

## การประเมินปริมาณน้ำมันของผลปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด (NIR) Oil Content Evaluation in Oil Palm Fruits by Near Infrared Technique

รณฤทธิ์ ฤทธิธรณ<sup>1</sup>, สุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา<sup>1</sup>, ปวีณา เอี่ยมเอม<sup>1</sup>, มณีรัตน์ วงศ์จันทร์<sup>1</sup> และภรรยาณ นิจจรกุล<sup>1</sup>  
Ronnarit Rittiron<sup>1</sup>, Sureeporn Narongwongwattana<sup>1</sup>, Paveena Eimaim<sup>1</sup>, Maneerat Wongjun<sup>1</sup> and Parawan Nijjarunkul<sup>1</sup>

### Abstract

Oil palm is an important industrial crop which is cultivated in the southern region of Thailand. Oil palm can be utilized as a starting material in various industries. Nowadays, to specify the internal quality of oil palm fruits for trading, the oil content is estimated principally by visual method and touching of the palm kernels by the examiners. The results can be affected by environmental factors and the personal expertise of the examiner (trader). In a breeding program for quality improvement of palms, plants are cultivated and selected from generation to generation until the desired quality is achieved. As the oil content is not visualized and cannot be determined nondestructively, a lot of oil palm kernels must be grown to facilitate the screening procedure. Consequently, a huge cultivated area and massive amount of labor must be spent. Therefore, the oil content evaluation in oil palm fruits by nondestructive method like near infrared spectroscopy (NIRS) was developed by using the relation of the internal quality as the oil content of oil palm fruits with the near infrared absorbance. The absorbance was measured by a portable NIR spectrometer (FQA-NIRGUN) and FT-NIR spectrometer (MPA) in reflection mode for development of oil content calibration equation. From the results, the calibration equation developed from the portable NIR spectrometer at the wavelength region of 700–1,100 nm was sufficiently accurate to determine %oil content with a correlation coefficient (R) of 0.95, standard error of calibration (SEC) = 3.75%, standard error of prediction (SEP) = 3.88%, and average error (bias) = 0.008% with ratio of the SEP to the standard deviation (RPD) = 3.14. The calibration equation developed from the FT-NIR spectrometer at the wavelength region of 1,200-2,500 nm was also sufficiently accurate in the same level to determine %oil content with an R of 0.97, root mean squares error of estimation (RMSEE) = 3.23%, root mean squares error of prediction (RMSEP) = 4.10% and average error (bias) = 0.20% with RPD = 4.02.

**Keywords:** oil palm, near infrared, oil content

### บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญนิยมปลูกมากในพื้นที่ภาคใต้ของไทย ซึ่งปาล์มน้ำมันสามารถนำไปใช้ประโยชน์เป็นสารตั้งต้นของอุตสาหกรรมได้หลากหลาย แต่การประเมินปริมาณน้ำมันในผลปาล์มสดเพื่อการรับซื้อนั้น ในปัจจุบันใช้แรงงานคนในการระบุปริมาณน้ำมันของปาล์มในหลาย เพื่อรับซื้อตามราคาที่กำหนดไว้ในแต่ละวัน ซึ่งอาจไม่มีความแม่นยำมากพอเนื่องจากอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลต่อการตัดสินใจของผู้ปฏิบัติงาน นอกจากนี้ในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันนั้นเป็นการสุ่มตัวแทนผลปาล์มของทะเลาะมาสกัดหาปริมาณน้ำมัน แม้ว่าวิธีที่กล่าวมาจะมีความแม่นยำแต่กลับต้องใช้สารเคมีในการสกัดจำนวนมาก และเป็นวิธีแบบทำลายทำให้ผลปาล์มที่ถูกนำไปวิเคราะห์ไม่สามารถนำไปเพาะพันธุ์ต่อไปได้ ทำให้ต้องใช้ตัวแทนผลปาล์มจำนวนมาก พื้นที่ในการเพาะเพื่อคัดเลือกต้นที่มีปริมาณน้ำมันสูงและค่าใช้จ่ายสูงตามไปด้วย ดังนั้นการวิเคราะห์คุณภาพแบบไม่ทำลายด้วยเทคนิค NIR ถูกสร้างขึ้นโดยสร้างสมการเทียบมาตรฐานความสัมพันธ์ปริมาณน้ำมันภายในผลกับการดูดกลืนพลังงานย่านใกล้อินฟราเรดที่วัดจากเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา (FQA-NIRGUN) และเครื่อง FT-NIR spectrometer (MPA) โดยใช้การวัดระบบสะท้อนกลับ สมการเทียบมาตรฐานที่ได้จากเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา ที่ช่วงความยาวคลื่น 700 – 1,100 nm สามารถทำนายปริมาณน้ำมันอย่างแม่นยำ ด้วยค่า correlation coefficient (R) = 0.95, standard error of calibration (SEC) = 3.75%, standard error of prediction (SEP)

<sup>1</sup> ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม 73140

<sup>1</sup> Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

= 3.88% และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) = 0.008% โดยมีค่า ratio of the SEP to the standard deviation (RPD) เท่ากับ 3.14 ส่วนสมการที่ได้จากเครื่อง FT-NIR spectrometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 1,200 – 2,500 nm สามารถทำนายปริมาณน้ำมันได้อย่างแม่นยำเช่นกัน ด้วยค่า R = 0.97, root mean squares error of estimation (RMSEE) 3.23%, root mean squares error of prediction (RMSEP) 4.10% และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) = 0.20% โดย RPD เท่ากับ 4.02

**คำสำคัญ :** ปาล์มน้ำมัน, อินฟราเรดย่านใกล้, ปริมาณน้ำมัน

### คำนำ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญ ในประเทศไทยนิยมปลูกปาล์มน้ำมันในพื้นที่ภาคใต้จนกลายเป็นแหล่งเพาะปลูกที่สำคัญ ในปัจจุบันจะใช้สายตาและการสัมผัสของเจ้าหน้าที่ประจำโรงงานในการระบุว่าผลปาล์มน้ำมันมีปริมาณน้ำมันในภาพรวมเท่ากับที่เปอร์เซ็นต์แล้วจึงรับซื้อตามราคาที่ตั้งไว้ในแต่ละวัน ซึ่งวิธีการดังกล่าวอาจได้รับอิทธิพลภายนอกที่ส่งผลกระทบต่อตัดสินใจของผู้ประเมิน สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรได้รายงานปริมาณการผลิตปาล์มน้ำมันภายในประเทศ ปี 2552 มีปริมาณ 9.4 ล้านตันต่อปี ซึ่งหากคิดผลต่างราคาระหว่างเกรด (13%, 15% และ 17%) โดยเฉลี่ย 0.50 บาท/กก. และผู้ตรวจสอบประเมินปริมาณน้ำมันในปาล์มน้ำมันผิดพลาดไปหนึ่งระดับเกรด (2%) ของปริมาณปาล์มน้ำมันที่ผลิตทั้งประเทศ จะทำให้เกิดการสูญเสียผลประโยชน์ต่อเกษตรกร หรือผู้ประกอบการเองถึง 4.6 พันล้านบาทต่อปี นอกจากนี้ในการปรับปรุงพันธุ์ปาล์มน้ำมันนั้นเป็นการสุ่มตัวแทนผลปาล์มของทะเลาะมาสกัดหาปริมาณน้ำมัน แม้ว่าวิธีที่กล่าวมาจะมีความแม่นยำแต่กลับต้องใช้สารเคมีในการสกัดจำนวนมาก และเป็นวิธีแบบทำลายทำให้ผลปาล์มที่ถูกนำไปวิเคราะห์ไม่สามารถนำไปเพาะพันธุ์ต่อไปได้ ทำให้ต้องใช้ตัวแทนผลปาล์มและพื้นที่เพาะปลูกจำนวนมาก เพื่อคัดเลือกต้นที่มีปริมาณน้ำมันสูง

เทคนิค near infrared spectroscopy (NIRS) เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายวิธีหนึ่งที่สามารถทำนายค่าทางเคมีได้อย่างรวดเร็ว สามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการหาคุณภาพของน้ำมันปาล์ม เช่น ปริมาณกรดไขมันอิสระ (Che-Man *et al.*, 1999) ปริมาณ peroxide และ acid value (Weantong *et al.*, 2004) เป็นต้น ซึ่งยังไม่มีรายงานการนำเทคนิคนี้ไปใช้ในผลปาล์มสด ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการที่จะสร้างระบบการประเมินปริมาณน้ำมันของผลปาล์มสดด้วยเทคนิค NIR สำหรับการรับซื้อผลปาล์มสด และการคัดเลือกเมล็ดสำหรับการปรับปรุงพันธุ์

### อุปกรณ์และวิธีการ

#### ทะเลาะปาล์มน้ำมัน

สุ่มผลปาล์มจากทะเลาะปาล์มพันธุ์เทเนอว่าจากโรงงานชุมนุมพรอุตสาหกรรมน้ำมันปาล์มในเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2552 โดยดึงผลปาล์มออกจากทะเลาะปาล์มจากชั้นนอกและชั้นใน รวมทั้งหมดประมาณ 15 ผลต่อทะเลาะ รวมเป็น 200 ผลปาล์ม

#### การวัดสเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมัน

วัดสเปกตรัมผลปาล์มน้ำมันโดยเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา รุ่น FQA-NIRGUN (FANTEC, Japan) ในช่วงคลื่นสั้น ความยาวคลื่น 700-1100 nm (Integration time 1000 ms) ดัง Figure 1(a) โดยใช้ผ้าดำปิดขณะวัดสเปกตรัม และวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer รุ่น MPA (Bruker Optics, Germany) ในช่วงคลื่นยาว ความยาวคลื่น 1100 - 2500 nm (resolution 16 cm<sup>-1</sup>, scan time 32s) โดยวางผลปาล์มน้ำมันสดที่บนกึ่งกลางหน้าต่าง (window) ที่ติดตั้งแผ่นฟองน้ำกลมสีดาร์กบวลงแหวนสำหรับรองรับตัวอย่างดัง Figure 1(b)

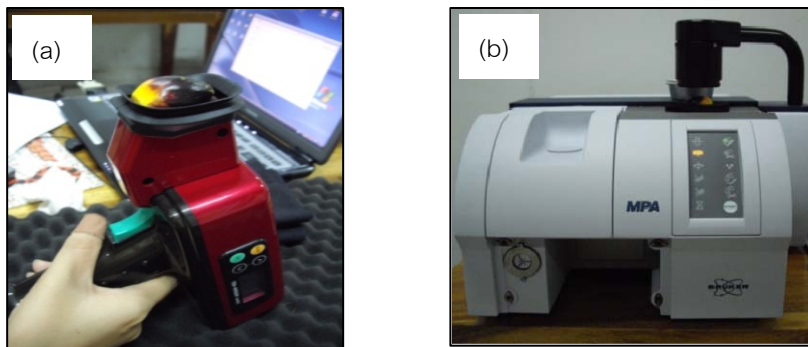


Figure 1 Spectrum measurement of oil palm kernel by (a) FQA-NIRGUN and (b) MPA

**การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างสมการเทียบมาตรฐาน**

หลังจากวัดสเปกตรัม ผลปาล์มทุกผลจะถูกสกัดโดยใช้ petroleum ether เป็นตัวทำละลายด้วยเครื่องสกัดน้ำมัน เป็นเวลา 9 ชั่วโมง จากนั้นนำข้อมูลสเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมันและปริมาณน้ำมันที่ได้มาสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (multiple linear regression, MLR) โดยอาศัยโปรแกรม CA Maker และวิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least square regression, PLS) ด้วยโปรแกรม OPUS

**ผล**

**1. สเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมัน**

สเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมันที่วัดด้วยเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา เกิดการยกตัวสูงขึ้น ในขณะที่สเปกตรัมของผลปาล์มที่วัดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer เกิดปรากฏการณ์กระเจิงของแสง เนื่องจากความหนาแน่นเนื้อของผลปาล์มที่แตกต่างกัน ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแต่งสเปกตรัมเบื้องต้นก่อนการสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อลดอิทธิพลที่เกิดขึ้น

**2. สมการเทียบมาตรฐานปริมาณน้ำมัน**

สำหรับเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา จากการทดสอบการปรับแต่งสเปกตรัมเบื้องต้นพบว่า การปรับแต่งด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับสอง ในช่วงความยาวคลื่น 800-950 nm ให้ผลการสร้างสมการที่ดีที่สุด ในขณะที่เครื่อง FT-NIR spectrometer พบว่า การปรับแต่งด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับหนึ่ง ในช่วงความยาวคลื่น 1200-1335 nm, 1640-1840 nm, และ 2170-2350 nm ให้ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานดีที่สุด ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม calibration set ใช้สำหรับสร้างสมการ และกลุ่ม validation set ใช้สำหรับการทดสอบความแม่นยำของสมการ ผลการสร้างและทดสอบสมการเทียบมาตรฐานปริมาณน้ำมันแสดงดัง scatter plots (Figure 2)

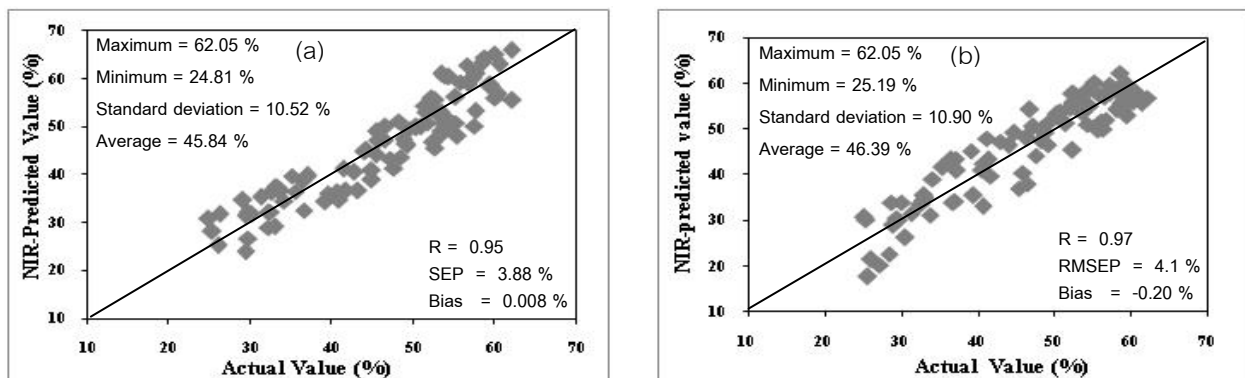


Figure 2 Scatter plots of calibration results in validation set developed by (a) FQA-NIRGUN and (b) MPA

จากรูป scatter plots แสดงถึงการเปรียบเทียบค่าที่ทำนายและค่าจริงของปริมาณน้ำมันใน validation set จะเห็นว่าค่าทำนายปริมาณน้ำมันอยู่ใกล้เส้นทแยงมุม (target line) บ่งบอกถึงการทำนายได้อย่างถูกต้อง โดยมีค่า correlation coefficient (R) = 0.95, standard error of calibration (SEC) = 3.75 %, standard error of prediction (SEP) = 3.88 %, ratio of the SEP to the standard deviation (RPD) = 3.14 และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (bias) 0.008 % สำหรับเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา และ R = 0.97%, root mean squares error of estimation (RMSEE) = 3.23 %, root mean squares error of prediction (RMSEP) = 4.1%, RPD = 4.02 และ bias -0.20% สำหรับเครื่อง FT-NIR spectrometer

**วิจารณ์**

ผลการทดสอบ paired t -test ของสมการเทียบมาตรฐานที่สร้างจากทั้งสองเครื่อง พบว่าค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ทำนายด้วยวิธี NIR ไม่แตกต่างจากค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันจริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมีสมการทำนายเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่สร้างด้วยวิธี MLR จากเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา แสดงดังสมการที่ 1 ด้านล่าง สำหรับสมการเทียบมาตรฐานที่สร้างด้วยวิธี PLS จากเครื่อง FT-NIR spectrometer จะสามารถแสดง regression coefficient plot ของสมการที่พัฒนา (Figure 3)

$$\% \text{ Oil} = 34.9791 - 443.0337A_{830} + 909.1058A_{862} - 288.5267A_{878} - 526.2871A_{910} \tag{1}$$

โดย  $A_x$  คือ อนุพันธ์อันดับสองของการดูดกลืนที่ความยาวคลื่น x nm

จากสมการ MLR จะสังเกตเห็นตัวแปรที่มีอิทธิพลและความสำคัญกับน้ำมันอยู่ที่ 910 nm ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนน้ำมันของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่วัดด้วยเครื่อง NIR spectrometer แบบพกพา ซึ่งมีตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำมันที่ 910 และ 1030 nm (Figure 4a) และจาก regression coefficient plot โดยสังเกตเห็นความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อสมการที่ตำแหน่ง ความยาวคลื่น 1725 nm, 1765 nm, 2310 nm และ 2350 nm ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่วัดด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer (Figure 4b)

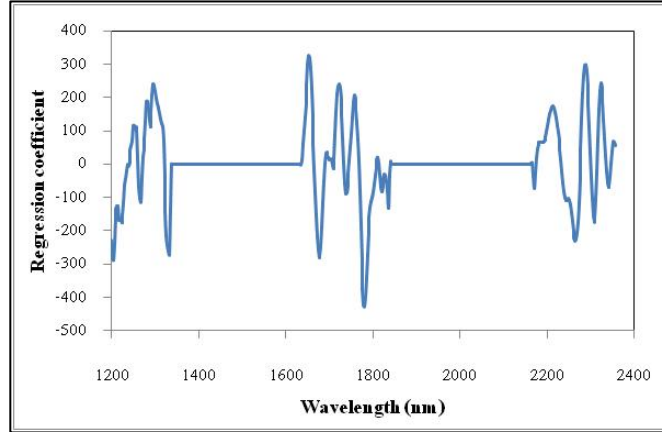


Figure 3 Regression coefficient plot of PLS calibration equation for oil content determination

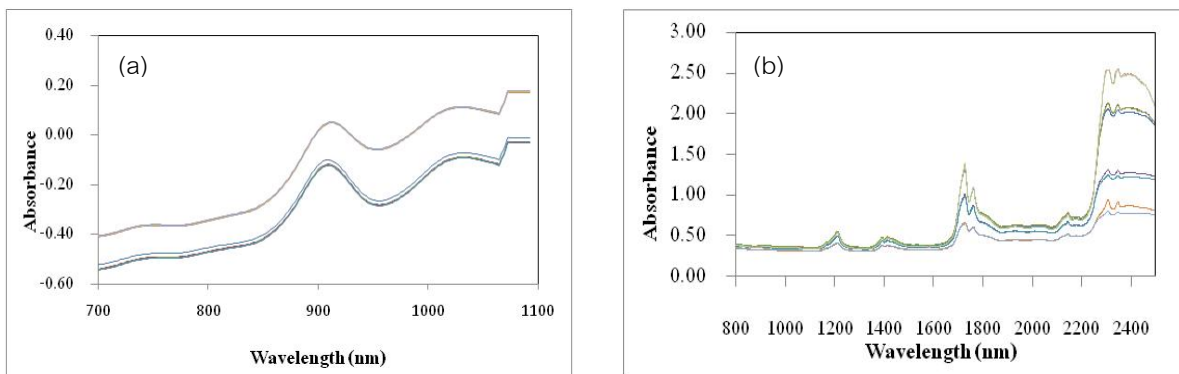


Figure 4 Original spectrum of pure palm oil measured by (a) FQA-NIRGUN and (b) MPA

### สรุปผลการทดลอง

สมการเทียบมาตรฐานทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์มน้ำมันที่สร้างขึ้น มีความแม่นยำเทียบเท่ากับการวิเคราะห์ทางเคมีแบบดั้งเดิม ซึ่งสามารถใช้ในการกำหนดราคาซื้อขายของปาล์มน้ำมัน และคัดเลือกเมล็ดเพื่อใช้ในการปรับปรุงพันธุ์ได้

### คำขอบคุณ

ผลการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม ภายใต้โครงการนี้ได้รับการสนับสนุนจากเงินทุนอุดหนุนโครงการวิจัยพัฒนาและวิศวกรรม จากสำนักงานพัฒนาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแห่งชาติ และโครงการศูนย์ความเป็นเลิศทางวิชาการ สถาบันวิจัยและพัฒนา กำแพงแสนมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

### เอกสารอ้างอิง

- Che-Man, Y.B., M.H. Moh and F.R. van de Voort. 1999. Determination of free fatty acids in crude palm oil and refined-bleached-deodorized palm olein using fourier transform infrared spectroscopy. *Journal of the American Oil Chemists' Society* 76(4): 485-490.
- Weantong, S., T. Suwansichon, W. Thanapase and A. Terdwongworakul. 2004. Determination of peroxide value (PV) and acid value (AV) in Palm oil by near-infrared spectroscopy. *Japan-Thailand Joint Symposium on Nondestructive Evaluation Technology*. Bangkok, Thailand. p.256-257.