สุวรรณ เอกรัมย์ : แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างจลนศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผักสลัดชนิดเดี่ยวกับอัตราการหายใจ (PREDICTIVE MODEL FOR THE RELATION BETWEEN KINETIC RATE OF COLOR CHANGE AND RESPIRATION RATE OF SALAD PLANT) อาจารย์ที่ปรึกษา : ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วีระศักดิ์ เลิศสิริโยธิน, 140 หน้า.

ผลงานวิจัยเรื่องแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างจลนศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผักสลัดชนิดเดี่ยวกับอัตราการหายใจมีวัตถุประสงค์หลักคือการพัฒนาแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ที่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการหายใจกับอัตราการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผักสลัดได้ โดยกิจกรรมวิจัยในงานวิจันนี้แบ่งได้เป็นสามส่วนหลักคือ ส่วนที่หนึ่งเป็นการพัฒนาเครื่องมือสำหรับทำการวิจัยซึ่งประกอบไปด้วยเครื่องมือสองชิ้นคือ ระบบวัดอัตราการหายใจของผักและผลไม้สดและโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผักสลัด โดยเครื่องมือทั้งสองมีความสามารถดังต่อไปนี้ ระบบวัดอัตราการหายใจของผักและผลไม้สดสามารถติดตามอัตราการหายใจของพืชที่ได้รับอิทธิพลจากสัดส่วนผสมของแก๊สผสมและอุณหภูมิการเก็บรักษาไปพร้อม ๆ กันได้ โดยสามารถทำการวัดอัตราการหายใจได้พร้อมกันสามตัวอย่าง ระบบดังกล่าวสามารถติดตามอัตราการหายใจที่มีการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นของแก๊สผสมในระดับต่ำมากได้(ต่ำกว่า 5% จากระดับความเข้มข้นตั้งต้น) ทำให้สามารถวัดอัตราการหายใจได้แล้วเสร็จภายในระยะเวลาสั้น ส่งผลให้อัตราการหายใจที่วัดได้ไม่ได้รับอิทธิพลจากอายุการเก็บรักษาร่วมด้วยรวมถึงสามารถยืนยันได้ว่าอัตราการหายใจที่วัดได้เป็นอัตราการหายใจที่ระดับความเข้มข้นของแก๊สที่ต้องการทดสอบ นอกจากนี้ระบบดังกล่าวยังออกแบบให้สามารถทำงานได้อย่างอัตโนมัติโดยสั่งงานและเก็บผลการทดลองด้วยระบบคอมพิวเตอร์ร่วมกับระบบควบคุมแบบไมโครคอนโทรเลอร์ สำหรับโปรแกรมประมวลผลภาพถ่ายเพื่อวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผักสลัดนั้นถูกพัฒนาโดยใช้หลักการทางการประมวลผลภาพถ่ายซึ่งทำให้การวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงค่าสีของผักสลัดสามารถทำได้อย่างสะดวกและรวดเร็วโดยความสามารถหลักของโปรแกรมดังกล่าวคือสามารถคำนวณพื้นที่การเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผักสลัดได้ ซึ่งการวิเคราะห์ค่าสีนั้นได้ใช้ค่า hue angle (H°) เป็นดัชนีบ่งชี้ค่าสี โดยงานวิจัยนี้ได้ใช้ผักสลัดกรีนโอ๊คเป็นตัวอย่างผักสลัดพบว่าค่า H° ที่บ่งชี้ว่าผักสลัดกรีนโอ๊คมีคุณภาพปกติมีค่าอยู่ในช่วง 80 -135 องศา ส่วน H° ที่บ่งชี้ว่าผักสลัดกรีนโอ๊คมีคุณภาพผิดปกติจะมีค่าอยู่ในช่วง 35 – 79 องศา ตามลำดับ กิจกรรมวิจัยในส่วนที่สองคือ การวัดอัตราการหายใจของผักสลัดและการวิเคราะห์การเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผักสลัด ในส่วนของการวัดอัตราการหายใจนั้นได้ทำการศึกษาอิทธิพลของสัดส่วนผสมของแก๊สผสมและอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่มีต่ออัตราการหายใจ

ของผักสลัดซึ่งงานวิจัยนี้ได้ทำการศึกษากับผักสลัดกรีนโอ๊ค ผักสลัดบัตเตอร์เฮด ผักกาดหอมและผักสลัดผสม โดยในส่วนของผักสลัดผสมนั้นเป็นการนำผักสลัดทั้งสามชนิดก่อนหน้านี้มาผสมกันในสัดส่วนที่เท่า ๆ กัน ผลการวัดอัตราการหายใจพบว่าทั้งผักสลัดกรีนโอ๊ค ผักสลัดบัตเตอร์เฮด ผักกาดหอม และผักสลัดผสมมีแนวโน้มการหายใจไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ การลดความเข้มข้นของแก๊สออกซิเจนและการลดอุณหภูมิเก็บรักษาสามารถช่วยลดอัตราการหายใจได้ แต่ทั้งนี้พบว่าอุณหภูมิมีอิทธิพลต่อการหายใจมากกว่าสัดส่วนผสมของแก๊สผสม สำหรับการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมของผักสลัดนั้นได้ทำการศึกษาอิทธิพลของอุณหภูมิการเก็บรักษาที่มีผลต่ออัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวม ซึ่งงานวิจัยนี้ได้ใช้ผักสลัดกรีนโอ๊คเป็นตัวอย่างผักสลัด ผลการวิเคราะห์พบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมเป็นสัดส่วนโดยตรงกับอุณหภูมิการเก็บรักษา กล่าวคือ อุณหภูมิเก็บรักษายิ่งมากอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมก็ยิ่งมากตามไปด้วย ซึ่งหมายความว่าผักสลัดจะมีการเสื่อมถอยทางคุณภาพเร็วขึ้นเมื่ออุณหภูมิการเก็บรักษามีค่ามากขึ้น กิจกรรมวิจัยในส่วนที่สามคือการพัฒนาแบบจำลองซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลองอัตราการหายใจที่ได้รับอิทธิพลของสัดส่วนผสมของแก๊สผสม แบบจำลองอัตราการหายใจที่ได้รับอิทธิพลของสัดส่วนผสมของแก๊สผสมและอุณหภูมิ แบบจำลองอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมและแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมกับอัตราการหายใจ โดยแบบจำลองอัตราการหายใจที่ได้รับอิทธิพลของสัดส่วนผสมของแก๊สผสมนั้นเป็นไปตามสมการของ Michaelis-Menten แบบ Competitive inhibition ส่วนแบบจำลองอัตราการหายใจที่ได้รับอิทธิพลของสัดส่วนผสมของแก๊สผสมและอุณหภูมิเป็นการรวมกันของสมการของ Michaelis-Menten แบบ Competitive inhibition และแบบสมการความสัมพันธ์ของ Arrhenius สำหรับแบบจำลองอัตราการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมนั้นพบว่าอัตราการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมของผักสลัดกรีนโอ๊คเป็นไปตามแบบสมการปฏิกิริยาอันดับหนึ่งและค่าคงที่จลนศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมนั้นมีค่าเปลี่ยนแปลงตามอุณหภูมิการเก็บรักษา สำหรับแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงค่าสีโดยรวมกับอัตราการหายใจนั้นสามารถอธิบายได้โดยใช้ Gamma-variate function ซึ่งทำให้พบว่าสามารถทำนายอายุการเก็บรักษาผักสลัดที่ถูกเก็บรักษาที่สัดส่วนผสมของแก๊สผสมและอุณหภูมิคงที่ค่าหนึ่งได้โดยใช้พื้นฐานความสัมพันธ์ของจลนศาสตร์ของการเปลี่ยนแปลงสีโดยรวมและอัตราการหายใจ

สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล ลายมือชื่อนักศึกษา_____

ปีการศึกษา 2556 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา_____

SUWAN AEKRUM : PREDICTIVE MODEL FOR THE RELATION BETWEEN KINETIC RATE OF COLOR CHANGE AND RESPIRATION RATE OF SALAD PLANT. THESIS ADVISOR : ASST. PROF. WEERASAK LERTSIRIYOTHIN, Ph.D., 140 PP.

RESPIRATION RATE/IMAGE PROCESSING/MODELLING OF RESPIRATION RATE AND COLOR CHANGE

This research focused on developing a mathematical model for predict the relationship between the rate of color change and respiration rate. The studies were divided into three major parts. The first part was to develope two special tools for achieving the research which consisted of the respiration rate measuring system using for fresh vegetables and the image processing program to analyze color changes of the vegetable salad. In summary, the respiration rate measuring system is capable for monitoring the respiration rate of plants under the influence of various ratio of ambient-gas composition and control temperature simultaneously. With high sensitivity oxygen and carbon dioxide sensors and optimum design of the gas sampling procedure, the system is capable to monitor small changes in the concentration of the O_2 and CO_2 in the gas mixture (less than 5% of the initial concentration), so the measurement course can be completed within a short period. By virtue of these, the respiration rate of fresh vegetable is not influenced by the plant age and the system allowed us to measure the respiration rate of fresh vegetable at any specific modified atmosphere. An image processing program to analyze the color changes of the vegetable salad image was developed. This program can calculate the area of a change in the overall color of vegetable salad image based on the hue angle

(H^o) scale. For Green oak salad sample, the H^o of normal color was indicated in the range of 80 -135 degrees while the H^o of irregular color was appeared in the range of 35 - 79 degrees. The second part was to measure the respiration rate of three individual varieties of salad sample, namely Green oak, Butter head, Lettuce, and a mixed salad, and to analyze for their color change under three levels of storage tempeerature. In the case of mixed salad is a mix of the three species in equal proportions. The results of respiration rate showed that the all salad sample tend to respire in the similar fashion under the same storage condition. Lowering the concentration of oxygen and storage temperature can reduce the rate of respiration. For the effect of storage temperature on changing overall color of the salad, results showed that the rate of color change was directly proportional to storage temperature. The third part was to develop mathematical relation between the respiration rate and kinetic rate of color change stored under modified atmosphere and control temperature. The effect of modified atmosphere and storage temperature on the respiration rate of the testing salad can be expressed by Michaelis-Menten with a competitive inhibition model coupling with Arrhenius relation. For the kinetic rate of overall color change, the 1^{st} -order kinetic rate was determined for Green oak. During the acclimatization time to the new constant modified atmosphere, the kinetic rate of the respiration of vegetable salad appeared in the form of the Gamma-variate function. Shelf life of the vegetable salad stored at any constant modified atmosphere and temperature can be predicted based on the relation obtaining from the kinetic rate of overall color change and the Gamma-variate function of the respiration rate.

School of Mechanical Engineering Student's Signature _____

Academic Year 2013 Advisor's Signature _____