
		a	b	R^2	SEE	a	b	R^2	SEE	A	b	R^2	SEE
52	PA	-2.748	0.969	0.842	1.330	5.030	0.059	0.830	0.084	0.510	1.161	0.833	0.083
	RO	-11.598	1.733	0.634	2.020	2.885	0.106	0.639	0.123	0.140	1.707	0.636	0.123
66	PA	-3.618	0.969	0.909	0.841	3.717	0.072	0.896	0.067	0.348	1.272	0.906	0.064
	RO	-11.663	1.648	0.619	1.723	1.973	0.125	0.634	0.126	0.077	1.888	0.635	0.126
72	PA	-2.556	0.798	0.868	0.779	3.740	0.063	0.863	0.063	0.354	1.212	0.873	0.061
	RO	-7.744	1.365	0.622	1.319	2.462	0.109	0.624	0.104	0.163	1.606	0.620	0.105
102	PA	-2.504	0.845	0.861	0.631	2.283	0.099	0.877	0.069	0.324	1.271	0.878	0.069
	RO	-7.141	1.266	0.543	1.145	1.303	0.150	0.562	0.131	0.067	1.921	0.574	0.129
All	PA	-3.918	0.958	0.837	1.481	3.272	0.076	0.847	0.113	0.303	1.305	0.864	0.107
	RO	-14.048	1.823	0.777	1.735	1.460	0.145	0.790	0.132	0.041	2.129	0.796	0.130

จากข้อมูลที่ได้จากตารางที่ 3 เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และค่าความคลาดเคลื่อนของการทำนาย (SEE) เพื่อนำมาใช้เลือกสมการที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการทำนายน้ำหนักของกุ้งขาว จากการวิเคราะห์พบว่าสมการที่ทำนายน้ำหนักกุ้งจากค่าพื้นที่ภาพฉาย (PA) ให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจที่สูงกว่าสมการทำนายจากค่าความยาวเส้นรอบรูป (RO) นอกจากนั้นค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายของสมการโดยอาศัยพื้นที่ภาพฉาย (PA) ยังพบว่ามีความคลาดเคลื่อนน้อยกว่าการใช้ค่าความยาวเส้นรอบรูปในการทำนาย

ในส่วนของรูปแบบของสมการความสัมพันธ์ที่ใช้ทำนายขนาดกุ้งขาวนั้น พบว่าสมการในรูปแบบยกกำลัง (Power) และรูปแบบเอกซ์โพเนนเชียลสามารถนำมาใช้อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์จากภาพถ่ายได้ดีกว่าสมการเส้นตรง ดังแสดงในตารางที่ 3 โดยพิจารณาจากค่า R^2 จากความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกุ้งขาวกับพื้นที่ภาพฉายในสมการแบบยกกำลัง (Power) มีค่าเท่ากับ 0.864 และสำหรับสมการแบบเอกซ์โพเนนเชียลและสมการเส้นตรงมีค่าเท่ากับ 0.847 และ 0.837 ตามลำดับ ในขณะเดียวกันค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (SEE) ในสมการแบบยกกำลังมีค่าน้อยที่สุดเท่ากับ 0.107 และมีค่าเท่ากับ 0.113 และ 1.481 สำหรับสมการแบบเอกซ์โพเนนเชียลและสมการเส้นตรงตามลำดับ

จากข้อมูลทั้งหมดที่ได้ จึงเลือกสมการทำนายน้ำหนักของกุ้งขาวจากข้อมูลพื้นที่ภาพฉาย โดยใช้สมการแบบยกกำลัง (Power) และเมื่อนำข้อมูลมาสร้างเป็นกราฟความสัมพันธ์โดยแบ่งเป็นความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนัก

กับพื้นที่ภาพฉายและความสัมพันธ์ระหว่างน้ำหนักกับความยาวรอบรูปของกุ้งทั้งหมดทั้งหมด 390 ตัวอย่าง ดังรูปที่ 3 ซึ่งแสดงการเปรียบเทียบระหว่างค่าน้ำหนักกุ้งขาวที่ได้จริงกับค่าที่จากการทำนายด้วยสมการในรูปแบบต่างๆกัน ประกอบด้วย การทำนายด้วยสมการเส้นตรง สมการสมการเอกซ์โพเนนเชียล และสมการยกกำลัง ซึ่งสามารถสังเกตได้ว่าการกระจายความคลาดเคลื่อนของข้อมูลจากค่าน้ำหนักที่ได้จริง กับค่าที่ได้จากสมการที่ใช้ค่าพื้นที่ภาพฉายน้อยกว่าความคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการเส้นรอบรูปเล็กน้อย



รูปที่ 3 ความสัมพันธ์ของข้อมูลน้ำหนักกับพื้นที่ภาพฉายแบบ a) Linear c) Exponential e) Power และข้อมูลน้ำหนักกับความยาวรอบรูปแบบ b) Linear d) Exponential f) Power ของกุ้ง 390 ตัว

สรุปผลการศึกษา

การวิเคราะห์ภาพถ่ายของกุ้งขาวพบว่าค่าสหสัมพันธ์ของพื้นที่ภาพฉายและค่าความยาวรอบรูปของกุ้งขาวมีค่าอยู่ในเกณฑ์ที่ดีกว่าค่าสี RGB จึงเลือกนำค่าพื้นที่ภาพฉายและค่าความยาวรอบรูปมาสร้างเป็นสมการเพื่อทำนายขนาดหรือน้ำหนักของกุ้งขาว และทำการวิเคราะห์แบบถดถอยซึ่งพบว่าสมการทำนายน้ำหนักกุ้งขาวจากค่าพื้นที่ภาพฉายในรูปแบบของสมการยกกำลัง (Power) นั้นให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) และความคลาดเคลื่อน (SEE) ดีที่สุด ขณะที่สมการแบบเอกซ์โพเนนเชียล และแบบเส้นตรง สามารถนำมาใช้ทำนายขนาดกุ้งรองลงมาตามลำดับ จากข้อมูลทั้งหมดสามารถสรุปได้ว่าสมการที่ใช้เพื่อทำนายน้ำหนักกุ้งขาวจากการวิเคราะห์คุณสมบัติกุ้งขาวจากภาพถ่ายนั้นคือสมการที่ใช้ข้อมูลพื้นที่ภาพฉายของกุ้งขาวที่ได้จากการวิเคราะห์ภาพ โดยใช้ในรูปของสมการแบบยกกำลัง (Power) ดังสมการ $y = 0.303x^{1.305}$ เมื่อ y คือน้ำหนักกุ้งที่ทำนายได้ และ x คือพื้นที่ภาพฉายของกุ้ง

เอกสารอ้างอิง

[1] ฝ่ายบริการวิชาการอาหารสัตว์ บริษัท เบทาโกร จำกัด (มหาชน). (2557). คู่มือการเลี้ยงกุ้งขาว. Retrieved from สมุทรปราการ.

[2] กุ้งทะเลเพาะเลี้ยง. (2559). สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. Retrieved from http://www.oae.go.th/download/prcai/fishing/shrimp.pdf

[3] สถิติการส่งออก (Export) กุ้งขาว. (2560). สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. Retrieved from http://www.oae.go.th/oae_report/export_import/export_result.php

[4] สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. (2557). มาตรฐานสินค้าเกษตร กุ้งทะเล (มกษ. 7019-2556).

[5] Beyerer, J., León, F. P. and Frese, C. (2016). Machine Vision: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.

[6] Arakeri, M. P. and Lakshmana. (2016). Computer Vision Based Fruit Grading System for Quality Evaluation of Tomato in Agriculture industry. Procedia Computer Science, 426-433.

[7] Baigvand, M., Banakar, A., Minaei, S., Khodaei, J. and Khazaei, N. B. (2015). Machine vision system for grading of dried figs. Computers and Electronics in Agriculture, 158-165.

[8] ElMasry, G. M. and Nakauchi, S. (2016). Image analysis operations applied to hyperspectral images for non-invasive sensing of food quality e A comprehensive review. Biosystems Engineering, 53-82.

[9] Soltani, M., Soltani, M., Dehrouyeh, M. H., Mohtasebi, S. S. and Ahmadi, H. (2013). An expert egg grading system based on machine vision and artificial intelligence techniques. Journal of Food Engineering, 70-77.

[10] Vithu, P., Tech., M., Moses, J. A., Tech., M. and D., P. (2016). Machine vision system for food grain quality evaluation: A review. Trends in Food Science & Technology, 13-20.

[11] Manickavasagan, A., Al-Mezeini, N. K. and Al-Shekaili, H. N. (2014). RGB color imaging technique for grading of dates. Scientia Horticulturae, 87–94.

[12] Unay, D., Gosselin, B., Kleynen, O., Leemans, V., Destain, M. F. and Debeir, O. (2011). Automatic grading of Bi-colored apples by multispectral machine vision. Computers and Electronics in Agriculture, 204–212.

[13] Wu, D. and Sun, D. W. (2013). Colour measurements by computer vision for food quality control e A review. Trends in Food Science & Technology, 5-20.

[14] Lee, D. J., Schoenberger, R., Archibald, J. and McCollum, S. (2008). Development of a machine vision system for automatic date grading using digital reflective near-infrared imaging. Journal of Food Engineering, 388–398.