

## การวิเคราะห์ความขาวของข้าวจากอุปกรณ์ตรวจวัดสี Analysis of Whiteness of Rice with Color Vision Sensors

ชานนท์ จังกาจิตต์ (Chanon Jangkajit)\* ดร. ชัชชัย คุณบัว (Dr. Chatchai Khunboa)\*\*

### บทคัดย่อ

“ข้าว” เป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย ในกระบวนการสีข้าวพบว่า ขั้นตอนการขัดขาวนั้นส่งผลให้เกิดการแตกหักของผลผลิตเป็นจำนวนมาก ทำให้ต้นทุนของผู้ประกอบการเพิ่มมากขึ้นจากเดิม วิธีการแก้ปัญหาในปัจจุบัน คือ การนำข้าวออกจากกระบวนการสี เพื่อตรวจสอบความขาว ซึ่งก่อให้เกิดความล่าช้าและไม่ต่อเนื่องในระบบ ดังนั้น งานวิจัยนี้จึงมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจวัดคุณภาพข้าวตามเวลาจริง โดยอาศัยความสัมพันธ์ระหว่างความขาวและอุณหภูมิของข้าว ซึ่งลดปัญหาการแตกหักและทำให้กระบวนการเกิดขึ้นอย่างต่อเนื่อง เพื่อลดต้นทุนและเพิ่มประสิทธิภาพในการผลิตมากขึ้น ผลที่ได้จากการศึกษา คือความขาวและอุณหภูมิของข้าวหลังการขัดสีมีความสัมพันธ์ไปในทิศทางเดียวกันอย่างมีนัยสำคัญ

### ABSTRACT

"Rice" is the important agricultural product of Thailand. In the milling process, the way of polishing rice affect to the rice to be broken causing lost of entrepreneur's profits. The solution in nowadays is to take some amount of rice out of the milling process to measure its whiteness level which requires a special equipment. This method causes inconsistency results because of human-being errors. Therefore, the objective of this research is to design a real-time monitoring system by using the relation of a rice-whiteness level and its temperature. Our results show that different rice temperature directly affects its whiteness levels.

**คำสำคัญ:** ข้าว ความขาว อุณหภูมิ

**Key Words:** Rice, Whiteness, Temperature

\* นักศึกษา หลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

\*\* อาจารย์ ภาควิชาวิศวกรรมคอมพิวเตอร์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น

## บทนำ

ข้าวเป็นผลผลิตทางการเกษตรที่สำคัญของประเทศไทย เนื่องจากเป็นอาหารหลักของคนไทย และเป็นสินค้าส่งออกที่สามารถสร้างรายได้เป็นจำนวนมากให้กับประเทศ พิจารณาได้จากปริมาณการส่งออกข้าวในแต่ละปี มีแนวโน้มที่เพิ่มขึ้นอย่างต่อเนื่อง จากสถิติในปี พ.ศ.2552 ประเทศไทยผลิตข้าวได้ 8,619,871 ตัน คิดเป็นมูลค่าการส่งออก 172,207.7 ล้านบาท นับเป็นรายได้จำนวนมาก ที่สามารถนำไปส่งเสริมสินค้าการเกษตรชนิดอื่น ๆ และนำไปใช้พัฒนาประเทศในลำดับต่อไป (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2553)

ในกระบวนการสีข้าว ข้าวที่ส่งมายังโรงสีจะถูกทำความสะอาดและคัดแยกสิ่งเจือปน ได้แก่ เศษดิน, หิน, เศษฟางข้าว, แกลบ และวัชพืชเป็นขั้นตอนแรก ก่อนที่จะส่งไปยังขั้นตอนที่สอง คือ การกระเทาะเปลือก ในขั้นตอนนี้จะได้วัตถุดิบ 3 ประเภท คือ ข้าวกล้อง, ข้าวเปลือก และแกลบ โดยโรงสีจะทำการคัดแยกแกลบออกจากวัตถุดิบอื่น ด้วยวิธีการใช้พัดลมดูดและต่อด้วยการคัดแยกข้าวกล้องออกจากข้าวเปลือกเพื่อนำไปผ่านกระบวนการขัดขาว เมื่อสิ้นสุดกระบวนการต่างๆ แล้วจึงทำการแยกข้าวสารออกจากปลายข้าว โดยข้าวที่ผ่านขั้นตอนการสีข้าวนี้จะได้ข้าวสารเต็มเมล็ดเพียงร้อยละ 40 ของข้าวทั้งหมดเท่านั้น (คลังข้อมูลสารสนเทศข้าวเชิงลึก, 2554)

“การขัดขาว” เป็นขั้นตอนหนึ่งที่ทำให้เกิดการสูญเสียข้าวเป็นจำนวนมาก โดยเครื่องมือที่ใช้ขัดขาวข้าวนี้เรียกว่า “ลูกหิน” ดังแสดงในภาพที่ 1 และ 2 การทำงานของลูกหิน คือ การให้แท่นหินภายในลูกหินหมุนอยู่ภายในกับตะแกรงอยู่ภายนอกแท่นหิน ระหว่างแท่นหินและตะแกรงจะมีช่องที่มีขนาดประมาณเมล็ดข้าวที่สามารถผ่านไปได้ ในการขัดขาวข้าวนี้ ที่ลูกหินจะมีความร้อนเกิดขึ้น เนื่องจากการขัดขาวเพื่อให้ความขาวตามที่ต้องการ



ภาพที่ 1 แสดงเครื่องขัดข้าวขาวที่มีลูกหินอยู่ภายใน



ภาพที่ 2 แสดงลูกหินที่ใช้ขัดข้าวภายในเครื่องขัดข้าวขาว

แท่นหินและตะแกรงมีความสัมพันธ์กันนี้ หากช่องระหว่างแท่นหินกับตะแกรงมากไปจะทำให้ข้าวที่ผ่านลูกหินนั้นไม่ได้รับการขัดขาวทำให้ได้ความขาวไม่เป็นไปตามต้องการ แต่หากช่องว่างเล็กเกินไป ข้าวที่ผ่านก็จะเกิดความร้อนและมีการแตกหักเกิดขึ้น ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการหาความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับความขาวของข้าวหลังการขัดสี เพื่อให้เราสามารถปรับระยะห่างของช่องว่างให้ได้ข้าวที่มีความขาวในระดับที่ยอมรับได้ โดยให้มีการเสียหายซึ่งเกิดจากการขัดสีน้อยที่สุด

บทความนี้จะนำเสนอ การประยุกต์ใช้เครื่องมือและวิธีในการวิจัย เรื่องการวิเคราะห์ความขาวของข้าวจากอุปกรณ์ตรวจวัดสี โดยแสดงผลการเก็บข้อมูล และผลที่ได้จากการศึกษาดังนี้

## ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

### ระบบสี RGB

ในแต่ละพิกเซลของภาพสี ประกอบด้วยค่าสี 3 ค่า คือ ค่าของสีแดง, สีเขียว และสีน้ำเงิน ภาพสียังประกอบไปด้วยสัญญาณสีต่าง ๆ ที่จะต้องนำมาแยกก่อนการวิเคราะห์องค์ประกอบของภาพต่อไป แม้ว่าคุณลักษณะสีเป็นสิ่งที่สายตามนุษย์มองเห็นและรับรู้ได้ดีที่สุด อย่างไรก็ตาม จำนวนบิตที่ใช้เป็นตัวแทนค่าสีแต่ละพิกเซล มีผลต่อการมองเห็นของมนุษย์ถึงผลของการแทนระดับสีด้วยจำนวนบิตที่แตกต่างกัน จะเห็นว่าการไล่ของเฉดสีของการแทนด้วยจำนวน 24 บิตต่อพิกเซล จะให้ความต่อเนื่องของการไล่เฉดสีได้ดีกว่าการแทนด้วยสีจำนวน 8 บิตต่อพิกเซล (ฉัตร , 2552)

### ระบบสี HSV

ปรกติแล้วเมื่อกล่าวถึงสีสิ่งแรกที่มนุษย์จะคิดถึงคือเฉดสีต่าง ๆ ที่มีตามการไล่สีของสเปกตรัม โดยในระบบสี HSV นี้จะเรียกว่า Hue เช่น สีแดง, เหลือง, ม่วง เป็นต้น

สิ่งสำคัญต่อมาคือความอิ่มตัวของสี (Saturation) หรือค่า S ซึ่งความอิ่มตัวของสีนี้จะคือการบอกถึงค่าสีที่มีการอ้างอิงถึงค่าความขาวในตัวด้วย เช่น สีแดงที่มีความอิ่มตัวของสีเต็มที่จะไม่มีความขาวปนอยู่ด้วยเลย แต่ถ้าหากเพิ่มสีขาวเข้าไปในสีแดงนั้น ผลที่ออกมาคือสีแดงจะเปลี่ยนเป็นสีชมพู ซึ่งค่า hue ยังคงมีค่าเท่าเดิมแต่ค่า Saturation นั้นมีค่าลดลงโดยมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ตั้งแต่ 0 – 100

สุดท้ายคือความสว่างของสี (Value) เป็นการอธิบายถึงแสงที่มาจากสี เช่น รดสีแดงในตอนกลางวัน สีของรดจะดูมีสีสดใสสดใส ซึ่งความสดใสของสีจะลดลงเมื่อมองรดคันเดิมในเวลากลางคืนเพราะแสงที่สะท้อนเข้ามาในตาของเราลดลง โดยมีค่าเป็นเปอร์เซ็นต์ตั้งแต่ 0 – 100 (Bunks, 2543)

### สหสัมพันธ์เพียร์สัน (Pearson Correlation)

ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันจะใช้ในการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของ 2 ตัวแปร โดยจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1

ถึง +1 ถ้ามีค่าเข้าใกล้ +1 หมายถึง ตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์และมีทิศทางเดียวกัน คือ ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็มีค่าเพิ่มขึ้นด้วย หรือถ้าตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าลดลง ตัวแปรอีกตัวหนึ่งก็มีค่าลดลงด้วย หากมีค่าเข้าใกล้ -1 หมายถึง ตัวแปร 2 ตัวมีความสัมพันธ์กันอย่างสมบูรณ์ แต่มีทิศทางตรงกันข้ามคือ ถ้าตัวแปรตัวหนึ่งมีค่าเพิ่มขึ้น ตัวแปรอีกตัวหนึ่งจะมีค่าลดลง (มหาวิทยาลัยอีสาน, 2553)

### งานวิจัย Rice Color Inspection Based on Image

#### Processing Technique

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำการวัดค่าสีของเมล็ดข้าวเพื่อจะนำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของข้าว โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ ระบบสีที่ผู้วิจัยเลือกใช้เพื่อมาเปรียบเทียบกับคือระบบสีแบบ RGB และระบบสีแบบ HIS ที่ประกอบไปด้วย 3 ส่วนคือ Hue, Saturation และ Brightness ผลที่ได้คือระบบสี RGB นั้นสามารถแสดงผลของภาพที่ออกมาทางจอภาพจะสอดคล้องกับสีตามธรรมชาติ ซึ่งสามารถนำภาพที่ได้ไปวิเคราะห์ได้อย่างถูกต้อง ส่วนระบบสี HIS นั้นเป็นระบบสีที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้สึกของมนุษย์ ซึ่งจะทำให้ง่ายต่อการเข้าใจและง่ายต่อการวิเคราะห์สีของวัตถุเป้าหมายได้มากกว่าการใช้ระบบสี RGB (Liu, 2553)

### งานวิจัย HWB A More Intuitive Hue-Based Color Model

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้สร้างระบบสีขึ้นมาใหม่ คือระบบสี HWB โดยจะแบ่งสีออกเป็นสามส่วนคือ Hue, Whiteness, Blackness ระบบสีนี้สามารถแปลงได้จากระบบสี HSV (Alvy, Smith and Ray, 2539)

### อุปกรณ์และวิธีการวิจัย

ผู้วิจัยได้พัฒนาซอฟต์แวร์และออกแบบอุปกรณ์สำหรับวัดความขาวและอุณหภูมิของข้าวหลังการขัดสี เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปหาความสัมพันธ์ระหว่างความขาวและอุณหภูมิ สามารถแบ่งอุปกรณ์เป็น 4 ส่วน

คือ การวัดความขาวและถ่ายภาพข้าว, การวัดอุณหภูมิ, การประมวลผล และการส่งข้อมูลแบบไร้สาย

ในส่วนของการวัดความขาวและถ่ายภาพของข้าวอุปกรณ์ที่ใช้คือกล้อง CMUCAM3 ซึ่งมีความละเอียดสูงสุดที่ 352 x 288 พิกเซล เซนเซอร์สีแบบ RGB และสามารถเขียนโปรแกรมควบคุมและคำนวณได้ภายใน ภาพถ่ายจากกล้อง ดังแสดงในภาพที่ 3



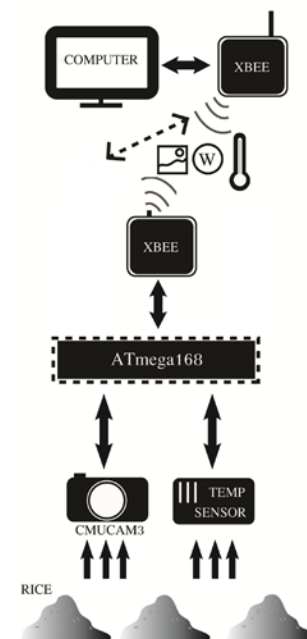
ภาพที่ 3 ตัวอย่างภาพจากกล้อง CMUCAM3

การวัดอุณหภูมิข้าว วัดโดยใช้เซ็นเซอร์รุ่น MLX90614 สามารถวัดอุณหภูมิได้โดยใช้อินฟราเรดแบบไม่สัมผัสกับวัตถุ มีช่วงการทำงานอยู่ที่ -70 ถึง +380 องศาเซลเซียส

เนื่องจากพื้นที่ในการติดตั้งอุปกรณ์นั้นเป็นพื้นที่การทำงานของเครื่องจักรและมีบริเวณกว้างตามที่แสดงในภาพที่ 4 ดังนั้นเพื่อความปลอดภัยและความสะดวกในการส่งข้อมูลกลับมายังคอมพิวเตอร์ จึงใช้วิธีการส่งข้อมูลแบบไร้สายโดยอุปกรณ์ที่ใช้คือ โมดูลสื่อสารแบบไร้สายย่าน 2.4 GHz Xbee-Pro ใช้พลังงานต่ำ ได้มาตรฐานตามข้อกำหนดของ IEEE (Institute of Electronics Engineers) 802.15.4 ซึ่งใช้ในการส่งค่าความขาว, อุณหภูมิและภาพถ่าย ระบบการทำงานโดยรวม ดังแสดงในภาพที่ 5



ภาพที่ 4 แสดงบริเวณโรงสีข้าว



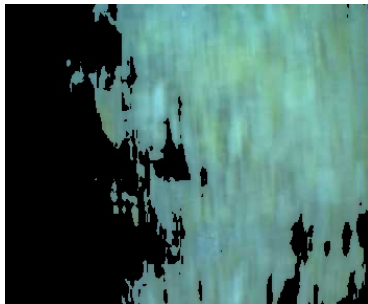
ภาพที่ 5 ระบบการทำงานโดยรวม

จากภาพที่ 5 การทำงานของระบบจะเริ่มด้วยการบันทึกภาพข้าวที่ไหลผ่านพร้อมด้วยการบันทึกอุณหภูมิข้าวในขณะนั้น จากนั้นจึงส่งภาพถ่ายพร้อมอุณหภูมิไปยังคอมพิวเตอร์เพื่อประมวล โดยส่งผ่านโมดูลสื่อสารแบบไร้สาย

เมื่อภาพถ่ายถูกส่งมายังคอมพิวเตอร์ คอมพิวเตอร์จะทำหน้าที่ในการประมวลผลภาพเพื่อตัดบางส่วนของภาพที่ไม่ได้นำมาใช้ในการคำนวณความขาวออกไปตาม ดังแสดงในภาพที่ 6 และ 7



ภาพที่ 6 ภาพข้าวก่อนผ่านการประมวลผล



ภาพที่ 7 ภาพข้าวหลังผ่านการประมวลผล

#### วิธีการคำนวณค่าความขาว

ค่าสีที่ได้จากกล้อง CMUCAM3 จะอยู่ในระบบสี RGB แต่การคำนวณค่าความขาวนั้นจะคำนวณโดยใช้ระบบสี HSV ซึ่งสามารถแปลงได้จากค่า RGB โดยจะแบ่งค่าสีออกเป็นสามส่วนคือ Hue, Saturation and Value จากการศึกษาของ Alvy, Smith และ Ray Lyons (2539) การคำนวณความขาวสามารถหาได้จากสมการต่อไปนี้

$$\text{Whiteness} = (1 - S) * V \quad (1)$$

S คือ Saturation มีค่าตั้งแต่ 0 - 100

V คือ Value มีค่าตั้งแต่ 0 - 100

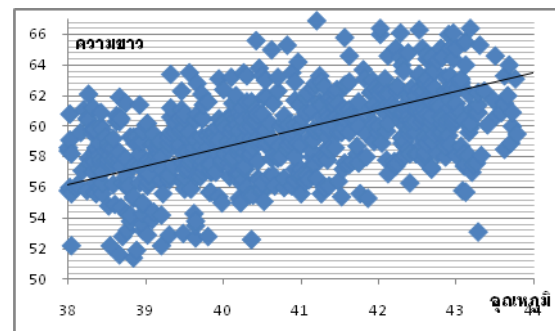
#### ผลการวิจัยและการอภิปรายผล

ผู้วิจัยได้นำอุปกรณ์ที่พัฒนาขึ้นไปติดตั้งในกระบวนการสีข้าว บนตำแหน่งรางที่ข้าวไหล ดังแสดงในภาพที่ 8 เพื่อวัดสีและอุณหภูมิ โดยจะวัดค่าของข้าวที่ผ่านการขัดขาวในครั้งที่ 1, ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ในการขัดแต่ละครั้งนั้นจะใช้กำลังในการขัดที่ต่างกันเพื่อให้ได้ความขาวในระดับที่ต้องการ และเมื่อนำค่าที่ได้มาหาความสัมพันธ์กับอุณหภูมิและเปรียบเทียบกับค่าที่วัดได้

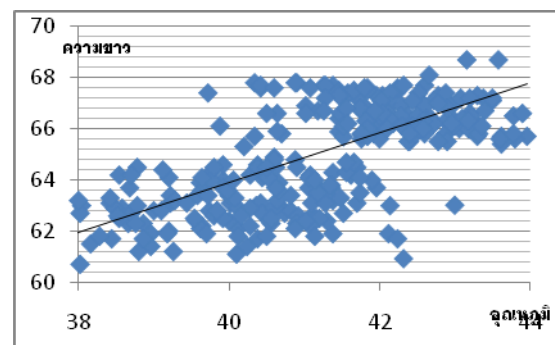
จากเครื่องวัดมาตรฐาน ความสัมพันธ์ของความขาวและอุณหภูมิ ดังแสดงในภาพที่ 9, 10 และ 11



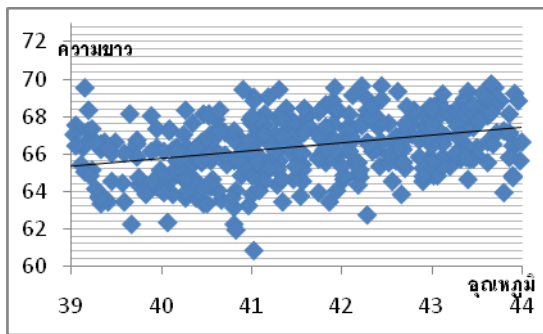
ภาพที่ 8 บริเวณติดตั้งอุปกรณ์



ภาพที่ 9 ความสัมพันธ์ของความขาวและอุณหภูมิ (C°) ของการขัดครั้งที่ 1



ภาพที่ 10 ความสัมพันธ์ของความขาวและอุณหภูมิ (C°) ของการขัดครั้งที่ 2



ภาพที่ 11 ความสัมพันธ์ของความขาวและอุณหภูมิ (C°) ของการขัดครั้งที่ 3

จากภาพที่ 9, 10 และ 11 ที่ได้แสดงความสัมพันธ์ของความขาวและอุณหภูมิข้าวหลังการขัดสีและทิศทางของเส้นตรงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างค่าวิเคราะห์ เมื่อนำข้อมูลจากกราฟวิเคราะห์หาความสัมพันธ์โดยใช้ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน ได้ผลตามตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันของการขัดข้าวแต่ละครั้ง

| การขัดครั้งที่         | 1     | 2     | 3     |
|------------------------|-------|-------|-------|
| ค่าสหสัมพันธ์เพียร์สัน | 0.489 | 0.562 | 0.217 |

จากตารางที่ 1 จะเห็นว่าค่าสหสัมพันธ์เพียร์สันของการขัดข้าวแต่ละครั้งนั้นมีค่าใกล้เคียงกันและมีค่าเป็นบวก ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าความขาวและอุณหภูมิมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญไปในทิศทางเดียวกัน

### สรุปผลการวิจัย

บทความชิ้นนี้ได้นำเสนอวิธีการวัดค่าความขาวและอุณหภูมิของข้าวที่ผ่านการขัดข้าวครั้งที่ 1 ครั้งที่ 2 และครั้งที่ 3 ซึ่งใช้ระบบสี HSV ในการคำนวณค่าความขาว เพื่อจะนำค่าที่ได้มาเปรียบเทียบกับความขาวที่วัดได้จากเครื่องมาตรฐานและหาความสัมพันธ์ของความขาวและอุณหภูมิหลังการขัดสี

จากการวัดค่าอุณหภูมิข้าวนั้น ในการขัดแต่ละครั้งนั้นอุณหภูมิข้าวโดยเฉลี่ยจะมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งสัมพันธ์กับค่าความขาวที่เพิ่มขึ้นด้วย

### กิตติกรรมประกาศ

บทความนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยความช่วยเหลือจากบริษัทโรงสีข้าว ป.ฉัตรพล จำกัด ที่เอื้อเฟื้อสถานที่และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงาน

### เอกสารอ้างอิง

- คลังข้อมูลสารสนเทศข้าวเชิงลึก. 2554. กระบวนการผลิตและผลิตภัณฑ์จากข้าว. ค้นเมื่อ 27 มีนาคม 2554 จาก [http://kasetinfo.arda.or.th/rice/rice-product4\\_2.html](http://kasetinfo.arda.or.th/rice/rice-product4_2.html).
- มหาวิทยาลัยอีสาน. 2553. การวิเคราะห์สหสัมพันธ์ ค้นเมื่อ 7 ธันวาคม 2555 จาก <http://kalawat.esu.ac.th/joomla1522/index.php/component/content/article/44-research/83-correlation-analysis>
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2553. ข้าว. ค้นเมื่อ 28 มีนาคม 2554 จาก [http://www.oae.go.th/ewt\\_news.php?nid=9468&filename=index..](http://www.oae.go.th/ewt_news.php?nid=9468&filename=index..)
- ผศ.ดร.อรฉัตร จิตต์โสภักดิ์. 2552. Digital image processing ทฤษฎีการประมวลผลภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 1 กรุงเทพมหานคร: สวทศ. ฟรินท์ แอนด์ มีเดีย
- Alvy, Ray., Smith, Eric., Ray, Lyons. 2539. HWB A More Intuitive Hue-Based Color Model. Journal of graphics gpu and game tools. 1(1): 3-17.
- Carey Bunks. 2543. The HSV Color space. ค้นเมื่อ 25 มีนาคม 2554 จาก <http://dig.cs.gc.cuny.edu/manuals/Gimp2/Grokk-ing-the-GIMP-v1.0/node51.html>.
- Liu, Guang-rong. 2553. Rice Color Inspection Based on Image Processing Technique. Advances in Energy Engineering. 2010: 134-137.