

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ที่มาและความสำคัญของปัญหา

ส้มเป็นไม้ผลเขตร้อนที่สามารถปลูกได้ทั้งเขตร้อนและเขตอบอุ่น นิยมนำมารับประทานทั้งในรูปผลสดและน้ำคั้น เนื่องจากมีคุณค่าทางโภชนาการสูง ส้มเขียวหวานในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นส้มเปลือกบาง กลุ่ม Tangerine ซึ่งมีการผลิตเพิ่มมากขึ้นทุกปี แต่ปัญหาสำคัญอย่างหนึ่งของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งคือปัญหาความฟ้าม (Dry juice sac) ซึ่งพบมากในช่วงต้นและปลายฤดูการผลิตโดยเกิดจากหลายสาเหตุ ผลส้มฟ้ามจะมีอาการแห้ง ผงังเซลล์หนากว่าปกติ คุณค่าทางอาหารลดลง มีเปอร์เซ็นต์ TSS (Total soluble solid) เปอร์เซ็นต์ TA (Titratable acidity) และ วิตามิน C ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับผลปกติ ในขณะที่แร่ธาตุหลายชนิดเพิ่มปริมาณสูงขึ้นโดยเฉพาะ Ca และ Mg (Erickson, 1968) ความฟ้ามของส้มนี้ไม่สามารถมองเห็นได้จากภายนอก ปัจจุบันใช้เพียงผู้ชำนาญการในการคัดแยกเท่านั้น จึงเป็นข้อจำกัดที่สำคัญในการคัดแยกผลที่เกิดความฟ้ามออกจากผลปกติ

ปัจจุบันการตรวจสอบคุณภาพของผักผลไม้โดยวิธีไม่ทำลายตัวอย่างได้ถูกนำมาประยุกต์ใช้มากขึ้น วิธีการตรวจสอบผลผลิตโดยไม่ทำลายตัวอย่างสำหรับส้มมีงานศึกษาวิจัยเป็นจำนวนมาก ทั้งการศึกษาด้วยกระบวนการประมวลผลจากรูปภาพ การใช้เสียง เทคนิคเอกซเรย์ วิธีการส่องผ่านของแสง การตรวจสอบด้วยคุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งแต่ละเทคนิคก็ยังมีข้อจำกัดต่างกันไป การใช้คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าความถี่อินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy, NIRs) มีความรวดเร็ว และแม่นยำในการคัดแยกแต่เครื่องมือราคาสูง ในปัจจุบันการประยุกต์ใช้เทคนิคต่างๆร่วมกัน ร่วมกับการวิเคราะห์จำแนกกลุ่ม (Discriminant analysis) จึงมีความเป็นไปได้ที่จะช่วยเพิ่มประสิทธิภาพการตรวจสอบความฟ้ามของส้มให้สูงขึ้น

ในงานวิจัยนี้สนใจศึกษาการตรวจสอบความฟ้ามของส้มโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy ร่วมกับการวัดค่าคุณสมบัติทางกายภาพ และคุณสมบัติทางเคมี และการวิเคราะห์แบบ Discriminant analysis เพื่อคัดแยกส้มฟ้าม ซึ่งเป็นการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายผล และสามารถทำนายค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ ประหยัดเวลา และลดต้นทุนการใช้สารเคมี

1.2 สรุปสาระสำคัญและเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง

1.2.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความฟ้ามของส้ม

จริญญา (2542) ได้ศึกษาการตรวจสอบอาการฟ้ามของผลส้มพันธุ์ฟรุ้งมอนด์โดยใช้เทคนิคเอกซเรย์ โดยการประเมินคุณภาพของผลส้มโดยวิธีการทำลายเปรียบเทียบกับการใช้เทคนิค Linescan X-ray ที่ระดับพลังงาน 140kV, 5mA, 220V, 1kW จากการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบพบว่า การตรวจประเมินโดย Low energy X-ray มีความสัมพันธ์กับการผ่าประเมินแบบมาตรฐานด้วย $R^2=0.987$ จากการฉายด้านขั้วผล และ การประเมิน เปอร์เซนต์ ความฟ้ามเนื่องจากเก็บรักษาด้วยเทคนิค Low energy X-ray พบว่าการเก็บรักษาส้มมีผลทำให้เกิดอาการฟ้ามเพิ่มขึ้น 10.5 เปอร์เซนต์ ทุก 2 สัปดาห์

วชิราพร (2543) ได้ศึกษาการตรวจสอบอาการฟ้ามของส้มเขียวหวาน โดยใช้วิธีการส่องผ่านของแสง โดยใช้วิธีการหาความเข้มแสงที่เหมาะสมต่อการตรวจอาการฟ้าม นำส้มไปส่องแสง ซึ่งอิทธิพลของสีเปลือกที่มีการวัดค่าการดูดกลืนแสง วัดสีเปลือกโดยใช้เครื่องวัดสี แต่ละผลจะวัดสีเปลือก 3 ตำแหน่ง หลังจากนั้นนำส้มไปส่องแสงเพื่อวัดแสงที่ทะลุออกมา นำไปคำนวณเป็นค่าการดูดกลืนแสง เพื่อนำไปหาความสัมพันธ์กับ เปอร์เซนต์ความฟ้ามเทียบกับการประเมินโดยการทำลายตัวอย่าง เพื่อสร้างสมการหาความสัมพันธ์ จากการวิเคราะห์ผลเปรียบเทียบพบว่าเมื่อใช้วัสดุสะท้อนแสงเพื่อเพิ่มแสงสว่างภายในกล่องวัด แผ่นอลูมิเนียมฟอยล์ให้ความสว่างมากกว่ากระดาษขาวและไม้ โดยมีค่าความเข้มแสง 60 47 และ 43 กิโลลักซ์ ตามลำดับ การศึกษาหลอดกำเนิดแสงที่เหมาะสมพบว่า หลอด Halogen 500 วัตต์มีค่าความเข้มแสงมากกว่าหลอด Halogen 300 วัตต์ หลอด Spotline 100 วัตต์ หลอด Superlux 100 วัตต์ หลอด Halogen 50 วัตต์ และหลอด Filament 60 วัตต์ โดยวัดความเข้มแสงได้ 60 39 22 11 6.5 และ 1.3 กิโลลักซ์ ตามลำดับ การวัดแสงที่บริเวณก้นผลให้ค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์เซนต์ความฟ้ามได้ดีกว่าเมื่อวัดที่บริเวณขั้วผล โดยมีค่า $R^2 = 0.801$ และ 0.715 ตามลำดับ การใช้หลอด Halogen 500 วัตต์โดยปรับความเข้มแสงที่ 47 20 4.9 และ 6.2 กิโลลักซ์ พบว่ามีค่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงกับเปอร์เซนต์ความฟ้าม โดยมีค่า $R^2 = 0.725$ 0.707 0.663 และ 0.640 ตามลำดับ

ประภาพร (2543) ได้ศึกษาการประเมินความฟ้ามของส้มเขียวหวานพันธุ์ฟรุ้งมอนด์ด้วยคุณสมบัติทางไฟฟ้า โดยการศึกษาคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับลักษณะต่างๆของผลส้ม ในการวัดจะวัดค่าความต้านทานไฟฟ้า (R_p) ความจุไฟฟ้า (C_p) และ ค่าการต้านทานการไหลของกระแสสลับ (Impedance) โดยวัดที่ความถี่ไฟฟ้า 0.01 - 10000 กิโลเฮิรตซ์ ด้วยเครื่อง Hewlett Packard Impedance Analyzer 4192A การทดลองนี้ใช้ผลส้ม 800 ผล ผลการศึกษาพบว่า ความจุไฟฟ้ามีความสัมพันธ์กับความฟ้ามมากกว่าความต้านทานและ Impedance อย่างไรก็ดี การใช้ความถี่ไฟฟ้าที่

แตกต่างกันมีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างคุณสมบัติทางไฟฟ้ากับระดับความฟาม โดยการวัดความจุไฟฟ้าแบบทำลายด้วย Needle electrode แบบไม่กำหนดระยะห่างระหว่างเข็มให้ความสัมพันธ์สูงสุดกับความฟามที่ความถี่ไฟฟ้า 100 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.801$ ขณะที่การวัดความจุไฟฟ้าแบบไม่ทำลายด้วย Plate electrode มีความสัมพันธ์สูงสุดกับความฟามที่ความถี่ไฟฟ้า 10,000 กิโลเฮิร์ตซ์ โดยมีค่าความสัมพันธ์ $R^2 = 0.54$ สำหรับอิทธิพลเปลือกต่อการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าพบว่า เปลือกมีผลต่อการวัดคุณสมบัติทางไฟฟ้าแบบไม่ทำลายด้วย Plate electrode ในช่วงความถี่ต่ำและมีแนวโน้มที่ลดลงอย่างต่อเนื่องเมื่อความถี่ไฟฟ้าสูงขึ้น

1.2.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการตรวจสอบความผิดปกติของวัสดุเกษตรอื่นๆ โดยใช้วิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

สิรินาฏ (2552) ได้ศึกษาเทคนิคคัดแยกมังคุดเนื้อแก้วออกจากมังคุดปกติ โดยวิธีวิเคราะห์แบบตัวแปรพหุคูณ ในการวิจัยใช้ผลมังคุด 217 ผล นำผลมังคุดทั้งหมดวัดค่าความถ่วงจำเพาะเปอร์เซ็นต์ความชื้นเปลือก แล้ววัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง FQA-Near Infrared (NIR) GUN ช่วงคลื่น 700 – 1100 nm แบบ Interactance ที่จุดกึ่งกลางด้านข้างของแต่ละผลบนแนวเส้นเอควาเตอร์ (equatorial line) ในแนวตั้งฉากรอบผลจำนวน 4 ด้าน โดยได้ศึกษาวิธีปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อลดการกระเจิงแสงด้วยวิธี First Derivative (1D) หรือ Second Derivative (2D) หรือ Multiplicative Scatter Correction (MSC) หรือ Standard Normal Variate (SNV) เพื่อให้ได้โมเดลการทำนายกลุ่มที่เหมาะสมที่สุด แล้ววิเคราะห์การจำแนกกลุ่มด้วยวิธี Discriminant Analysis (DA) จากการศึกษาพบว่า การวิเคราะห์จำแนกกลุ่มโดยใช้ตัวแปรทำนายกลุ่มคือ ข้อมูลสเปกตรัม NIR ปรับแต่งด้วย MSC ทั้งช่วงความยาวคลื่นที่ด้าน 1 3 และ 4 ให้ผลความถูกต้องในการจำแนกที่ดีที่สุด 83.9 เปอร์เซ็นต์ ต่อจากนั้นได้ใช้เทคนิค Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA) วิเคราะห์เพื่อเลือกเฉพาะสเปกตรัมที่ความยาวคลื่นที่สอดคล้องกับการแยกมังคุดเนื้อปกติและเนื้อแก้วเพื่อลดความซับซ้อนของโมเดล ซึ่งข้อมูลการดูดกลืนของแสงที่มีความยาวคลื่น 708 และ 880 nm ให้ผลความถูกต้องในการจำแนกที่ดีที่สุด 83.9 เปอร์เซ็นต์ ในทุกด้าน และสำหรับการจำแนกกลุ่มโดยใช้ตัวแปรทำนายกลุ่มคือ ความยาวคลื่นที่เลือกมาจากเทคนิค PLS-DA ซึ่งโมเดล 2D ของการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่น 716 752 831 910 953 989 1022 1038 และ 1058 nm ร่วมกับค่าความถ่วงจำเพาะให้ผลความถูกต้องในการจำแนกที่ดีที่สุด 84.8 เปอร์เซ็นต์ จากข้อมูลสเปกตรัมเฉลี่ยทั้ง 4 ด้าน

ณัชชา (2556) ตรวจสอบอาการไส้สีน้ำตาลในผลสับปะรด โดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy, NIRS) โดยชักนำผลสับปะรดให้แสดงอาการไส้สีน้ำตาล ที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส นาน 25 วัน แล้วจึงย้ายไปเก็บรักษาที่อุณหภูมิห้อง

(30°C) แล้วนำผลสับปะรดมาวัดสเปกตรัมที่ชั่วพล แก้มผล (ไม่ปอกเปลือก) แก้มผล (ปอกเปลือก) จากนั้นผ่าผลสับปะรดแล้ววัดสเปกตรัมที่แกนผลและเนื้อผลบริเวณชั่วผลและปลายผล ด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 700-1100 นาโนเมตร จากนั้นนำมาวิเคราะห์คุณภาพทางกายภาพและทางเคมี แล้วจึงหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลคุณภาพทางกายภาพและทางเคมีของผลสับปะรดที่เกิดอาการไส้สีน้ำตาลกับข้อมูลสเปกตรัม ด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) เพื่อสร้างสมการเทียบมาตรฐาน ผลการทดลองพบว่า เมื่อระยะเวลาการเก็บรักษาผลสับปะรดเพิ่มขึ้น ผลสับปะรดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 30 องศาเซลเซียส ไม่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล ขณะที่ผลสับปะรดเก็บรักษาที่อุณหภูมิ 10 องศาเซลเซียส แสดงอาการไส้สีน้ำตาลและสูญเสียน้ำหนักเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ ปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและกิจกรรมเอนไซม์โพลีฟีนอลออกซิเดสของเนื้อผลสับปะรด ซึ่งมีแนวโน้มเพิ่มขึ้นและสูงกว่าผลสับปะรดที่ไม่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล ปริมาณกรดที่ไทเทรตได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้น ขณะที่ปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ มีแนวโน้มลดลง และผลสับปะรด ที่แสดงอาการไส้สีน้ำตาล มีค่า L^* และ h° ของเนื้อผลสับปะรดลดลงอย่างต่อเนื่องตลอดระยะเวลาเก็บรักษา สมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์ คือ สมการที่ดีที่สุดมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIR (bias) เท่ากับ 0.83, 8.37%, 7.62% และ -0.20% ตามลำดับ เมื่อนำสมการเทียบมาตรฐานเปอร์เซ็นต์การร่วงไหลของสารอิเล็กโตรไลต์มาทดสอบความแม่นยำด้วยสับปะรดชุดใหม่ (unknown sample) พบว่า สมการมีความแม่นยำน้อยเนื่องจากข้อมูลมีความแปรปรวนมาก ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาสมการเทียบมาตรฐานให้มีความแม่นยำสูงขึ้นก่อนนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางปฏิบัติ

Fu et al. (2007) ศึกษาเปรียบเทียบการตรวจสอบการไส้ดำในผลสาลี่โดยการวางผลสาลี่ 2 แบบ คือ ตามแนวนอนและ แนวตั้ง ด้วยเครื่อง Vis/NIR โหมดการทำงานแบบ transmission ที่ความยาวคลื่น 400 – 1028 nm และเครื่อง FT- NIR โหมดการทำงานแบบ Diffuse reflectance ด้วย detector 2 ชนิด คือ Si ที่ความยาวคลื่น 670 – 1100 nm และ InGaAs ที่ความยาวคลื่น 800 – 2630 nm ด้วยวิธีวิเคราะห์การจำแนกกลุ่ม (Discriminant Analysis) พบว่า โหมดการทำงานแบบ transmission สามารถใช้ตรวจสอบความผิดปกติภายในผลสาลี่ได้ดีกว่าแบบ Diffuse reflectance เมื่อวางผลสาลี่ตามแนวนอน โหมดการทำงานแบบ transmission ให้ความถูกต้องในการคัดแยกที่ดีที่สุด 91.2 เปอร์เซ็นต์

1.2.3 สรุปสาระสำคัญจากเอกสารอ้างอิงที่เกี่ยวข้อง

สาระสำคัญของงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยใช้หลักการต่างๆ ในการตรวจสอบคุณภาพของส้ม ได้แก่ การตรวจสอบอาการฟ้ามของส้มเขียวหวาน โดยใช้วิธีการส่องผ่านของแสง การประเมินความฟ้ามของส้มเขียวหวานพันธุ์พริมองค์ด้วยคุณสมบัติทางไฟฟ้า ซึ่งวิธีการเหล่านี้อาจใช้เวลาในการตรวจสอบต่อผลนานเกินไปที่จะใช้ในเชิงพาณิชย์ ส่วนการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี ตรวจสอบฟ้ามของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งยังไม่พบรายงานการศึกษา

1.3 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

เพื่อตรวจสอบความฟ้ามของส้มเขียวหวานพันธุ์สายน้ำผึ้งโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัย

1.4.1 ได้ทราบถึงปัจจัยต่างๆ ที่มีความสัมพันธ์กับอาการฟ้ามของผลส้ม

1.4.2 สามารถตรวจสอบและคัดแยกผลส้มฟ้ามออกจากผลส้มปกติได้ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี โดยไม่ทำลายตัวอย่าง

1.4.3 สามารถนำข้อมูลที่ได้ไปใช้เป็นแนวทางในการศึกษาเพิ่มเติมในการตรวจสอบอาการผิดปกติอื่นๆ ของผลส้มต่อไป

1.5 ขอบเขตของการวิจัย

ทำการศึกษาทดลองในผลส้มพันธุ์สายน้ำผึ้ง จาก อำเภอฝาง จังหวัดเชียงใหม่ ตรวจสอบอาการฟ้ามของผลด้วยเทคนิค NIRS โดยใช้คลื่นแสงในช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 700-2500 นาโนเมตร ร่วมกับวิธีกายภาพและทางเคมี