

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

1. ชุดโครงการวิจัย : การประเมินคุณภาพผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Near Infrared Spectroscopy)
2. โครงการวิจัย : การประเมินคุณภาพผักและผลไม้สดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (Near Infrared Spectroscopy)
3. กิจกรรม : การประเมินแมลงศัตรูพืชต่อคุณภาพผลผลิตโดยใช้เทคนิคไม่ทำลายตัวอย่าง
4. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) : การตรวจสอบการปนเปื้อนแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera* spp.) ในชมพูทับทิมจันทร์โดยใช้เทคนิค NIR Spectroscopy
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) : Evaluate Fruit Fly (*Bactrocera* spp.) Infection in Rose Apple (Cultiva Tub Tim Chan) by Near Infrared Spectroscopy Technique
5. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : กรรณิการ์ เฟ็งคัม

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน : ณิชฐวัฒน์ แยมยิม

กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

6. Abstract

Rose apple (cultivar Tub Tim Chan) is an economic fruit of Thailand for exporting. However Oriental Fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel) are the important problems in rose apple fruit. Current detection uses a randomly detect methods with naked eyes and destroying samples, which the decision of the examiner is probably incorrect and undermines product. Therefore, the evaluation number of egg within fruit by nondestructive method like near infrared spectroscopy (NIRs) was developed by using the relation of internal quality (insect infestation or no insect infestation) with the absorbed energy in near infrared region. The absorbance was measured by a portable NIR spectrometer (FQA-NIRGUN; the wavelength region of 700-1,100 nm) for development equation of evaluation number of eggs within fruit. From the results, the calibration and validation equation that created by Multiple Linear Regression (MLR) techniques was sufficiently accurate to determine the number of eggs within fruit with a correlation coefficient (R) of 0.57. While as the calibration and validation equation that created by Partial Least squares regression (PLS) techniques was sufficiently accurate to determine the number of eggs within fruit with a correlation coefficient (R) of 0.67 and 0.59, respectively.

Keywords: rose apple (cultivar Tub Tim Chan), near infrared spectroscopy, Oriental fruit fly (*Bactrocera dorsalis* Hendel)

บทคัดย่อ

ชมพูทับทิมจันทร์ เป็นพืชส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทยแต่การส่งออกมักพบปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือตรวจพบการปนเปื้อนของแมลงวันผลไม้ ปัจจุบันตรวจสอบการปนเปื้อนโดยใช้วิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยสายตาและการผ่าผล ชมพู ซึ่งอาจไม่มีความแม่นยำและเป็นการทำลายผลผลิต เทคนิค near infrared (NIR) spectroscopy เป็นทางเลือกหนึ่งสำหรับการตรวจสอบการปนเปื้อนของแมลงวันผลไม้ในผล ชมพู โดยสร้างแบบจำลองการคัดแยกผลชมพูที่มีการปนเปื้อนแมลงวันผลไม้และผลชมพูที่ไม่มีการปนเปื้อนจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนพลังงานแสง โดยชุดวัดการดูดกลืนแสงย่าน NIR ในระบบสะท้อนกลับ (interactance) (FQA-NIRGUN) ในช่วงความยาวคลื่น 700–1100 nm กับคุณภาพภายในของผล ชมพูระหว่างการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้และไม่มีการปนเปื้อน ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) ให้ค่า R (correlation coefficient) = 0.57 ทั้งในกลุ่ม calibration และ validation การสร้างสมการด้วยวิธี Partial Least squares regression (PLS) ได้ค่า R ที่ได้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยทั้งในกลุ่ม calibration set และ validation set (ค่า R ในกลุ่ม calibration เท่ากับ 0.67 ส่วนกลุ่ม validation เท่ากับ 0.59)

คำหลัก: ชมพูทับทิมจันทร์ อินฟราเรดย่านใกล้ แมลงวันผลไม้

7. คำนำ

ชมพูทับทิมจันทร์เป็นพืชเศรษฐกิจที่ทำรายได้ดีและมีศักยภาพในการส่งออก ซึ่งมีปัญหาจากการทำลายของแมลงวันผลไม้ ทำให้ผลผลิตเสียหาย และคุณภาพต่ำ ไม่สามารถส่งออกได้ เนื่องจากหลายประเทศมีข้อกำหนดในการที่ผลไม้ที่ส่งเข้าประเทศต้องปราศจากแมลงวันผลไม้ ซึ่งเป็นปัญหาด้านกักกันพืชและถูกใช้เป็นเครื่องมือกีดกันทางการค้าจากต่างประเทศ เห็นได้ว่าแมลงวันผลไม้เป็นปัญหาในระดับประเทศที่ต้องให้ความสำคัญ การใช้วิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนของแมลงวันผลไม้โดยไม่ทำลายตัวอย่างหรือวิธีใช้ เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี เป็นวิธีการที่สามารถคัดกรองผลฝรั่งที่มีคุณภาพดีปราศจากการเข้าทำลายของแมลงวันผลไม้ได้โดยตรง และใช้เวลารวดเร็ว ผลผลิตไม่เสียหาย สามารถนำมาปรับใช้ในอุตสาหกรรมการส่งออกผลไม้ได้ จึงควรทำการศึกษาการวิธีการตรวจสอบการปนเปื้อนแมลงวันผลไม้ในชมพูทับทิมจันทร์โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีเพื่อเป็นข้อมูลเบื้องต้นต่อไป

8. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. เครื่องตรวจสอบคุณภาพอาหารด้วยรังสีอินฟราเรดคลื่นสั้นรุ่น FQA-NIRGUN
2. ห้องเลี้ยงแมลงที่สามารถควบคุมอุณหภูมิและช่วงแสงได้ (อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส ช่วงแสงที่ 12:12)
3. กรงเลี้ยงแมลงขนาด 64.5x70.0x60.0 เซนติเมตร และ 35.0x40.0x30.0 เซนติเมตร
4. ชมพูทับทิมจันทร์

5. อาหารสำหรับแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัย ได้แก่ น้ำตาล ยีสต์ (yeast hydrolysate และ yeast extract)

- วิธีการ

1. เพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ *Bactrocera dorsalis* Hendel ในห้องปฏิบัติการเพื่อใช้ในการทดลองด้วยผลชมพู จนได้ตัวเต็มวัย
2. ให้อาหารตัวเต็มวัยที่มีส่วนผสมของน้ำตาล 1 กิโลกรัม yeast extract 100 กรัม และ yeast hydrolysate 100 กรัม พร้อมน้ำสะอาด ทิ้งไว้ 14 วัน เพื่อให้แมลงผสมพันธุ์และพร้อมที่จะวางไข่
3. ปล่อยแมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยที่พร้อมวางไข่ 200 คู่ในกรงเลี้ยงแมลง นำชมพูทับทิมจันทร์จำนวน 20 ผลใส่ในกรงเลี้ยงแมลง ปล่อยทิ้งไว้ 2 ชั่วโมง เพื่อให้แมลงวางไข่ นำผลชมพูที่ผ่านการวางไข่แมลงมาทำเครื่องหมายบริเวณที่มีการวางไข่ของแมลง
4. ทำการตรวจวัดหาปริมาณการดูดกลืนแสง ของผลชมพูที่ผ่านการวางไข่แมลงวันผลไม้และผลชมพูที่ไม่มีการวางไข่ ด้วยเครื่อง NIR ช่วงคลื่นสั้น 700-1100 nm รุ่น FQA-NIRGUN จะได้เส้น spectrum ทำการทดลองเช่นเดิม ได้ตัวอย่างที่ใช้ในการ scan ทั้งหมด 659 ผล
5. นำ spectrum ที่ตรวจวัดได้จากผลชมพูที่มีไข่แมลงวันผลไม้และผลชมพูที่ไม่มีไข่แมลงวันผลไม้ มาสร้างแบบจำลองการจำแนกผลชมพูที่มีการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้และผลชมพูที่ไม่มีการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้ ด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) และ Multiple linear regression discriminant analysis (MLRDA) จากโปรแกรมสำเร็จรูป CA-Maker และวิธี Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler

- เวลาและสถานที่

เริ่มต้น ตุลาคม 2558 - สิ้นสุด กันยายน 2560

สถานที่ทำการทดลอง ห้องปฏิบัติการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

9. ผลการทดลองและวิจารณ์

จากการเพาะเลี้ยงแมลงวันผลไม้ในผลชมพูทับทิมจันทร์ โดยการให้แมลงวันผลไม้ตัวเต็มวัยเพศเมียวางไข่บนผลชมพู จากนั้นเก็บไว้ในห้องเลี้ยงแมลงระยะเวลา 2 วันเพื่อให้หนอนพัฒนาเป็นหนอนวัย 1 พบว่าผลชมพูมีอาการเน่าเสียมาก ไม่สามารถนำมาตรวจวัดด้วยเครื่อง NIRs ได้ ดังนั้นในการทดลองนี้จึงทำการตรวจวัดเฉพาะระยะไข่เท่านั้น

ผลการวิเคราะห์หาปริมาณไข่ในผลชมพู ด้วยเทคนิค Near Infrared

สเปกตรัมของตัวอย่างชมพูที่มีการวางไข่ และไม่มีไข่ แสดงดัง Figure 1 จากภาพสังเกตเห็นว่า สเปกตรัมของตัวอย่างที่มีการวางไข่ (เส้นสีแดง) และสเปกตรัมของตัวอย่างที่ไม่มีไข่ (เส้นสีน้ำเงิน) มีลักษณะที่คล้ายคลึงกัน คือมีตำแหน่งการดูดกลืนที่ชัดเจนที่ 970 นาโนเมตร ซึ่งเป็นตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำ (Osborne et. al.,1993) อย่างไรก็ตามเส้นสเปกตรัมของตัวอย่างทั้ง 2 กลุ่มยังมีการซ้อนทับกัน ไม่สามารถแยกออกจากกันได้ชัดเจน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องมีการปรับแต่งสเปกตรัมก่อนการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน

ในขั้นตอนของการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน ตัวอย่างทั้งหมด 659 ตัวอย่าง จะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม calibration set และกลุ่ม validation set ด้วยอัตราส่วน 2:1 กล่าวคือกลุ่ม calibration set

จำนวน 440 ตัวอย่างจะถูกใช้ในการสร้างสมการ และกลุ่ม validation set จำนวน 219 ตัวอย่างจะถูกใช้ในการทดสอบความแม่นยำของสมการ ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐานจะอาศัยโปรแกรม CA-Maker ซึ่งเป็น Software package ของเครื่อง FQA-NIR Gun ทั้งนี้เพื่อให้สมการที่สร้างขึ้นสามารถโอนถ่ายเข้าเครื่อง และใช้งานในอนาคตต่อไป

ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) พบว่า สมการที่ดีที่สุดได้จากการปรับแต่งสเปคตรัมด้วยวิธี 2nd derivative (segment 30 points, smoothing 30 points) ผลการสร้างและทดสอบความแม่นยำแสดงดัง Figure 2 (a) และ (b) ตามลำดับ

จาก Scatter plot สังเกตเห็นว่า ตัวอย่างมีการกระจายออกจากเส้น target line เป็นวงกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งในช่วงที่มีค่าน้อย โดยผลการสร้างและทดสอบสมการเทียบมาตรฐานให้ค่า R (correlation coefficient) = 0.57 ทั้งสองกลุ่ม ซึ่ง Phill Williams (2007) ได้ให้เกณฑ์ไว้ว่าค่า R ที่อยู่ในช่วง 0.51-0.71 แสดงให้เห็นถึงสมการที่สร้างขึ้นให้ค่าความสัมพันธ์ที่ต่ำ รวมถึง RPD (ratio of prediction to deviation) = 1.22 อยู่ในช่วง 0-2.3 หมายความว่า สมการที่ได้ยังไม่เหมาะสมที่จะนำไปประยุกต์ใช้ในการประเมินปริมาณไข่แมลงวันผลไม้ในผลชมพู สมการที่สร้างขึ้นแสดงดังสมการที่ 1

$$\text{จำนวนไข่ในผล} = 21.4631 - 5043.0244A_{744} + 10920.1699A_{764} + 24565.0449A_{888} + 6233.6514A_{964} - 5993.9150A_{1036}$$

โดยที่ A_x คืออนุพันธ์อันดับสองของการดูดกลืนในตำแหน่ง x นาโนเมตร

จากสมการจะเห็นว่าตัวแปรที่มีอิทธิพลอยู่ในสมการคือ ค่าการดูดกลืนที่ตำแหน่ง 764 และ 964 นาโนเมตรซึ่งเป็นตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำ อันเป็นองค์ประกอบหลักของชมพู จึงอาจเป็นไปได้ที่ค่าการดูดกลืนของน้ำจะบดบังการดูดกลืนของไข่แมลงวันผลไม้ซึ่งมีปริมาณน้อยมากเมื่อเทียบกับน้ำ จึงส่งผลให้สมการที่ได้ จึงยังประเมินหาปริมาณไข่แมลงวันผลไม้ในผลชมพูได้ไม่แม่นยำ

อย่างไรก็ดี เมื่อนำตัวอย่างชมพูทั้งหมดไปวิเคราะห์ในเชิงคุณภาพเพื่อใช้ในการคัดแยกกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีไข่ และตัวอย่างที่มีไข่ด้วยวิธี Multiple linear regression discriminant analysis (MLRDA) โดยอาศัยโปรแกรม CA-Maker กำหนดตัวแปรหุ่น (Dummy variable) ให้ตัวอย่างที่ไม่มีไข่เป็นกลุ่ม 0 และตัวอย่างที่มีไข่เป็นกลุ่ม 1 โดยค่าที่ทำนายได้จะต้อง < 0.5 สำหรับตัวอย่างที่ไม่มีไข่ และ ≥ 0.5 สำหรับตัวอย่างที่มีไข่ จึงถือว่าการทำนายนั้นถูกต้อง นอกเหนือจากนี้ถือว่าเป็นความผิดพลาดในการทำนาย ผลการสร้างแบบจำลองการคัดแยกกลุ่มแสดงดัง Figure 3 (a) และ (b) สำหรับกลุ่ม calibration set และ validation set ตามลำดับ

จากภาพจะเห็นว่า แบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถคัดแยกกลุ่มชมพูที่มีไข่แมลงวันผลไม้และชมพูที่ไม่มีไข่ได้ด้วยความถูกต้องโดยรวม 69.77 % และ 72.60% ในกลุ่ม calibration และ validation set ตามลำดับ ซึ่งค่าความถูกต้องที่ได้ยังถือว่าไม่สูงมากนัก จึงยังคงมีโอกาสที่ชมพูที่มีไข่จะตกไปถึงมือผู้บริโภค ซึ่งผลการศึกษาการใช้เครื่อง FQA-NIR Gun ตรวจสอบการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้ในผลฝรั่งด้วยการสร้างแบบจำลอง พบว่า สามารถคัดแยกกลุ่มผลฝรั่งที่มีไข่แมลงวันผลไม้และผลฝรั่งที่ไม่มีไข่ได้ด้วยความถูกต้อง

โดยรวม 69.01% และ 69.73% ในกลุ่ม calibration และ validation (กรณีการ และคณะ, 2558) ซึ่งใกล้เคียงกับผลที่ได้จากการทดลองในผลชมพู

เนื่องจากผลที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี MLR ทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ ไม่ดีนัก ซึ่งอาจมีสาเหตุมาจากการที่วิธี MLR มีการเลือกใช้ตัวแปรเพียง 5 ตัวแปร ซึ่งอาจจะน้อยเกินไป ดังนั้นจึงได้ วิเคราะห์ โดยวิธี Partial Least squares regression (PLS) ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ทุกตัวแปรในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน โดยอาศัยโปรแกรม the unscramble ในการวิเคราะห์

ผลของการสร้างสมการที่ดีที่สุดได้จาก การปรับแต่งสเปคตรัมด้วยวิธี 2nd derivative (smoothing 17 points) ในช่วงความยาวคลื่น 600-1090 นาโนเมตร ผลของการสร้างและทดสอบความแม่นยำของสมการ ในกลุ่ม calibration set และ validation set แสดงดัง Scatter plot ใน Figure 4 (a) และ (b) ตามลำดับ

จากภาพที่ 4 สังเกตเห็นว่า ตัวอย่างกระจายออกจากเส้น target line เป็นวงกว้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่ง ในช่วงที่มีค่าต่ำ และเมื่อพิจารณาค่าทางสถิติที่ได้จากการสร้างสมการด้วยวิธี PLS จะเห็นว่า ค่า R และ RPD ที่ได้มีค่าสูงกว่าสมการที่สร้างขึ้นจากวิธี MLR แต่ก็ไม่มากนัก ทั้งในกลุ่ม calibration set และ validation set (ค่า R ในกลุ่ม calibration เท่ากับ 0.67 ส่วนกลุ่ม validation เท่ากับ 0.59) รวมถึงค่า SEC (standart error of calibration) และค่า SEP (standart error of prediction) ที่ได้ก็น้อยกว่าสมการจากวิธี MLR เพียงเล็กน้อยเช่นกัน (ค่า SEC เท่ากับ 32.84; SEP เท่ากับ 33.73) ดังนั้นการสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธี MLR หรือ PLS ในการทำนายปริมาณไซในผลชมพูจึงไม่มีผลต่อความแม่นยำของสมการ ซึ่งสัมพันธ์ของสมการเทียบมาตรฐานในการทำนายปริมาณไซในผลชมพูที่สร้างขึ้นด้วยวิธี PLS แสดงดัง Figure 5

อย่างไรก็ดีเมื่อพิจารณาถึงสเปคตรัมเฉลี่ยของตัวอย่างกลุ่มที่มีไซและไม่มีไซก่อนการปรับแต่งสเปคตรัม (Figure 6 (a)) และหลังการปรับแต่งด้วยวิธี 2nd derivative (Figure 6 (b)) ซึ่งให้ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานที่ดีที่สุดทั้งวิธี MLR, MLRDA และ PLS จะเห็นว่า สเปคตรัมก่อนการปรับแต่งของทั้งสองกลุ่มมีความแตกต่างกันน้อยมาก ในทำนองเดียวกัน สเปคตรัมหลังการปรับแต่งก็ไม่แตกต่างกัน ดังนั้นสาเหตุหนึ่งที่ทำให้สมการเทียบมาตรฐานที่สร้างขึ้นไม่เหมาะสมที่จะนำไปใช้นั้นคือสเปคตรัมของตัวอย่าง ยังมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะใช้ในการประเมินปริมาณไซในผลชมพู ซึ่งอาจเกิดเนื่องมาจากหลายสาเหตุ อาทิเช่น ช่วงของความยาวคลื่นของเครื่องมือยังไม่เหมาะสม Integration time ต้องปรับลดลงเนื่องจากชมพูเป็นผลไม้ที่มีความมันวาวมากจึงทำให้สะท้อนแสงได้มากจนเครื่องมือไม่สามารถอ่านได้จึงต้องลดค่า Integration time ลง หรือข้อจำกัดต่างๆ ของเครื่องมือ โดยธรรมชาติแมลงวันผลไม้จะวางไข่เป็นกลุ่มและตัวเต็มวัยชอบวางไข่ซ้ำในบริเวณที่เป็นรอยแผลเดิม ทำให้พบว่าแม้มีปริมาณไซจำนวนมากแต่ก็จะกระจุกตัวอยู่ในบริเวณเดียวกัน ซึ่ง probe ของเครื่อง NIR gun มีขนาด 3x3 เซนติเมตร และแสงที่ยิงจะตกกระทบบริเวณตรงกลาง อาจเป็นไปได้ว่าการตกกระทบของแสงจากเครื่องมืออาจไม่ตรงกับตำแหน่งของกลุ่มไซของแมลงวันผลไม้ ทำให้ผลของการวัดมีข้อผิดพลาด ซึ่งอาจต้องมีการศึกษาในลำดับถัดไป

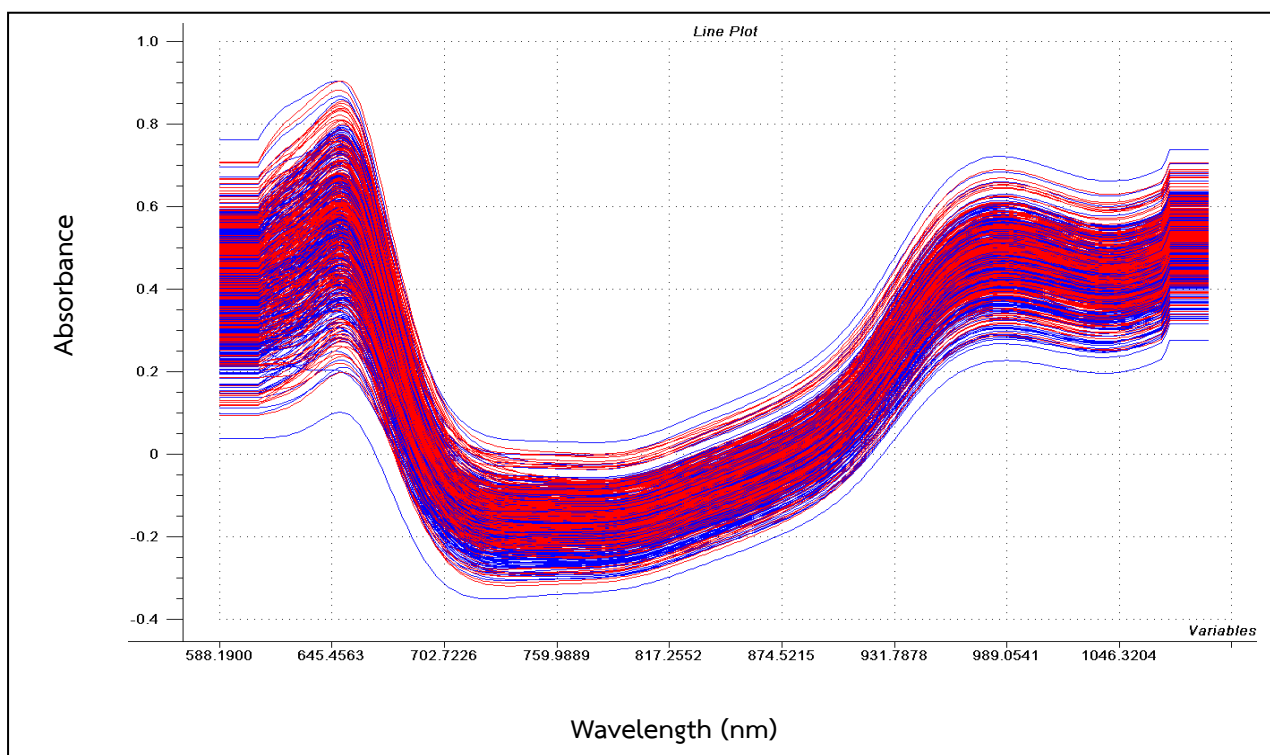
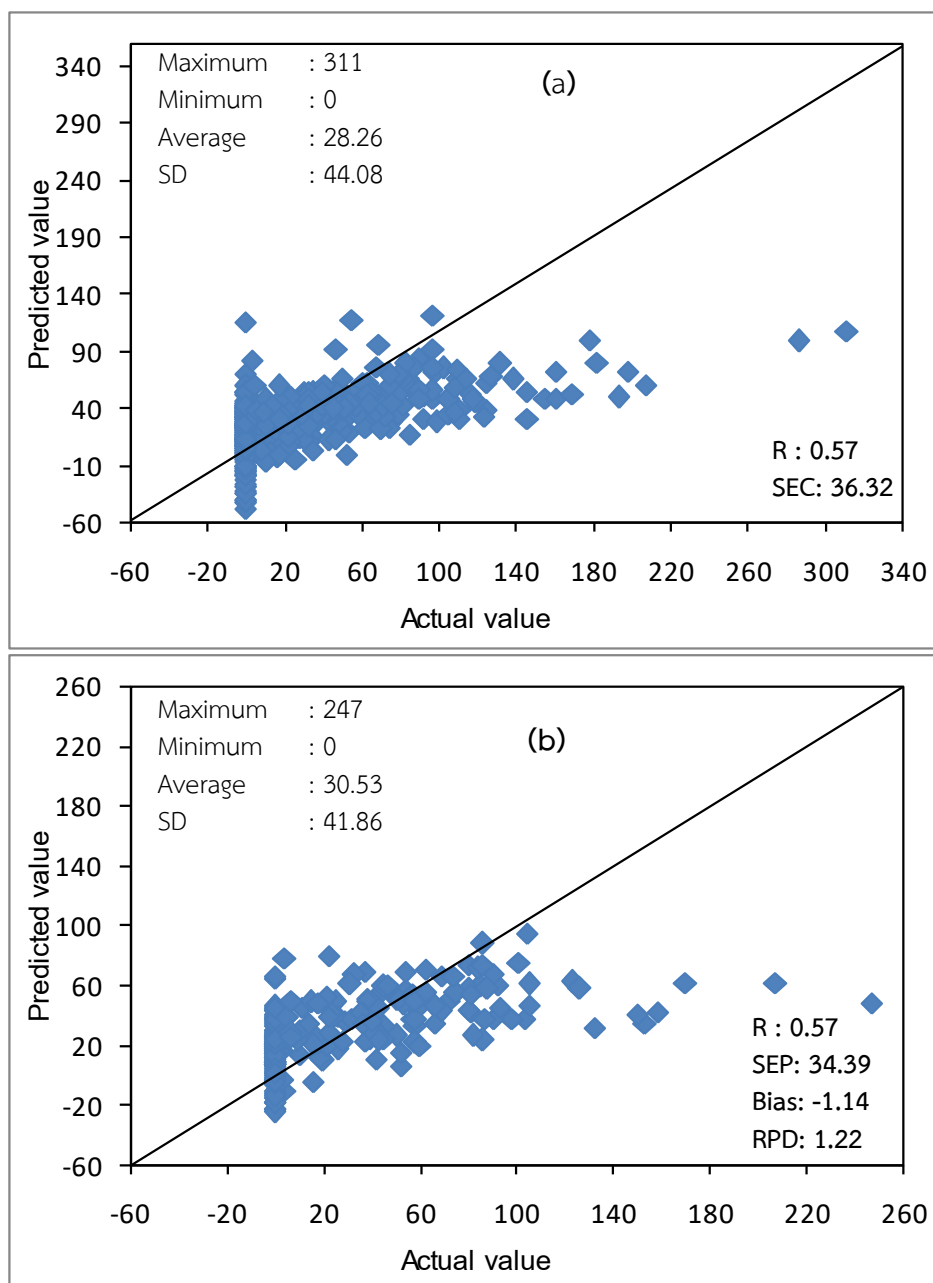


Figure 1 Original spectrum of rose apple with eggs of fruit fly (red line) and without egg of fruit fly (blue line)



SD – standard deviation; R – correlation coefficient; SEP – standard error of prediction;
 RDP – ratio of prediction to deviation

Figure 2 Scatter plots of actual compared with NIR predicted number of egg of fruit fly in rose apple fruits by MLR equation of Calibration (a) and Validation (b) group

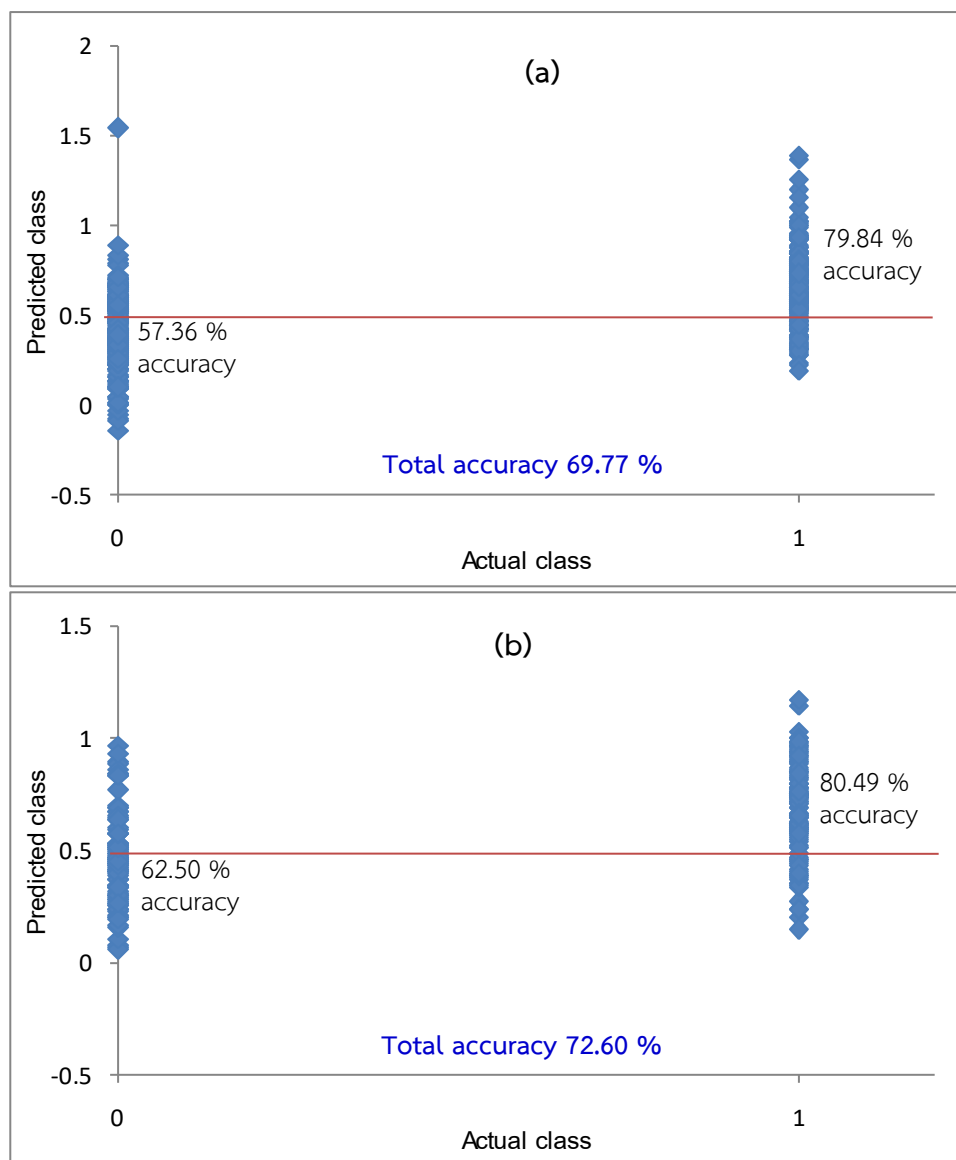
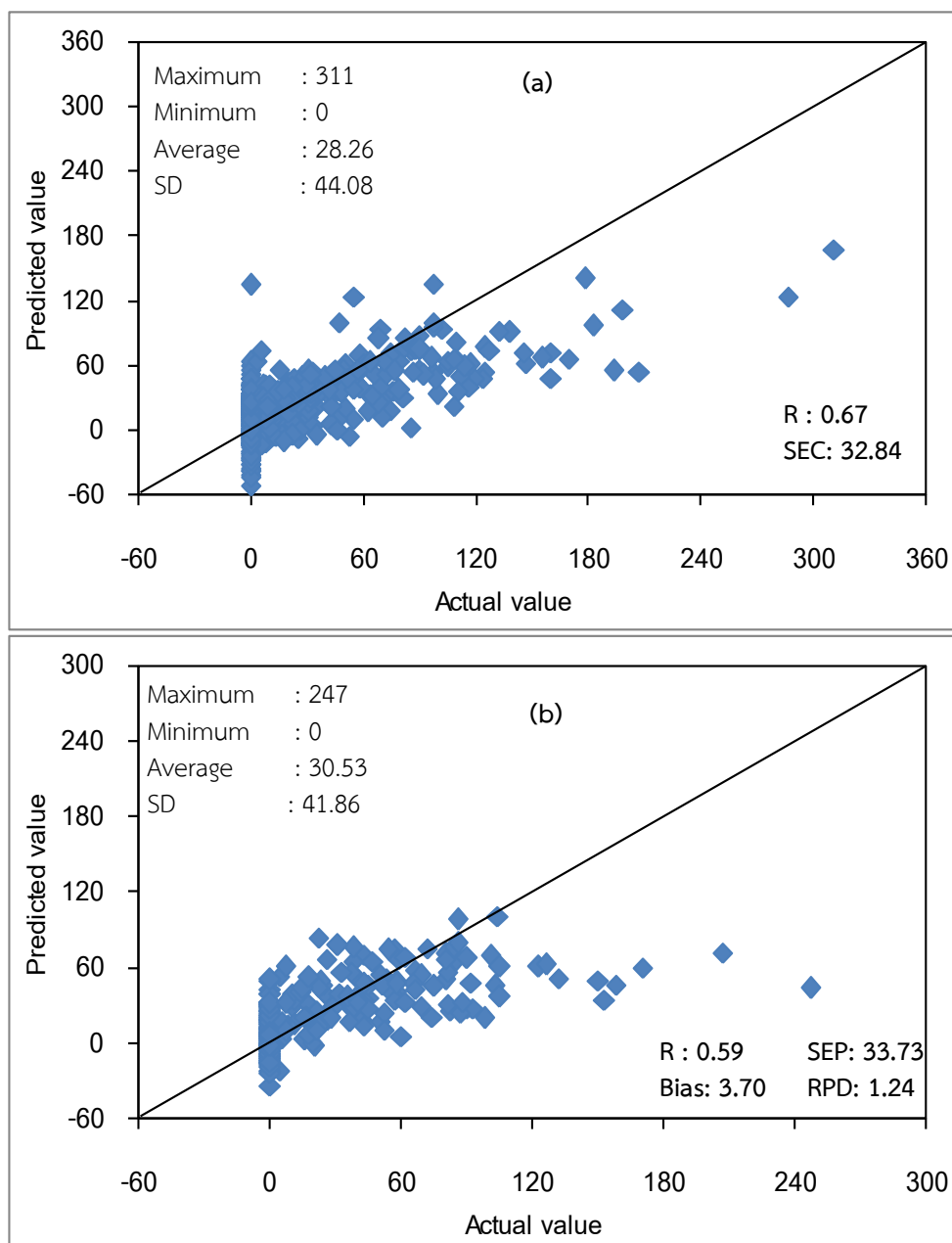


Figure 3 Scatter plots of actual and NIR predicted values for rose apple fruit without eggs (0) and with egg (1) of fruit fly of Calibration set (a) and Validation set (b)



SD – standard deviation; R – correlation coefficient; SEP – standart error of prediction;
 RDP – ratio of prediction to deviation

Figure 4 Scatter plots of actual compared with NIR predicted number of egg of fruit fly in rose apple fruits by PLS equation of Calibration (a) and Validation (b) group

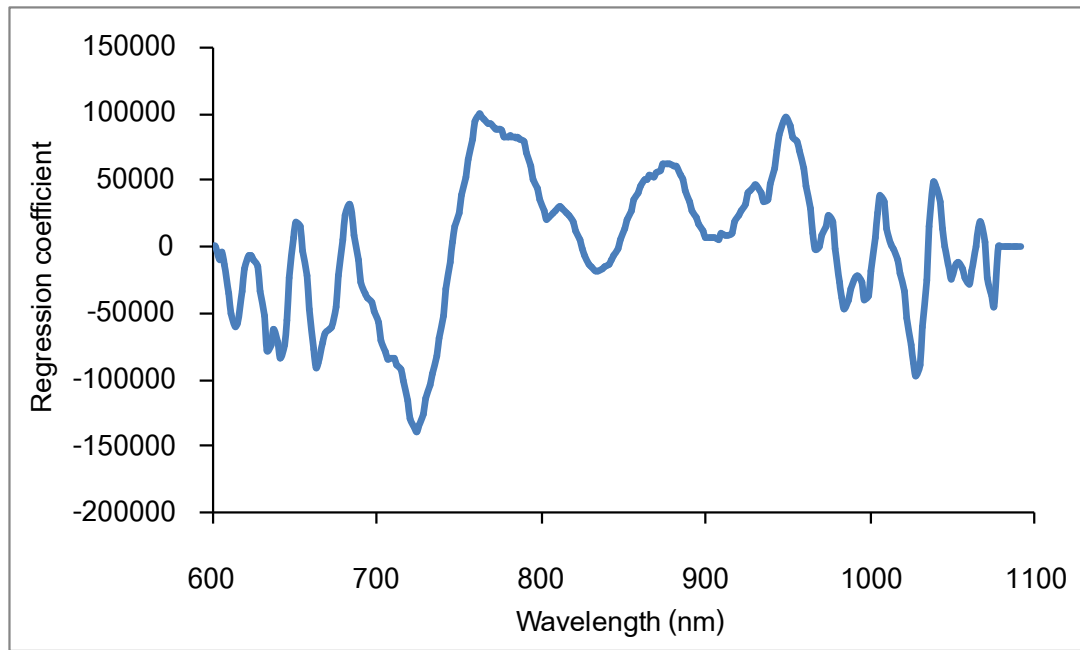


Figure 5 Regression coefficients of PSL equation to predict total number of egg of fruit fly in rose apple fruits

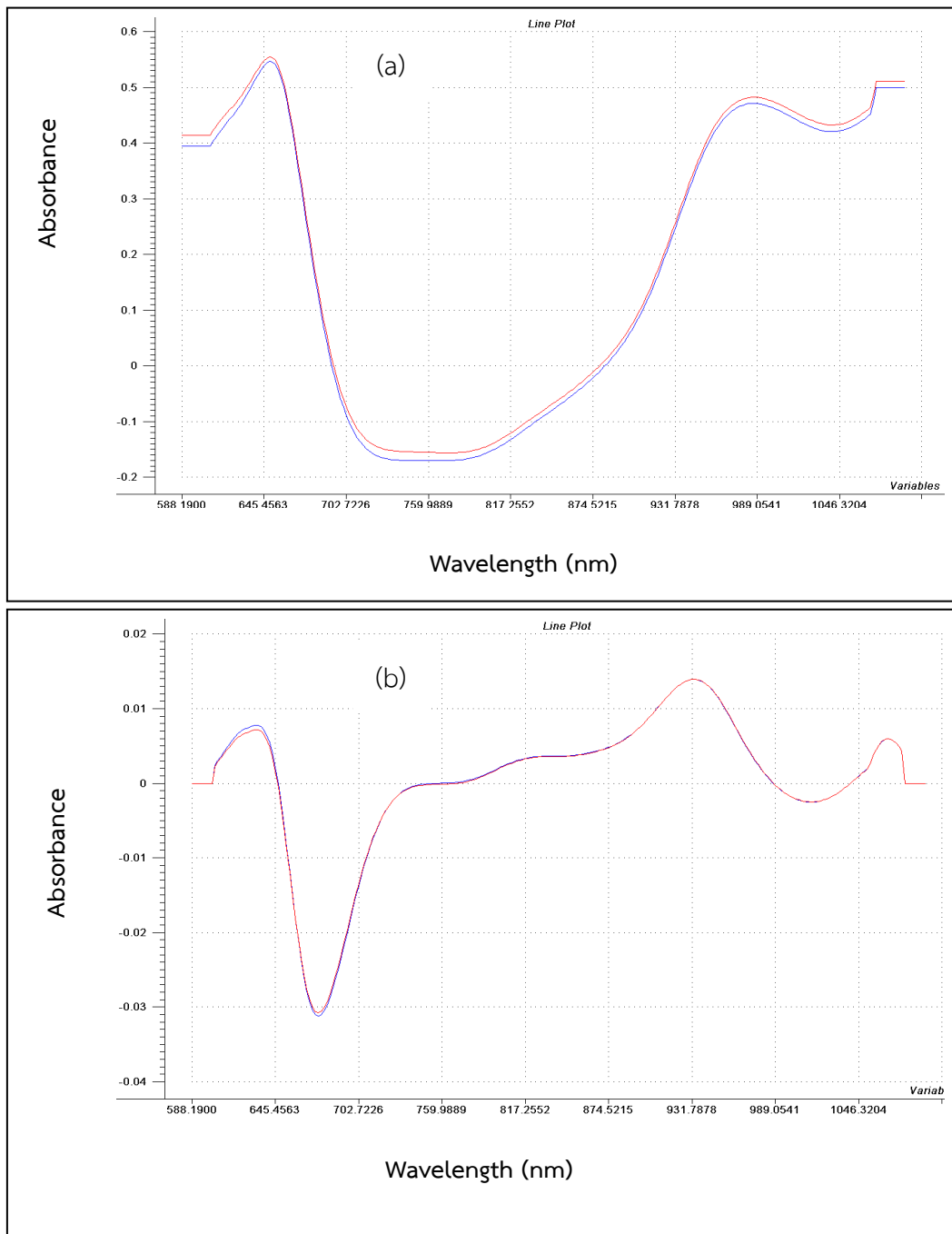


Figure 6 The average original spectrum (a) and 2^{nd} derivative (smoothing 17 points) spectrum of rose apple with eggs of fruit fly (red line) and without egg of fruit fly (blue line)

10. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ : การใช้เทคนิค near infrared (NIR) spectroscopy เพื่อการคัดแยกผลชมพูที่มีการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้และผลชมพูที่ไม่มีการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้ จากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนพลังงานแสง ด้วยเครื่อง NIRs ช่วงคลื่นสั้น รุ่น FQA-NIRGUN ซึ่งวัดการดูดกลืนแสงย่าน NIR ในระบบสะท้อนกลับ (interactance) ในช่วงความยาวคลื่น 700–1100 nm พบว่า ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) ให้ค่า R (correlation coefficient) = 0.57 ทั้งในกลุ่ม calibration และ validation การสร้างสมการด้วยวิธี Partial Least squares regression (PLS) จะเห็นว่า ค่า R ที่ได้มีค่าสูงกว่าเล็กน้อยทั้งในกลุ่ม calibration set และ validation set (ค่า R ในกลุ่ม calibration เท่ากับ 0.67 ส่วนกลุ่ม validation เท่ากับ 0.59) ซึ่งค่าที่ได้ยังมีความแม่นยำน้อย ยังต้องทำการพัฒนาเพื่อปรับปรุงแบบจำลองให้มีความแม่นยำเพิ่มเติมต่อไป

11. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์ : ใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานเพื่อปรับใช้ในการพัฒนาสมการเพื่อการทำนายการปนเปื้อนไข่แมลงวันผลไม้ในผลชมพูเพื่อการส่งออก

12. คำขอขอบคุณ : ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชสวนที่ให้ความอนุเคราะห์อุปกรณ์สำหรับปฏิบัติการทดลอง

13. เอกสารอ้างอิง

กรรณิการ์ เฟ็งคุ่ม ญัฐวัฒน์ แยมยืม และจารุวรรณ บางแวก. 2558. การตรวจสอบการปนเปื้อนแมลงวันผลไม้ (*Bactrocera dorsalis* Hendel) ในฝรั่งแป้นสีทองโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี รุ่น FQA-NIR GUN. ใน รายงานผลการวิจัยเรื่องเต็มประจำปี 2558 เล่ม 1 กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. หน้า 390-400.

Osborne, B.G.; Fearn, T.; Hindle, P.H. 1993: "Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Beverage Analysis", 2nd edition. Longman Scientific and Technical, Singapore. 227 p.

Phill Williams. 2007. *Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries, Second Edition* Edited by Phil Williams and Karl Norris.

<http://www.impublications.com/discus/messages/5/2136.html?1190896505> . Available from 10 January 2018.