

## การตรวจสอบของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลลำไยด้วยเครื่องวัดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าย่านใกล้อินฟราเรด Determination of Total Soluble Solids in Longan Fruits Using Near Infrared Instrument

อาทิตย์ จันทร์หิรัญ<sup>1</sup>, วารุณี ธนะแพสย์<sup>1</sup>, สุมาพร เกษมสำราญ<sup>1</sup> และจิราพร อนุสรณ์วงศ์ชัย<sup>1</sup>  
Athit Janhira<sup>1</sup>, Warunee Thanapase<sup>1</sup>, Sumaporn Kasemsumran<sup>1</sup> and Jiraporn Anusornwongchai<sup>1</sup>

### Abstract

The potential of near infrared (NIR) spectroscopy for determination of brix value (% total soluble solids) of longan was investigated by interactance mode (wavelength regions of 600-1100 nm) and transmittance mode (wavelength regions of 650-955 nm). The investigations of 310 longan fruits were carried out by two mentioned mode. Calibration and prediction models were constructed using Partial Least Square Regression (PLSR). The best calibration result of spectra 2<sup>nd</sup> derivative from transmittance mode showed; 1) first season in 2008 year of longan having a multiple correlation coefficient (R) of 0.919 and root mean square error of calibration (RMSEC) of 0.753. 2) second season in 2009 year of longan having R of 0.956 and RMSEC of 0.506. The calibration model for the combined calibration of two years exhibited R of 0.955 and RMSEC of 0.657. This feasibility study indicated that transmittance mode and interactance mode NIRS could be used to accurately determine total soluble solids (%brix) for intact longan (without destruction), meanwhile the result of transmittance mode was slightly better than Interactance mode because the light could pass through the sample.

**Keywords:** longan, near infrared spectroscopy, spectra

### บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาผลลำไยเกี่ยวกับการทำนายค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (%brix) ด้วยการใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น โดยการวัดตัวอย่างด้วยวิธีแสงสะท้อนกลับ (interactance mode) ในช่วงความยาวคลื่น 600-1100 นาโนเมตร และวิธีแสงทะลุผ่าน (transmittance mode) ในช่วงความยาวคลื่น 650-955 นาโนเมตร ตัวอย่างลำไย 310 ผล จากนั้นสร้างสมการทดสอบ (calibration) และสมการทำนาย (prediction) ด้วยวิธี Partial Least Squares Regression (PLSR) พบว่าลำไย มีสมการทดสอบและสมการทำนายค่า %brix สเปกตรัมวิธี 2<sup>nd</sup> Derivative วิธี transmittance mode มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ดีที่สุด และมีค่า RMSEC ต่ำที่สุด คือ ลำไย ปีที่ 1 (พ.ศ. 2551) ค่า R คือ 0.919, ปีที่ 2 (พ.ศ. 2552) มีค่า 0.956 และ RMSEC มีค่าต่ำที่สุด คือ ปีที่ 1 (พ.ศ. 2551) มีค่า 0.753 และปีที่ 2 (พ.ศ. 2552) มีค่า 0.506 และเมื่อนำสเปกตรัมปีที่ 1 และปีที่ 2 (พ.ศ. 2551-2552) มารวมกัน มีค่า R ดีที่สุด คือ 0.955 และมีค่า RMSEC ต่ำที่สุด คือ 0.657 จากผลที่ได้จะเห็นได้ว่าเทคนิคการใช้คลื่นสั้นย่านใกล้อินฟราเรดวิธีแสงทะลุผ่านและวิธีแสงสะท้อนกลับมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้โดยวิธีไม่ทำลายได้อย่างแม่นยำ แต่วิธีแสงทะลุผ่านค่อนข้างจะดีกว่าเพราะมีความเข้มแสงที่จะสามารถทะลุทะลวงได้ดี

**คำสำคัญ:** ลำไย, แสงย่านใกล้อินฟราเรด, สเปกตรัม

### บทนำ

ประเทศไทยเป็นประเทศที่อุดมสมบูรณ์ไปด้วยผลไม้เขตร้อนซึ่งจัดเป็นพืชเศรษฐกิจของประเทศอยู่หลายชนิด เป็นพืชที่ได้รับความนิยม ลำไย (longan) เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ (Family) ซาปีแดดเซีย (Sapedadceae) เป็นพืชไม้ผลเขตร้อนและกึ่งร้อน ลำต้นเจริญเต็มที่สูงประมาณ 10 - 12 เมตร ผลมีลักษณะกลม มีเปลือกบางสีน้ำตาลห่อหุ้ม เนื้อในผลมีสีขาวฉ่ำน้ำและอ่อนนุ่ม ส่วนในสุดเป็นเมล็ดขนาดใหญ่สีดำ พันธุ์ลำไยในประเทศไทยจำแนกออกตามลักษณะผลเนื้อเมล็ดและรสชาติ คือ ลำไยกะโหลก เป็นพันธุ์ลำไยที่ให้ผลขนาดใหญ่มีเนื้อหนารสหวานมีหลายสายพันธุ์แบ่งได้ 5 พวกได้แก่ พันธุ์ดอ พันธุ์บัวเขียว พันธุ์สีชมพู พันธุ์แห้ว ปัจจุบันเป็นที่นิยมบริโภคทั้งชาวไทยและต่างประเทศ เพราะคุณภาพดีและมีคู่แข่งน้อย นอกจากนี้ยังเป็นที่ต้องการของโรงงานอุตสาหกรรมการทำลำไยแห้งและลำไยกระป๋อง ผลิตผลลำไยทั้งประเทศ ปี 2548 ปริมาณ 716,731 ตัน และปี 2549 ปริมาณ 476,477 ตัน ปริมาณการส่งออกลำไยรวมทั้งหมด ปี 2548 ปริมาณ 241,876 ตัน 4,992 ล้านบาท และปี

<sup>1</sup> สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ใจตุ๊กกร กรุงเทพฯ 10900

<sup>1</sup> Kasetsart Agricultural and Agro-Industrial Product Improvement Institute, Kasetsart University, Chatuchak, Bangkok 10900

2549 ปริมาณ 209,380 ตัน 4,144 ล้านบาท ประเทศไทยส่งออกกล้วยไปต่างประเทศได้แก่ อินโดนีเซีย ฮองกง มาเลเซีย จีน ไต้หวัน แคนาดา เกาหลีใต้ และเนเธอร์แลนด์ ในหลายปีที่ผ่านมา เทคนิคการประเมินคุณภาพภายในของผลไม้ต่างๆ โดยวิธีไม่ทำลาย โดยใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้นมาใช้ประโยชน์อย่างมาก เช่น การหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลแคนตาลูป (Dull et al., 1989), การหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลส้ม (Kawano et al., 1993) และการหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้และน้ำหนักเนื้อแห้งในผลมะม่วง (Saranwong et al., 2001) ดังนั้นจึงเป็นเรื่องที่น่าสนใจสำหรับการนำเทคนิคการดูดกลืนพลังงานแสงย่านใกล้อินฟราเรดมาใช้เพื่อหาปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในผลกล้วยโดยวิธีไม่ทำลาย

วัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้วิธี NIRS ซึ่งเป็นวิธีไม่ทำลายตัวอย่างในการวิเคราะห์ค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ และเพื่อเปรียบเทียบการใช้วิธีแสงทะลุผ่าน (transmittance mode) และวิธีแสงสะท้อนกลับ (interactance mode)

**อุปกรณ์และวิธีการ**

นำตัวอย่างกล้วยพันธุ์เบ็ญเขียว มาทดลองที่หน่วยปฏิบัติการเทคโนโลยีการตรวจสอบสินค้าโดยวิธีไม่ทำลายตัวอย่าง เป็นระยะเวลา 2 ปี ตั้งแต่ปี พ.ศ. 2551-2552 โดยปีที่ 1 จำนวน 160 ผล และปีที่ 2 จำนวน 150 ผล รวมเป็นจำนวน 310 ผล นำตัวอย่างทั้งหมดมาทำการปรับอุณหภูมิก่อนการวัดด้วยการเก็บไว้ในห้องที่รักษาอุณหภูมิห้องที่ระดับ 25 องศาเซลเซียส ทั้งนี้เพื่อป้องกันผลกระทบอันเนื่องมาจากอุณหภูมิระหว่างการวัด จากนั้นทำการตรวจวัดผลกล้วยแต่ละตัวอย่างเพื่อให้ได้สเปกตรัม โดยทำการวัดตัวอย่างละ 2 จุด (90°) ของแต่ละผลด้วยเครื่องแสงย่านใกล้อินฟราเรดในช่วงคลื่นสั้น (Figure 1) เครื่องที่ใช้วัดดังกล่าวผลิตโดย SAIKA Technological Institute Foundation จากประเทศญี่ปุ่น เป็นชนิดแสงทะลุผ่าน ในช่วงความยาวคลื่น 665 ถึง 955 นาโนเมตร และวิธี เป็นชนิดแสงสะท้อนกลับ ในช่วงความยาวคลื่น 600 ถึง 1100 นาโนเมตร เมื่อทำการวัดเสร็จแล้วจึงนำผลตัวอย่างกล้วยแต่ละผลที่วัดค่าสเปกตรัมแล้ว มาผ่าคั้นน้ำออกเพื่อตรวจสอบปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ หรือค่าบริกซ์ (%Brix) จำนวน 3 ซ้ำ ของแต่ละผลโดยทันที หลังจากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์คำนวณค่าปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้หาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัม กับค่าทางเคมี ด้วยวิธี partial least square (PLS) จากโปรแกรม Unscrambler 9.8 เพื่อทดสอบสมการและทำนายความแม่นยำ

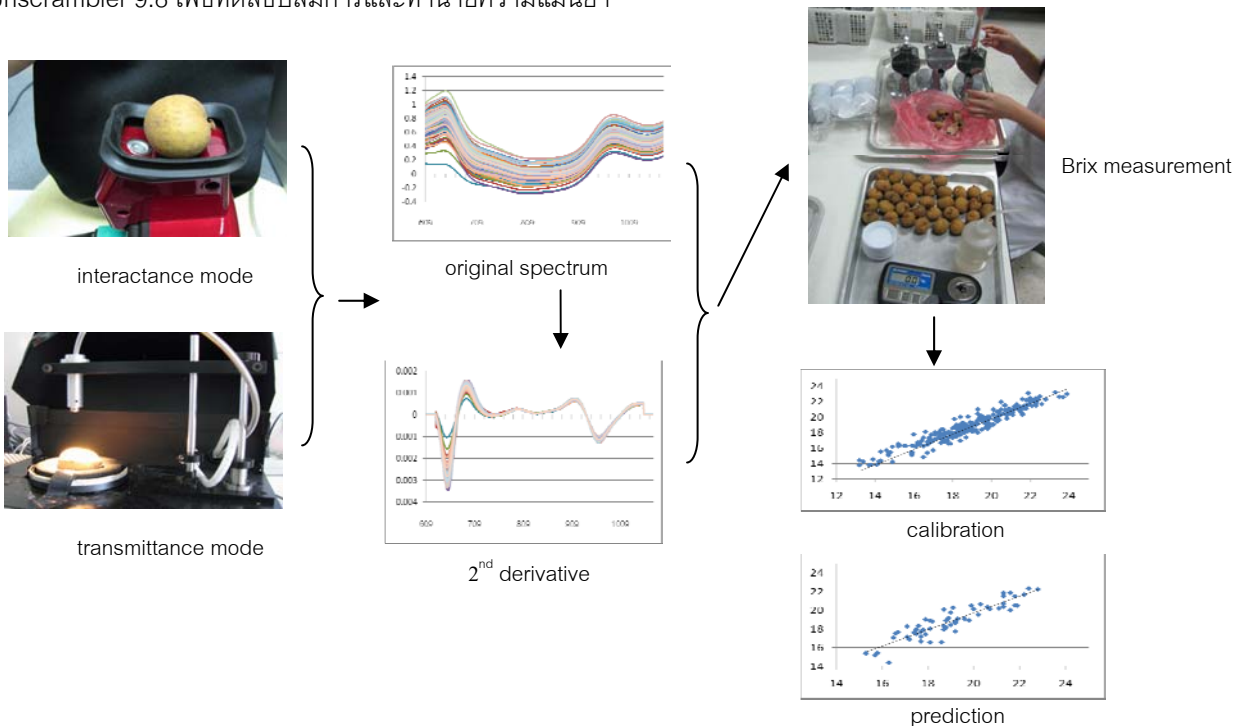


Figure 1 Procedures for experiment of longan

ขั้นตอนการทำ สมการตรวจสอบ (calibration) และสมการทำนาย (prediction)

จาก Table 1 แบ่งตัวอย่างกล้วยตามลักษณะสมการ โดยแบ่งออกเป็น 2 สมการ คือ calibration และ prediction ปีที่ 1 รวม 160 ตัวอย่าง แบ่งเป็น calibration 120 ตัวอย่าง และ prediction 40 ตัวอย่าง และปีที่ 2 รวม 150 ตัวอย่าง แบ่งเป็น calibration 120 ตัวอย่าง และ prediction 30 ตัวอย่าง และรวมทั้ง 2 ปี 310 ตัวอย่าง แบ่งเป็น calibration 248 ตัวอย่าง และ prediction 62 ตัวอย่าง โดยในแต่ละตัวอย่างมีค่าทางเคมีกระจายตัวตลอดช่วงและช่วงของค่าทางเคมีในกลุ่ม

calibration ครอบคลุมช่วงของกลุ่ม prediction ซึ่งจะได้ข้อมูลแสดงใน Table 1 เพื่อใช้ในการทดสอบสมการ หาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัม กับค่าทางเคมี ด้วยวิธี partial least square (PLS) จากโปรแกรม unscrambler 9.8 เพื่อทดสอบสมการและทำนายความแม่นยำ

**ผลการทดลอง**

จากการศึกษาเบื้องต้นตัวอย่างลำไยพันธุ์เขียว ในช่วงความยาวคลื่น 600-1100 นาโนเมตร ใช้วิธี interactance mode และในช่วงความยาวคลื่น 650-970 นาโนเมตร ใช้วิธี transmittance mode ได้สเปกตรัม original จากนั้นทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี 2<sup>nd</sup> derivative เพื่อเป็นการลดการ overlap ของสเปกตรัม และสามารถแยก peak ของช่วงคลื่นได้เด่นชัดมากขึ้น ซึ่งจะเห็นได้ว่ามี peak เกิดจากการดูดกลืนแสงสัมพันธ์กับการสั่นของโมเลกุลต่างๆ อย่างเด่นชัด (อนุพันธ์, 2545) จาก Figure 2 จะเห็นได้ว่ามี peak ช่วงคลื่นที่ 950 นาโนเมตร ชัดเจนที่สุดโดยมีลักษณะสเปกตรัมเกิดการสั่นสะท้อนของโมกุลของปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ (Kawano, 1993)

Table 1 Characteristics of calibration and prediction data sets of longan

| Years | Set         | Number | %Brix       | Mean | Std. dev. |
|-------|-------------|--------|-------------|------|-----------|
| 1     | Calibration | 120    | 14.3 – 23.9 | 20.1 | 1.9       |
|       | Prediction  | 40     | 15.9 – 22.3 | 20.0 | 1.6       |
| 2     | Calibration | 120    | 13.2 – 20.8 | 17.4 | 1.7       |
|       | Prediction  | 30     | 15.3 – 19.6 | 17.7 | 1.1       |
| 1+2   | Calibration | 248    | 13.2 - 23.9 | 18.8 | 2.2       |
|       | Prediction  | 62     | 15.3 - 22.8 | 18.9 | 1.8       |

เมื่อนำค่า %Brix และค่าการดูดกลืนแสงของสเปกตรัมมาทำการทดสอบสร้างสมการวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธี PLSR โดย cross validation โดยเปรียบเทียบสมการทดสอบ (calibration) และสมการทำนาย (prediction) ของสเปกตรัมวิธี 2<sup>nd</sup> derivative ด้วยวิธี interactance mode ในช่วงความยาวคลื่น 600-1100 นาโนเมตร และวิธี transmittance mode ในช่วงความยาวคลื่น 650-970 นาโนเมตร พบว่าสมการทดสอบตัวอย่างลำไยด้วยวิธี transmittance mode มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่สูงกว่า วิธี interactance mode ทั้งปีที่ 1 และปีที่ 2 ดังนี้ ได้แก่ ปีที่ 1 มีค่า 0.919 และ 0.820 และปีที่ 2 มีค่า 0.956 และ 0.847 ตามลำดับ และวิธี transmittance mode มีค่า RMSEC/RMSEP ที่ต่ำกว่า วิธี interactance mode คือ ปีที่ 1 มีค่า 0.753 และ 1.094 และปีที่ 2 มีค่า 0.506 และ 0.920 ตามลำดับ (Table 2)

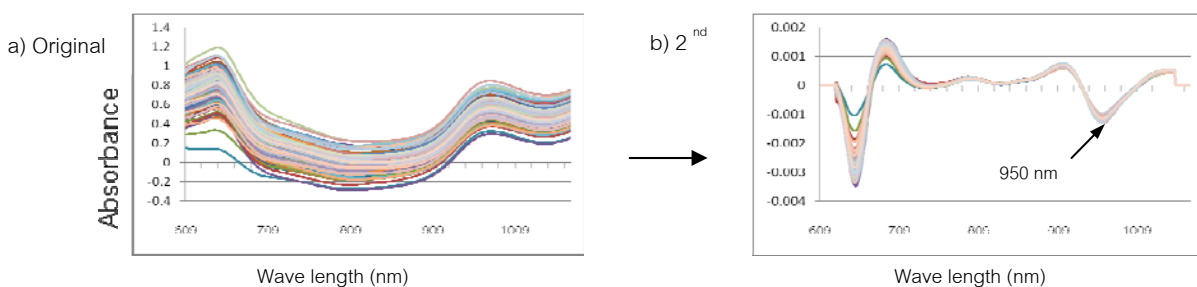


Figure 2 Original spectra (a) and 2<sup>nd</sup> derivative spectra (b)

จาก Table 2 เมื่อนำค่า %Brix และการดูดกลืนแสงของสเปกตรัมของลำไยรวมทั้ง 2 ปี มาทำการทดสอบสร้างสมการวิเคราะห์ในทางสถิติด้วยวิธี PLSR โดย cross validation โดยเปรียบเทียบสมการทดสอบ (calibration) และสมการทำนาย (prediction) ของสเปกตรัมวิธี 2<sup>nd</sup> derivative ด้วยวิธี interactance mode ในช่วงความยาวคลื่น 600-1100 นาโนเมตร และวิธี transmittance mode ในช่วงความยาวคลื่น 650-970 นาโนเมตร พบว่าสมการทดสอบและสมการทำนายของวิธี transmittance mode มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่สูงกว่า วิธี interactance mode คือ 0.955 และ 0.910 ตามลำดับ และมีค่า RMSEC/RMSEP ที่ต่ำกว่า คือ 0.657 และ 0.789 ตามลำดับ

การรวมค่าการดูดกลืนของสเปกตรัมทั้ง 2 ปี ของลำไย (Table 2) จะเห็นว่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) มีค่าที่สูง และ RMSEC/RMSEP มีค่าที่ต่ำ ทั้งวิธี transmittance mode และวิธี interactance mode โดยเฉพาะวิธี transmittance mode จะ

มีค่าที่ดีกว่า (ในจำนวน F ที่เท่ากัน) ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงความแม่นยำในการทำนายได้ชัดเจนในระยะเวลาทั้ง 2 ปี ที่ผ่านมา จาก Figure 3 เมื่อนำค่า %Brix และสเปกตรัมมาคำนวณด้วยวิธี partial least square (PLS) จากโปรแกรม unscrambler 9.8 แล้วเขียนกราฟแสดงความสัมพันธ์ของ %Brix ระหว่าง NIRS กับ prediction ของลำไย รวม 2 ปี สเปกตรัมวิธี 2<sup>nd</sup> derivative ซึ่งมีทิศทางเป็นเส้นตรงไปในแนวเดียวกันและบ่งบอกถึงความความแม่นยำสูงในการทำนาย

Table 2 Regression statistics of the partial least squares model from 2<sup>nd</sup> derivative

| Year                       | Type          | Model       | F | R     | SEC/SEP | Bias                   | RMSEC/RMSEP |
|----------------------------|---------------|-------------|---|-------|---------|------------------------|-------------|
| First year                 | Interactance  | Calibration | 7 | 0.820 | 1.098   | $1.90 \times 10^{-7}$  | 1.094       |
|                            |               | Prediction  | 7 | 0.740 | 1.118   | -0.022                 | 1.105       |
|                            | Transmittance | Calibration | 7 | 0.919 | 0.757   | $9.29 \times 10^{-7}$  | 0.753       |
|                            |               | Prediction  | 7 | 0.779 | 1.075   | -0.125                 | 1.067       |
| Second year                | Interactance  | Calibration | 7 | 0.847 | 0.924   | $8.84 \times 10^{-7}$  | 0.920       |
|                            |               | Prediction  | 7 | 0.792 | 0.819   | 0.168                  | 0.825       |
|                            | Transmittance | Calibration | 9 | 0.956 | 0.508   | $-4.52 \times 10^{-7}$ | 0.506       |
|                            |               | Prediction  | 9 | 0.807 | 0.715   | 0.060                  | 0.706       |
| First year and second year | Interactance  | Calibration | 9 | 0.839 | 1.204   | $-2.00 \times 10^{-7}$ | 1.201       |
|                            |               | Prediction  | 9 | 0.800 | 1.146   | -0.236                 | 1.161       |
|                            | Transmittance | Calibration | 9 | 0.955 | 0.658   | $1.30 \times 10^{-6}$  | 0.657       |
|                            |               | Prediction  | 9 | 0.910 | 0.775   | -0.179                 | 0.789       |

Remark F = factors, R = correlation coefficient

RMSEC = root mean square error of calibration, RMSEP = root mean square error of prediction

Bias = difference between an estimator's expectation and the true value of the parameter being estimated

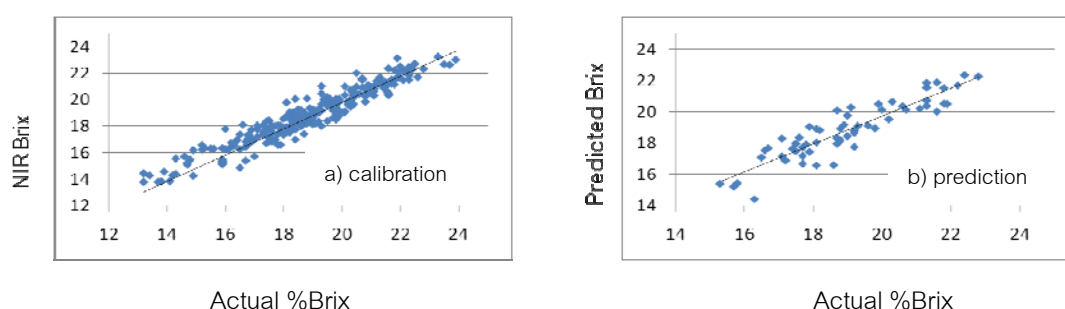


Figure 3 Scatter plots of soluble solids content (SSC) using PLS model from original spectra for calibration set samples (a) and prediction set samples (b)

### สรุป

จากการศึกษาสมการทดสอบและสมการทำนาย จะเห็นได้ว่าเทคนิคการใช้คลื่นสั้นย่านใกล้อินฟราเรดวิธีแสงทะลุผ่านและวิธีแสงสะท้อนกลับมีความเป็นไปได้ที่จะนำมาใช้ในการทำนายได้อย่างแม่นยำ แต่วิธีแสงทะลุผ่านจะดีกว่าเล็กน้อย เพื่อ เป็นข้อมูลเบื้องต้นสำหรับเกษตรกรหรือภาคอุตสาหกรรมที่จะนำไปใช้ประโยชน์ในอนาคต และควรเลือกใช้งานเครื่องมือและวิธีการทำงานให้เหมาะสมกับตัวอย่าง

### คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันวิจัยและพัฒนาแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่สนับสนุนทุนวิจัยให้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

### เอกสารอ้างอิง

- อนุพันธ์ เทอดวงศศิริกุล. 2545. การปรับแต่งสเปกตรัมก่อนการวิเคราะห์. การอบรมเชิงปฏิบัติการการควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค NIRS เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. 27-28 พฤศจิกายน 2545. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตภัณฑ์เกษตร. ม. เกษตรศาสตร์. น. 67-98.
- Dull, G.G, G.S. Birth, D.A. Smittle and R.G. Leffler. 1989. Near infrared analysis of soluble solids intact cantaloupe. *J. of Food Science* Vol. 54(2) : 393-395.
- Kawano, S., T. Fujiwara and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in satsuma mandarin using NIR transmittance. *J. Jpn. Soc. Hort. Sci.* 62: 465-470.
- Saranwong, S., J. Sornsrivichai and S.Kawano. 2001. Improvement of PLS calibration for Brix value and dry matter of mango using information from MLR calibration. *J. Near Infrared Spectrosc.* 9: 287-295.