

การประเมินคุณภาพผลไม้แบบไม่ทำลาย
โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ และการจำแนกด้วยฐานกฎ
Non-destructive Image Processing Technique and Rule-based
Classification in Estimating the Quality of Fruit

วิมล อุทานนท์*

Wimon Utanon*

สุกัญญา พงษ์สุภาพ**

Sukanya Phongsuphap**

วันที สว่างอารมณ์***

Wantanee Sawangarom***

ณัฐดนัย สิงห์คสิวรรณ****

Natdanai Singkleewan****

บทคัดย่อ

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาและทดลองการนำเทคนิคการประมวลผลภาพและการจำแนกด้วยฐานกฎมาใช้ในการประเมินคุณภาพของผลไม้แบบไม่ทำลายโดยใช้ผลฝรั่งพันธุ์กิมจูเป็นกรณีศึกษา งานวิจัยนี้วิเคราะห์ความเกี่ยวพันของลักษณะสีที่มองเห็นภายนอกของผลไม้กับองค์ประกอบในการประเมินรสชาติ (taste) และลักษณะเนื้อ (flesh) ของผลฝรั่ง

งานวิจัยนำเสนอเทคนิคการประมวลผลภาพโดยใช้โมเดลสีอาร์จีบี กำหนดชื่อสีตามระบบไอเอสซีซี-เอ็นบีเอส (ISCC-NBS) จำนวน 8 กลุ่มสี และใช้การจำแนกคุณภาพของผลฝรั่งโดยสร้างฐานกฎในการจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านรสชาติ และจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง

* สาขาวิชาเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

* Information and Communication Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaopraya Rajabhat University, Bangkok

** คณะเทคโนโลยีสารสนเทศและการสื่อสาร มหาวิทยาลัยมหิดล

** Faculty of Information and Communication Technology, Mahidol University, Bangkok

*** สาขาวิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

*** Biology Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaophaya Rajabhat University, Bangkok

**** สาขาวิชาเทคโนโลยีคอมพิวเตอร์อิเล็กทรอนิกส์ คณะวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยราชภัฏบ้านสมเด็จเจ้าพระยา

**** Electronics Computer Technology Program, Faculty of Science and Technology, Bansomdejchaophaya Rajabhat University, Bangkok

ผลการวิจัย พบว่า การใช้ฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อ มีความแม่นยำสูงกว่าการใช้ฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านรสชาติ โดยที่การจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านรสชาติ(หวาน ไม่หวาน) และความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อ (ไม่นุ่ม นุ่ม) มีความแม่นยำร้อยละ 63.33 และ 86.67 ตามลำดับ

คำสำคัญ: การประเมินคุณภาพผลไม้ เทคนิคการประมวลผลภาพ การจำแนกด้วยฐานกฎ

Abstract

This research aims to study and apply image processing technique and rule-based classification to non-destructively estimate fruit quality by using the guava-kimju as a case study. This research analyzes the relevance of the color characteristics of fruits image to its taste and characteristics of the flesh.

The research presents the image processing technique using the RGB model, by specifying the color name according to the ISCC-NBS system into 8 color groups and making a rule-based classification to classify relevance of color features to the guava's taste and to its flesh.

The results showed that, The rule-based classification in classifying the relevance of the color to its flesh is more accurate than that of the relevance of the color to its taste. The accuracy rate of the rule-based classification in classifying the relevance of the color to its taste and the classification of the relevance of the color to its flesh is 63.33% and 86.67% respectively.

Keywords: Fruit Quality Estimation; Image Processing Technique; Rule-based Classification

บทนำ

อุตสาหกรรมอาหารและผลไม้เป็นหนึ่งในอุตสาหกรรมเป้าหมายที่มีศักยภาพและเป็นกลไกขับเคลื่อนเศรษฐกิจ โดยการนำเทคโนโลยีและนวัตกรรมมาพัฒนาสินค้าเพื่อให้สินค้ามีความโดดเด่นแตกต่างจากสินค้าในท้องตลาดทั่วไปและตอบสนองความต้องการของผู้บริโภค ดังนั้น บทบาทสำคัญของการประเมินคุณภาพอาหารและผลไม้จึงนับเป็นเครื่องมือสำคัญที่ช่วยเพิ่มขีดความสามารถในการแข่งขัน

ระบบเดิมในการประเมินคุณภาพของผลผลิตทางการเกษตรและอาหารส่วนใหญ่จะใช้แรงงานมนุษย์ประเมินคุณภาพโดยใช้สายตาและความชำนาญของมนุษย์ในการสังเกตคุณภาพที่แตกต่างกัน การประเมินโดยมนุษย์ใช้เวลานานต้องลงทุนกับแรงงานจำนวนมาก และไม่สามารถรับประกันความแม่นยำของผลการตรวจสอบได้เพราะขึ้นอยู่กับความชำนาญในการตรวจสอบของแต่ละบุคคลที่ไม่เหมือนกัน (ศิริลักษณ์ วงศ์เกษม, 2555) รวมทั้งในการประเมินคุณภาพจากรสชาติ เช่น ความฝาด ความหวาน หรือประเมินคุณภาพจากลักษณะเนื้อ เช่น ความกรอบ ความนุ่ม ความแข็ง ต้องอาศัยการชิมหรือการใช้เครื่องมือในการวัดซึ่งอาจทำให้ผลไม้นั้นถูกทำลายเพื่อให้ได้ผลการประเมินคุณภาพ

ปัจจุบันปัญญาประดิษฐ์เข้ามามีบทบาทมากขึ้น โดยศึกษาค้นคว้าวิธีการทำให้คอมพิวเตอร์สามารถเรียนรู้พฤติกรรม การคิด การตัดสินใจและเลียนแบบการกระทำของมนุษย์ซึ่งเทคนิคการประมวลผลภาพเป็น

เทคนิคหนึ่งที่ยิมนำมาใช้ในการประมวลผลคุณลักษณะของภาพ ได้แก่ขนาด รูปร่าง สี และลักษณะพื้นผิว เพื่อนำมาวิเคราะห์ จำแนก จัดกลุ่มข้อมูลตามต้องการ เช่น การวิเคราะห์คุณลักษณะของภาพโดยใช้ สี และ ลักษณะผิว ในการจำแนกโรคผลไม้ (Kim Gwan Dae et al., 2009) การแยกข้อมูลภาพโดยการตรวจหาเส้น ขอบและการใช้สี-รูปร่าง (Lak M. B. et al., 2010) การแยกข้อบกพร่องของผลไม้ในภาพโดยใช้วิธีหา คุณลักษณะทางสถิติ ลักษณะพื้นผิว และลักษณะทางเรขาคณิต (Unay Devrim et al., 2010) การจำแนก โดยการประมวลผลคุณลักษณะพื้นผิวของภาพ (Sukanya P., Takamatsu R. & Sato M., 1998) เป็นต้น เทคนิคการประมวลผลภาพจึงถูกนำมาใช้มากขึ้นกับงานอุตสาหกรรมเกษตรในการประเมินคุณภาพอาหารและ ผลไม้โดยไม่ให้ผลไม้นั้นถูกทำลาย (จิราภรณ์ บุราคร, 2560)

ผู้วิจัยได้ศึกษาการประเมินคุณภาพของผลไม้ด้านรสชาติ ด้านลักษณะเนื้อ และนำเสนอเทคนิคการ ประมวลผลภาพและการจำแนกด้วยกฎเพื่อใช้ในการประเมินคุณภาพผลไม้แบบไม่ทำลาย โดยใช้ผลฝรั่งกิมจู เป็นกรณีศึกษา เนื่องจากเป็นผลไม้ที่หาง่ายมีจำหน่ายทั่วไปตลอดทั้งปีเป็นที่นิยมบริโภคทั่วไปและมีศักยภาพที่จะเป็นสินค้าส่งออกที่สำคัญ (จินทนา ใจจิตร และคณะ, 2559)

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อศึกษาและทดลองการนำเทคนิคการประมวลผลภาพและการจำแนกด้วยฐานกฎมาใช้ในการ ประเมินคุณภาพของผลไม้แบบไม่ทำลายโดยใช้ผลฝรั่งกิมจูเป็นกรณีศึกษา

วิธีดำเนินการวิจัย

กระบวนการวิจัยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ 1. การเก็บข้อมูลภาพผลไม้ 2.การประมวลผล ข้อมูลภาพผลไม้ และ 3. การจำแนกคุณภาพผลไม้

1. การเก็บข้อมูลภาพผลไม้ (fruit images acquisition)

ในงานวิจัยนี้ ใช้ผลฝรั่งกิมจูเป็นกรณีศึกษา ซึ่งดำเนินการเก็บข้อมูลของผลฝรั่ง ดังนี้

1.1 การถ่ายภาพผลฝรั่งโดยใช้สมาร์ทโฟน iPhone (IOS) ความละเอียด 12 ล้านพิกเซลการตั้งกล้อง โดยมีระยะกล้องห่างจากผลไม้ 15 เซนติเมตร ซึ่งเป็นระยะที่กล้องเข้าใกล้ภาพและเก็บภาพได้ชัดเจน

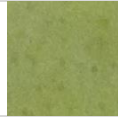
การวิจัยใช้ผลฝรั่งจำนวน 30 ผล โดยถ่ายภาพผลฝรั่ง 1 ผล จำนวน 4 ด้าน รวมภาพที่ใช้ในการ ทดลองจำนวน 120 ภาพ ตัวอย่างภาพผลฝรั่งแสดงในภาพที่ 1 จากนั้นทำการตัดภาพจากจุดกลางของภาพผล ฝรั่ง ขนาด 128 x 128 พิกเซล เพื่อใช้ในการทดลอง

1.2 การเก็บข้อมูลผลฝรั่งในด้านรสชาติ (taste) และลักษณะเนื้อ (flesh) โดยการชิมซึ่งเป็นการเก็บ ข้อมูลคุณภาพทางประสาทสัมผัส จำนวนผู้ชิมทั้งหมด 5 คน การประเมินคุณภาพของผลฝรั่ง ด้านรสชาติและ ลักษณะเนื้อ แบ่งกลุ่มดังนี้

1.2.1 ด้านรสชาติ แบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ รสฝาด (astringent) รสจืดหรือไม่มีรสชาติ (tasteless) และรสหวาน(sweet)

1.2.2 ด้านลักษณะเนื้อแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ได้แก่ ความนุ่ม (soft) ความกรอบ (crisp) และ ความแข็ง (hard)

1.3 การเก็บข้อมูลผลฝรั่งโดยใช้เครื่องมือวัดความหวาน หน่วยวัดเป็น %brix (เปอร์เซ็นต์บริกซ์) ช่วง วัดระหว่าง 0.0 – 53.0%brix และเครื่องมือวัดความแข็งของผลไม้ หน่วยวัดเป็นกิโลกรัมต่อตารางเซนติเมตร ช่วงวัดระหว่าง 0 – 13 kg/cm²

			
g4ai	g4bi	g4ci	g4di

เครื่องมือวัด		ประสาทสัมผัส	
%Brix	Kg/cm ²	รสชาติ	ลักษณะเนื้อ
9.2	7.1	หวาน	กรอบ

ภาพที่ 1 ตัวอย่างภาพผลฝรั่ง และข้อมูลผลฝรั่งจากการใช้เครื่องมือวัดและประสาทสัมผัส

2. การประมวลผลข้อมูลภาพผลไม้ (fruit images processing)

เป็นกระบวนการประมวลผลข้อมูลภาพผลไม้โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพเพื่อหาลักษณะสีจากภาพผลไม้ การหาคุณลักษณะสีของภาพโดยสรุปจำนวนสีและรูปแบบการกระจายตัวของสีในภาพ และทำการวิเคราะห์ความเกี่ยวพันของลักษณะสีจากภาพกับคุณภาพด้านรสชาติของผลฝรั่งและพิจารณาความเกี่ยวพันของลักษณะสีกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง

ลักษณะสีที่นำมาพิจารณาโดยใช้โมเดลสีอาร์จีบี (RGB color model) ซึ่งเป็นโมเดลสีพื้นฐานนิยมใช้ในระบบภาพดิจิทัลสำหรับการแสดงผลทางจอคอมพิวเตอร์ โมเดลสีอาร์จีบีแสดงผลด้วยแสง จำนวน 3 สี ได้แก่ สีแดง (Red) สีเขียว (Green) และสีน้ำเงิน (Blue) โดยมีค่าสีระหว่าง 0–255 ซึ่งค่าสีทั้ง 3 จะมีความแตกต่างกันมากหรือน้อยขึ้นอยู่กับความเข้มเข้มของแสง (Gonzalez, Rafael C. & Woods, Richard E., 2009)

ในงานวิจัยนี้ เมื่อได้ลักษณะสีจากภาพผลฝรั่งในรูปแบบอาร์จีบี จากนั้นทำการกำหนดค่ารหัสสีอาร์จีบีที่ได้จากการวิเคราะห์ลักษณะสีของภาพผลฝรั่งนั้นให้เป็นชื่อสีสากลตามระบบสี ISCC-NBS (Paul Centore, 2016)

3. การจำแนกคุณภาพของผลไม้ (fruit images classification)

การจำแนกคุณภาพของผลฝรั่งใช้ข้อมูลที่ได้จากการประมวลผลข้อมูลภาพผลฝรั่งร่วมกับวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์โดยการจำแนกด้วยฐานกฎเพื่อสรุปและประเมินภาพถ่ายผลฝรั่งที่ได้จากสมาร์โฟนมาใช้ในการประเมินคุณภาพด้านรสชาติ และด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง

การจำแนกด้วยฐานกฎเป็นวิธีที่ใช้ในการจำแนกลักษณะสีที่วิเคราะห์ได้จากภาพผลฝรั่ง โดยหาความสัมพันธ์ของข้อมูล หารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อย และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ (Stuart J. Russell and Peter Norvig, 2009) ซึ่งอยู่ในรูปแบบดังนี้

IF condition THEN conclusion

การทดลองและผลการทดลอง

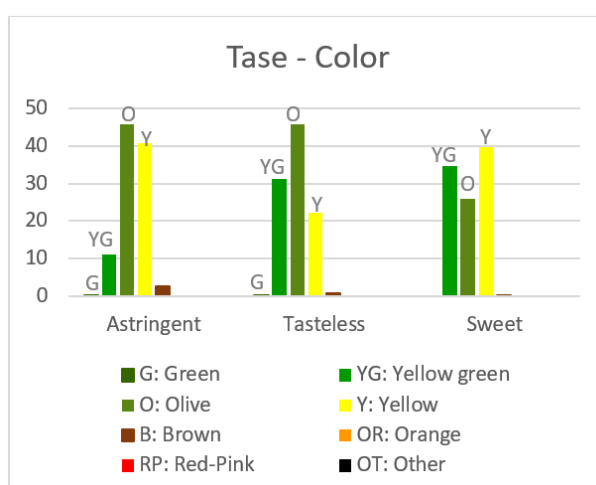
การหาคุณลักษณะของสีในรูปแบบอาร์จีบีจากภาพผลฝรั่งและกำหนดค่ารหัสสีตามชื่อสีในตารางระบบค่าสีไอเอสซีซี-เอ็นบีเอส ผลที่ได้พบว่า ภาพผลฝรั่งมีลักษณะสีที่มีความเกี่ยวพันกับคุณภาพด้านรสชาติ และลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง ซึ่งลักษณะสีส่วนใหญ่ของภาพผลฝรั่งถูกจัดอยู่ในกลุ่มสี Green, Yellow green, Olive, Yellow และ Brown เป็นหลัก จากผลการวิเคราะห์ลักษณะสีดังกล่าว ผู้วิจัยจัดกลุ่มชื่อสี เป็น 8 กลุ่ม

ตามข้อมูลสีที่วิเคราะห์ได้เพื่อใช้ในการทดลองขั้นต่อไป โดยกำหนดชื่อสี 8 กลุ่ม ได้แก่ Green, Yellow green, Olive, Yellow, Brown, Orange, Red-Pink และOther

การทดลองการประเมินคุณภาพผลฝรั่ง แบ่งเป็น 2 การทดลอง ได้แก่ 1.การจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีภาพผลฝรั่งกับคุณภาพด้านรสชาติ (ฝาด จืด หวาน)และ 2. การจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีภาพผลฝรั่งกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง (นุ่ม กรอบ แข็ง)

การทดลองที่ 1 จำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีภาพผลฝรั่งกับคุณภาพด้านรสชาติ (ฝาด จืด หวาน)

การสร้างฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพผลฝรั่งกับคุณภาพรสชาติของผลฝรั่ง โดยพิจารณาลักษณะสีที่วิเคราะห์ได้ และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล หารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อย และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะสีกับรสชาติของผลฝรั่ง ดังแสดงในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 กราฟแสดงสีที่ใช้สร้างฐานกฎในการจำแนกคุณภาพด้านรสชาติของผลฝรั่ง

ผลการวิเคราะห์สีจากภาพที่ 2พบว่า สีที่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกรสชาติ คือ Green, Yellow green, Olive และ Yellow โดยพิจารณาความสัมพันธ์และหารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อย และทำการจำแนกใน 2 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นแรก จำแนกรสชาติตามธรรมชาติของผลฝรั่ง คือ จำแนกรสชาติ (ฝาด จืด หวาน) สามารถสร้างฐานกฎในการจำแนก ดังตารางที่ 1

ประเด็นที่สอง จำแนกรสชาติตามลักษณะการเลือกบริโภคฝรั่งของผู้บริโภคทั่วไป คือ จำแนกรสชาติ (หวาน ไม่หวาน) สามารถสร้างฐานกฎในการจำแนก ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 1 ฐานกฎในการจำแนกรสชาติแบบที่ 1 (ฝาด จืด หวาน)

IF	THEN
R1: Green exist	Astringent
R2: Yellow dominate	Sweet
R3: (Yellow green+Olive > 50) &&(Yellow green+Olive > Yellow+Olive)	Tasteless
R4: (Yellow+Olive > 50) && (Yellow+Olive > Yellow green+Olive)	Sweet

ตารางที่ 2 ฐานกฎในการจำแนกรสชาติแบบที่ 2 (หวาน ไม่หวาน)

IF	THEN
R1: Green exist	Not sweet
R2: Yellow dominate	Sweet
R3: (Yellow green+Olive > 50) && (Yellow green+Olive > Yellow+Olive)	Not sweet
R4: (Yellow+Olive > 50) && (Yellow+Olive > Yellow green+Olive)	Sweet

จากนั้นนำฐานกฎในการจำแนกรสชาติที่สร้างขึ้นมาใช้ในการจำแนก โดยสีที่ได้จากภาพนั้น ถ้าตรงกับเงื่อนไข ของกฎใด ให้จัดอยู่ในกลุ่มตามผลสรุปของกฎนั้น

ผลการจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพรสชาติแบบที่ 1 (ฝาด จืด หวาน) โดยใช้ฐานกฎ R1 – R4 ในตารางที่ 1 สามารถจำแนกได้ถูกต้องจำนวน 16 ผล คิดเป็นค่าความแม่นยำ (accuracy) ร้อยละ 53.33

ผลการจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพรสชาติแบบที่ 2 (หวาน ไม่หวาน) โดยใช้ฐานกฎ R1 – R4 ในตารางที่ 2 สามารถจำแนกได้ถูกต้องจำนวน 19 ผล คิดเป็นค่าความแม่นยำ ร้อยละ 63.33

สรุปผลการทดลองที่ 1 การใช้ฐานกฎ จำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพรสชาติแบบที่ 2 (หวาน ไม่หวาน) มีค่าความแม่นยำสูงกว่า การจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพรสชาติแบบที่ 1 (ฝาด จืด หวาน)

การทดลองที่ 2 จำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีภาพผลฝรั่งกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง (นุ่ม กรอบ แข็ง)

การสร้างฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง โดยพิจารณาลักษณะสีที่วิเคราะห์ได้ และหาความสัมพันธ์ของข้อมูล หารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อย และวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของลักษณะสีกับลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง ดังแสดงในภาพที่ 3



ภาพที่ 3 กราฟแสดงสีที่ใช้สร้างฐานกฎในการจำแนกคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง

ผลการวิเคราะห์สีจากภาพที่ 3พบว่า สีที่สามารถนำมาใช้ในการจำแนกลักษณะเนื้อ คือ Green, Yellow green, Olive และ Yellow โดยพิจารณาความสัมพันธ์และหารูปแบบที่เกิดขึ้นบ่อย และทำการจำแนก 2 ประเด็น ดังนี้

ประเด็นที่หนึ่ง จำแนกลักษณะเนื้อตามลักษณะธรรมชาติของผลฝรั่ง คือจำแนกลักษณะเนื้อ (นุ่ม กรอบ แข็ง) สามารถสร้างฐานกฎในการจำแนก ดังตารางที่ 3

ประเด็นที่สองจำแนกลักษณะเนื้อตามลักษณะการเลือกบริโภคฝรั่งของผู้บริโภคทั่วไป คือ จำแนกลักษณะเนื้อ (แข็ง ไม่แข็ง) สามารถสร้างฐานกฎ ดังตารางที่ 4 และจำแนกลักษณะเนื้อ (นุ่ม ไม่นุ่ม) สามารถสร้างฐานกฎในการจำแนก ดังตารางที่ 5

ตารางที่ 3 ฐานกฎในการจำแนกลักษณะเนื้อแบบที่ 1 (นุ่ม กรอบ แข็ง)

IF	THEN
R1: Green exist	Crisp
R2: Olive minimum	Crisp
R3: (Yellow green+Olive > 50) && (Yellow green+Olive > Yellow+Olive)	Hard
R4: (Yellow+Olive > 50) && (Yellow+Olive > Yellow green+Olive)	Soft

ตารางที่ 4 ฐานกฎในการจำแนกลักษณะเนื้อแบบที่ 2 (แข็ง ไม่แข็ง)

IF	THEN
R1: Green exist	Not hard
R2: Olive minimum	Not hard
R3: (Yellow green+Olive > 50) && (Yellow green+Olive > Yellow+Olive)	Hard
R4: (Yellow+Olive > 50) && (Yellow+Olive > Yellow green+Olive)	Not hard

ตารางที่ 5 ฐานกฎในการจำแนกลักษณะเนื้อแบบที่ 3 (นุ่ม ไม่นุ่ม)

IF	THEN
R1: Green exist	Not soft
R2: Olive minimum	Not soft
R3: (Yellow green+Olive > 50) && (Yellow green+Olive > Yellow+Olive)	Not soft
R4: (Yellow+Olive > 50) && (Yellow+Olive > Yellow green+Olive)	Soft

จากนั้นนำฐานกฎในการจำแนกลักษณะเนื้อที่สร้างขึ้นมาใช้ในการจำแนก โดยสีที่ได้จากภาพนั้น ถ้าตรงกับเงื่อนไข ของกฎใด ให้จัดอยู่ในกลุ่มตามผลสรุปของกฎนั้น

ผลการจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีจากภาพถ่ายกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อแบบที่ 1 (นุ่ม กรอบ แข็ง) โดยใช้ฐานกฎ R1 – R4 ในตารางที่ 3 สามารถจำแนกถูกต้องจำนวน 21 ผล คิดเป็นค่าความแม่นยำ ร้อยละ 70.00

ผลการจำแนกความเกี่ยวพันของลักษณะสีจากภาพถ่ายกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อแบบที่ 2 (แข็ง ไม่แข็ง) โดยใช้ฐานกฎ R1 – R4 ในตารางที่ 4 สามารถจำแนกถูกต้องจำนวน 22 ผล คิดเป็นค่าความแม่นยำร้อยละ 76.67

ผลการจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่ายกับคุณภาพลักษณะเนื้อแบบที่ 3 (นุ่ม ไม่นุ่ม) โดยใช้ฐานกฎ R1 – R4 ในตารางที่ 5 สามารถจำแนกถูกต้องจำนวน 26 ผล คิดเป็นค่าความแม่นยำร้อยละ 86.67

สรุปผลการทดลองที่ 2 การใช้ฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อแบบที่ 3 (นุ่ม ไม่นุ่ม) มีค่าความแม่นยำสูงกว่า การจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพรสชาติแบบที่ 1 (นุ่ม กรอบ แข็ง) และแบบที่ 2 (แข็ง ไม่แข็ง)

โดยการใช้ฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อ มีค่าความแม่นยำสูงกว่าการใช้ฐานกฎจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีจากภาพถ่าย กับคุณภาพด้านรสชาติ

สรุปผลการวิจัย

การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพและการจำแนกด้วยฐานกฎในการประเมินคุณภาพด้านรสชาติ และลักษณะเนื้อของผลฝรั่งสรุปผลดังนี้

1. การใช้ฐานกฎในการจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีกับคุณภาพด้านรสชาติของผลฝรั่ง พบว่า การจำแนกคุณลักษณะสีกับคุณภาพรสชาติ (หวาน ไม่หวาน) มีค่าความแม่นยำร้อยละ 63.33 ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่าการจำแนกคุณลักษณะสีกับคุณภาพรสชาติ (ฝาด จืด หวาน)

2. การใช้ฐานกฎในการจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีกับคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง พบว่า การจำแนกคุณลักษณะสีกับคุณภาพลักษณะเนื้อ (ไม่นุ่มนวล) มีค่าความแม่นยำร้อยละ 86.67 ซึ่งมีความแม่นยำมากกว่าการจำแนกคุณลักษณะสีกับคุณภาพลักษณะเนื้อ (แข็ง ไม่แข็ง) และลักษณะเนื้อ (นุ่ม กรอบ แข็ง)

อภิปรายผลการวิจัย

1. การใช้เทคนิคการประมวลผลภาพ และการจำแนกด้วยฐานกฎ สามารถจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะภายนอกของผลฝรั่งที่วิเคราะห์ได้จากภาพถ่ายผลฝรั่งกับคุณสมบัติที่เกี่ยวข้องกับคุณภาพของผลฝรั่งได้โดยไม่ทำลายผล

2. การวิจัยนำวิธีการทางปัญญาประดิษฐ์มาใช้เพื่อทำให้คอมพิวเตอร์เลียนแบบมนุษย์ในการประเมินคุณภาพด้านรสชาติและลักษณะเนื้อของผลฝรั่งจากการมองเห็นสีของผลฝรั่ง โดยใช้เทคนิคการประมวลผลภาพวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของสีจากภาพผลฝรั่งและการสร้างฐานกฎในการจำแนกคุณภาพพบว่า คอมพิวเตอร์สามารถรับรู้สีของภาพที่แสดงในระดับพิกเซลได้มากกว่าการมองเห็นสีจากสายตาของมนุษย์และทำให้ได้สารสนเทศที่สามารถนำมาจำแนกความเกี่ยวพันของคุณลักษณะสีกับคุณภาพด้านรสชาติ และคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง

3. การเลือกบริโภคผลฝรั่งของผู้บริโภคทั่วไปนิยมเลือกจากความหวาน/ไม่หวาน และความนุ่ม/ไม่นุ่มของผลฝรั่ง ซึ่งผลการจำแนกคุณภาพด้านรสชาติของผลฝรั่ง (หวาน ไม่หวาน) และผลการจำแนกคุณภาพด้านลักษณะเนื้อของผลฝรั่ง (นุ่ม ไม่นุ่ม) มีความแม่นยำสูงกว่าการจำแนกแบบอื่น ๆ ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการในการเลือกบริโภคผลฝรั่งของผู้บริโภคทั่วไป

4. การเก็บข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวัดความหวานของผลฝรั่ง การประเมินโดยประสาทสัมผัสด้วยการชิมรสชาติของผลฝรั่ง และการวิเคราะห์ลักษณะสำคัญของสีโดยการประมวลผลภาพ ทำให้ได้สารสนเทศถึงความเกี่ยวพันกับปริมาณน้ำตาลของผลฝรั่ง ได้แก่ ฝรั่งรสฝาด มีความเข้มข้นของน้ำตาลระหว่าง 5.4 – 7.0% brix ฝรั่งรสจืด มีความเข้มข้นของน้ำตาลระหว่าง 7.1 – 9.1% brix และฝรั่งรสหวานมีความเข้มข้นของน้ำตาล

ระหว่าง 9.2 – 12.5 %brix ซึ่งเป็นสารละลายที่มีประโยชน์ต่อผู้บริโภคทั่วไป และผู้บริโภคที่จำเป็นต้องควบคุมปริมาณน้ำตาลในร่างกาย เช่น ผู้บริโภคที่ต้องควบคุมน้ำหนัก หรือผู้ป่วยเบาหวาน เป็นต้น

ข้อเสนอแนะ

1. ควรศึกษาและวิจัยการใช้เทคนิคการประมวลผลภาพในการวิเคราะห์ลักษณะผิว (texture) ของภาพ เพื่อประเมินคุณภาพของผลฝรั่งจากลักษณะผิวเรียบ หยาบ หรือขรุขระ ของผลฝรั่ง
2. ควรศึกษาและเลือกใช้เทคนิคการจำแนกเพิ่มเติมเพื่อใช้ในการจำแนกคุณภาพ
3. ควรนำองค์ความรู้ที่ได้จากงานวิจัย ไปประยุกต์ใช้ในการประเมินคุณภาพฝรั่งพันธุ์อื่น หรือผลไม้ชนิดอื่นๆ
4. ควรศึกษาและวิเคราะห์ผลทางเคมีเพื่อหาปริมาณรงควัตถุในผลฝรั่ง ที่มีความสัมพันธ์กับลักษณะสีที่ได้จากภาพเพื่อประเมินคุณค่าทางโภชนาการที่พบในฝรั่ง หรือผลไม้ชนิดอื่น

บรรณานุกรม

- จันทนา ใจจิตร และคณะ. (2559). การวิจัยและพัฒนาการผลิตพืชเศรษฐกิจเฉพาะพื้นที่อย่างมีคุณภาพ
ในเขตภาคกลาง: ชุดโครงการวิจัย. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์.
- จิราภรณ์ บุราคร. (2560, กันยายน). การประเมินคุณภาพอาหารทางประสาทสัมผัสกับการพัฒนา
อุตสาหกรรมอาหาร 4.0. *วารสารกรมวิทยาศาสตร์บริการ*, 65, 205, 16-17.
- ศิริลักษณ์ วงศ์เกษม. (2555). การใช้คอมพิวเตอร์วิทัศน์ตรวจสอบคุณภาพและคัดแยกผลผลิตทาง
การเกษตร. *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏพิบูลสงคราม*, 13(2) 10-21.
- Gonzalez, R. C. & Woods, R. E. (2009). *Digital Image Processing* (3rd ed.).
Prentice Hall.
- Kim Gwan Dae et al. (2009). Classification of grapefruit peel diseases using color texture
feature analysis. *International Journal of Agric & Biol Eng.*, 2(3), USA.
- Lak M. B. et al. (2010). Apple fruits recognition under natural luminance using machine
vision, *Advance journal of food science and technology* 2(6): 325-327.
- Sukanya P., Takamatsu R. & Sato M. (1998). Image classification using the surface-shap
operator and multiscale feature, *Proc. of fourteen international conference on pattern
recognition*. 1998 Aug; 334-337.
- Unaya, D., Gosselinb, B., Kleynenc, O., Leemansc, V., Destainc, M., & Debeird, O.
(2010, January). Automatic grading of Bicolored apples.
Computers and Electronics in Agriculture, 1(75) 204-212.