Agricultural Sci. J. 43 : 3 (Suppl.) : 127-130 (2012) ว. วิทย. กษ. 43 : 3 (พิเศษ) : 127-130 (2555)

การสร้างเครื่อง Diode Array NIR Spectrometer สำหรับวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและความชื้นในผลปาล์ม

Development of Diode Array Near Infrared (NIR) Spectrometer for Determination of Oil and Moisture Content in Oil Palm Fruit

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[1,2] ดุสิต ธนเพทาย[3] สุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา[1] พันธิภา สีดาว[1] เพ็ญพิไล เพ็ญธิสาร[1] และ วิไลภรณ์ โห้งวสกุล[1]

Ronnarit Rittiron[1,2], Dusit Thanapatay[3], Sureeporn Narongwongwattana[1], Punthipa Sridaw[1], Penpilai Penthisan[1] and Wilaiporn Ngowsakul[1]

Abstract

Oil Palm is an important economic crop. In trading system, nowadays, selling prices paid to the farmers depends principally on the oil content inside the palm. However, an examiner estimates the oil content by naked eyes and touching. But the decision of the examiner can probably makes the farmers and entrepreneur in partiality position. This research constructed a rapid and nondestructive analyser for determination of oil and moisture content in oil palm fruit. The analyser was based on a Near Infrared (NIR) spectrometer and designed on wavelength selection of diode array in the wavelength region of 627-1060 nm attached with fiber optics probe, which is able to measure directly spectrum of palm fruit in a palm cluster. The developed analyser could predict the contents without significant difference between actual and NIR predicted values at 95% confidence level with correlation coefficient (R) 0.90, standard error prediction (SEP) 3.32%wb and Bias 0.24%wb for oil content and R = 0.93, SEP = 2.14%wb and Bias = 0.16%wb for moisture content.

Keywords: Diode array NIR spectrometer, oil content, moisture content

บทคัดย่อ

ปาล์มน้ำมันเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของไทย ในปัจจุบันการซื้อขายจะใช้ปริมาณน้ำมันเป็นเกณฑ์ในการกำหนดราคา แต่ในทางปฏิบัติจะใช้สายตาและการสัมผัสจากผู้ที่มีความชำนาญในการประเมินคุณภาพ ซึ่งอาจไม่มีความแม่นยำมากพอ และอาจก่อให้เกิดความไม่เป็นธรรมต่อผู้ประกอบการและเกษตรกร งานวิจัยนี้ได้สร้างเครื่องวิเคราะห์ปริมาณน้ำมันและความชื้นในผลปาล์มอย่างรวดเร็ว โดยการสร้างและพัฒนาเครื่อง NIR spectrometer แบบ Diode Array ที่มีความยาวคลื่นช่วง 627-1060 nm มีหัววัดแบบ fiber optic เพื่อที่จะสามารถวัดสเปกตรัมของผลปาล์มในทลายปาล์มได้โดยตรง พบว่าเครื่องที่สร้างขึ้น สามารถทำนายปริมาณน้ำมันได้ไม่แตกต่างจากค่าจริงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยค่า correlation coefficient (R) 0.90, standard error prediction (SEP) 3.32%wb และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) = 0.24%wb และสามารถทำนายปริมาณความชื้น ได้ไม่แตกต่างจากค่าจริงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% เช่นกัน ด้วยค่า correlation coefficient (R) = 0.93, standard error prediction (SEP) = 2.14%wb และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) = 0.16%wb

คำสำคัญ: เครื่อง Diode array NIR spectrometer ปริมาณน้ำมัน ปริมาณความชื้น

คำนำ

ปัจจุบันการซื้อขายปาล์มน้ำมัน ใช้ปริมาณน้ำมันเป็นเกณฑ์ในกำหนดราคา โดยใช้สายตาและการสัมผัสของผู้ชำนาญการในการประเมินปริมาณน้ำมัน ซึ่งอาจเกิดความผิดพลาดและไม่เป็นธรรมแก่ผู้ประกอบการและเกษตรกร ต่อมา รณฤทธิ์ และคณะ (2553) จึงได้นำ Near Infrared (NIR) Spectrometer แบบพกพารุ่น FQA- NIR GUN (FANTEC, Japan) มาใช้ในการประเมินปริมาณน้ำมันในผลปาล์ม ซึ่งเป็นวิธีการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายตัวอย่าง โดยอาศัยเทคนิค NIR Spectroscopy ในการวิเคราะห์ตรวจวัดปริมาณแสงที่ตัวอย่างดูดกลืนในช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ ความยาวคลื่น 700 – 1100 นาโนเมตร ซึ่งได้ผลค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันที่ทำนายด้วยวิธี NIR ไม่แตกต่างจากค่าเปอร์เซ็นต์น้ำมันจริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ

[1]ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม 73140
[1]Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ 10400
[2]Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
[3] ภาควิชาวิศวกรรมไฟฟ้า คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพ 10900
[3]Department of Electrical Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University, Bangkok 10900

ความเชื่อมั่น 95% แต่เนื่องจากเครื่องดังกล่าวมีราคาที่ค่อนข้างสูงมาก จึงได้มีการสร้างและพัฒนาเครื่อง Diode Array NIR Spectrometer แบบใหม่ที่มีราคาถูกกว่าเครื่อง NIR ที่มีจำหน่ายในปัจจุบัน

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้าง และทดสอบประสิทธิภาพของเครื่อง LED based NIR spectrometer รวมทั้งสร้างสมการเทียบมาตรฐานในการวัดปริมาณความชื้นปริมาณน้ำมันในผลปาล์มด้วยเครื่องที่สร้างขึ้น เพื่อที่ผู้ประกอบการขนาดกลางและเล็กสามารถนำไปใช้งานได้อย่างแพร่หลาย

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

ตัวอย่างผลปาล์มน้ำมันจำนวน 240 ผล สุ่มจากทะลายปาล์มที่เก็บเกี่ยวจากสวนเกษตรกรในจังหวัดกาญจนบุรี โดยสุ่มจากบริเวณขั้ว กลาง และปลายของทะลาย บริเวณละ 10 ผลจากทะลายปาล์มน้ำมันทั้งหมด 8 ทะลาย ซึ่งแต่ละทะลายมีความสุกไม่เท่ากัน คือ สุกไม่เต็มที่ สุกเต็มที่ และสุกเกินไป

วิธีการ

1. **การวัดสเปกตรัมของผลปาล์มน้ำมัน**

วัดสเปกตรัมของผลปาล์มด้วยเครื่อง Diode Array NIR Spectrometer (Figure 1) ที่สร้างขึ้น ซึ่งมีส่วนประกอบที่สำคัญอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 627 – 1060 nm ซึ่งเป็นระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (Reflectrance) และเพื่อให้เหมาะสมต่อการนำไปใช้ในการประเมินปริมาณน้ำมันในผลปาล์มในทะลายปาล์มโดยตรง จึงเลือกใช้ Fiber Optic Probe (Figure 2) ซึ่งมีหัวโพรบทั้งหมด 3 หัว โดยหมายเลข 1 ต่อเข้ากับแหล่งกำเนิดแสง หมายเลข 2 ต่อเข้ากับ Detector และหมายเลข 3 ใช้สำหรับวัดสเปกตรัมของผลปาล์ม และเนื่องจากเครื่อง Diode Array NIR Spectrometer เป็นเครื่องที่พัฒนาขึ้นมาใหม่จึงต้องเลือกวัสดุอ้างอิงที่เหมาะสมเพื่อให้ได้สมการเทียบมาตรฐานที่ดีที่สุด โดยใช้วัสดุอ้างอิงขนาดกว้าง 4 เซนติเมตร ยาว 6 เซนติเมตร ทั้งหมด 4 แบบ ได้แก่ เทฟลอน และเซรามิกส์ หนา 1 มิลลิเมตร, 6 มิลลิเมตร และ 10 มิลลิเมตร

2. **การวิเคราะห์ค่าทางเคมี**

เฉือนเนื้อปาล์มชั้นนอกในตำแหน่งที่วัดสเปคตรัมแล้ว นำไปอบด้วยตู้อบลมร้อนที่ 65 °C นาน 24 ชั่วโมง เพื่อนำค่าผลต่างน้ำหนักมาคำนวณหาปริมาณความชื้น จากนั้นบดเนื้อปาล์มให้ละเอียด บรรจุในกระดาษกรอง ประมาณ 2.5 g แล้ววิเคราะห์ปริมาณน้ำมันด้วยเครื่องสกัดน้ำมัน เป็นเวลา 10 ชั่วโมงโดยใช้ขั้นตอน Boiling 5 ชั่วโมง, Washing 2 ชั่วโมง และ Evaporation 3 ชั่วโมง

3. **การสร้างสมการเทียบมาตรฐาน**

สร้างความสัมพันธ์ระหว่างการดูดกลืนพลังงานย่าน Near infrared (NIR) กับปริมาณน้ำมันและปริมาณความชื้นด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLS) โดยอาศัยโปรแกรม Uncrambler

Figure 1 Developed Diode Array NIR Spectrometer

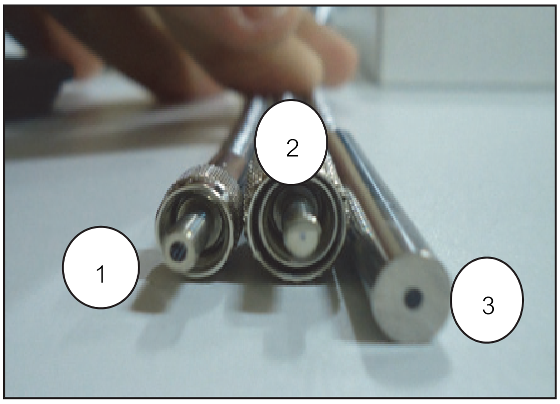

Figure 2 Fiber Optic Probe used for spectral acquisition of palm fruit in cluster

ผล

ผลการวัดสเปกตรัมของวัสดุอ้างอิงต่างๆ โดยใช้เครื่อง Diode Array NIR Spectrometer ที่สร้างขึ้น แสดงดัง Figure 3 พบว่าเส้นสเปกตรัมที่ได้จากวัสดุอ้างอิงทั้ง 4 แบบ มีลักษณะที่คล้ายกัน สังเกตเห็นการเหลื่อมชั้นกันเป็นแถบ และมีสัญญาณรบกวน (noise) จึงต้องทำการปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อลดอิทธิพลดังกล่าว ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความแน่นเนื้อด้วยวิธี Savitzky-Golay (number of smoothing points = 11) โดยใช้โปรแกรม Unscrambler และจากการทดลองสร้างสมการเทียบมาตรฐานเบื้องต้น พบว่าวัสดุอ้างอิงที่เป็นเทฟลอนจะให้ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานที่แม่นยำกว่าสมการที่ได้จากการใช้แผ่นเซรามิกส์เป็นวัสดุอ้างอิง

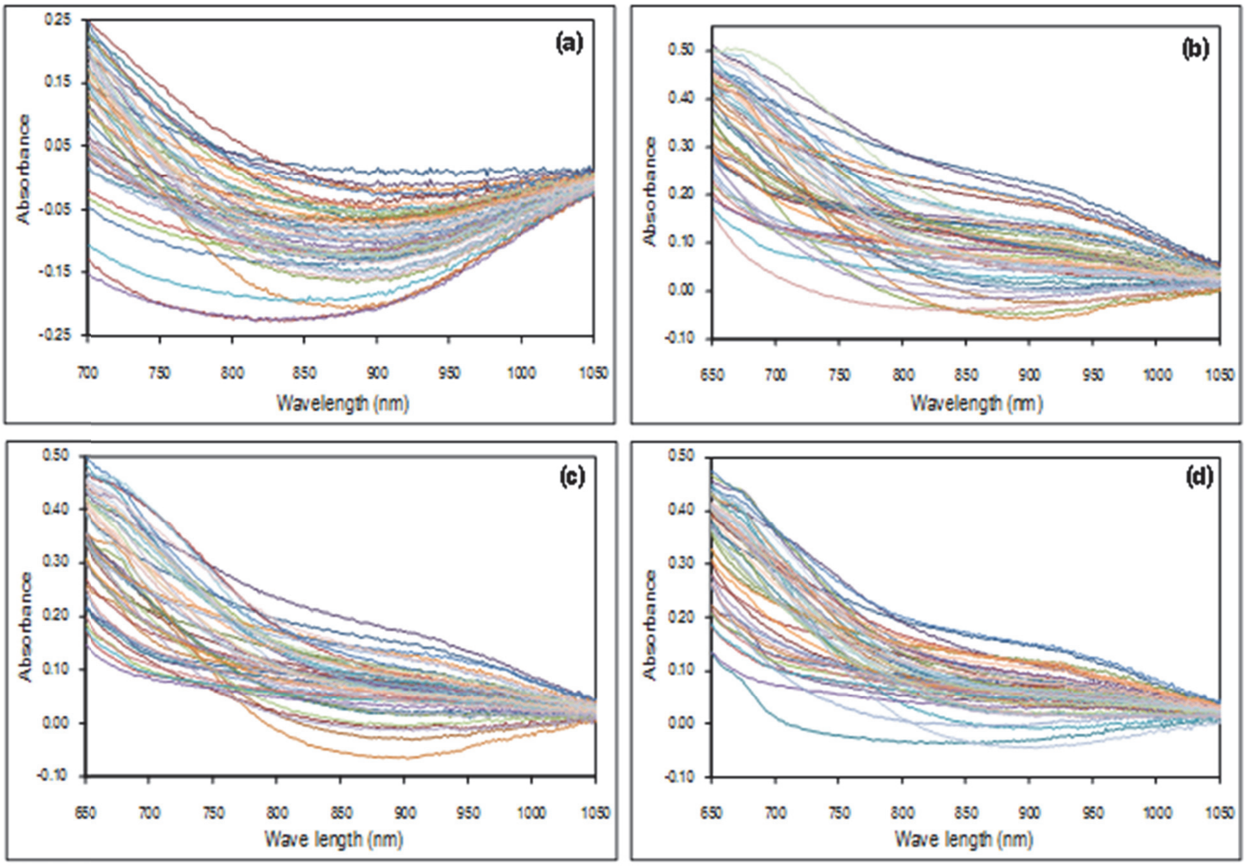

Figure 3 Original spectra of oil palm obtained from NIR spectrometer using different reference material (a) teflon, (b) ceramic thickness 1mm, (c) ceramic thickness 6 mm and (d) ceramic thickness

ดังนั้นจึงนำสเปกตรัมของตัวอย่าง ซึ่งใช้เทฟลอนเป็นวัสดุอ้างอิง มาสร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่มคือ กลุ่ม Calibration set ใช้ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐาน และกลุ่ม Validation set ใช้ในการทดสอบความแม่นยำของสมการ พบว่า การปรับแต่งด้วยวิธี Savitzky Golay Smoothing (smoothing 27 points) และ Second derivative (smoothing 7 points) ให้ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานทำนายปริมาณน้ำมันในผลปาล์มน้ำมันดีที่สุด (Figure 4)

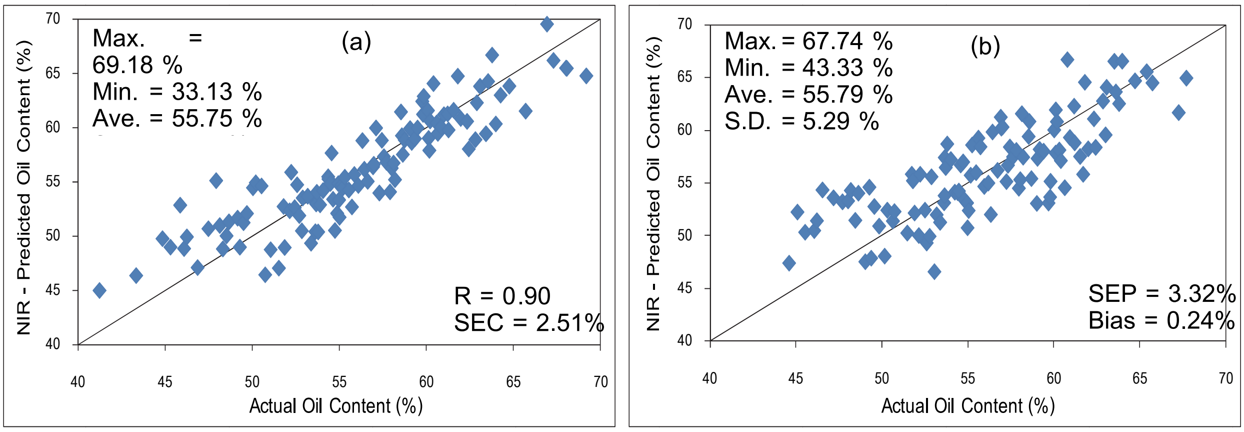

Figure 4 Scatter plots of actual oil content (%) and NIR-predicted oil content in (a) calibration set (b) validation set

และการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Savitzky Golay smoothing (smoothing 15 points) ร่วมกับวิธี First derivative (smoothing 5 points) ให้ผลการสร้างสมการเทียบมาตรฐานทำนายปริมาณความชื้นในผลปาล์มน้ำมันดีที่สุด แสดงดัง Scatter plots (Figure 5)

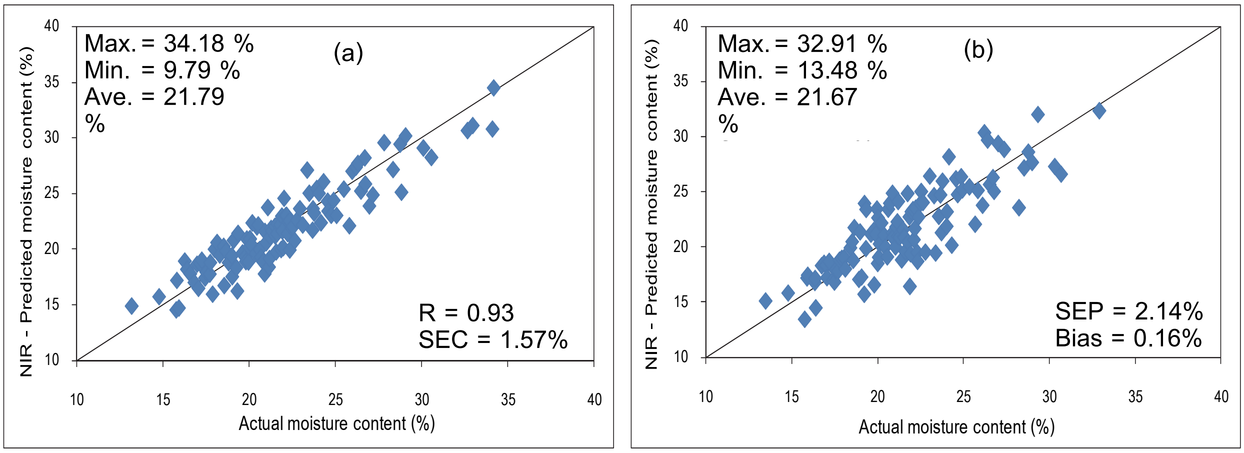

Figure 5 Scatter plots of actual moisture content (%) and NIR-predicted moisture content (%) in (a) calibration set and (b) validation set

วิจารณ์ผล

จาก Figure 4 จะเห็นได้ว่าค่าทำนายปริมาณน้ำมันที่ได้นั้นอยู่ใกล้เส้นทแยงมุม (target line) บ่งบอกถึงการทำนายได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ โดยมีค่า Correlation coefficient (R) = 0.90, Standard Error of Calibration (SEC) = 2.51%, Standard Error of Prediction (SEP) = 3.32% และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) = 0.24% จากผลการทดสอบ Paired t-test ของสมการเทียบมาตรฐาน พบว่าค่าเปอร์เซ็นน้ำมันที่ทำนายได้ด้วยวิธี NIR ไม่แตกต่างจากค่าเปอร์เซ็นน้ำมันจริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมี Regression coefficient ของสมการที่พัฒนาได้แสดงความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อสมการเทียบมาตรฐานคือ ความยาวคลื่น 916 nm และ 1031 nm ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำมันปาล์มบริสุทธิ์ที่วัดด้วยเครื่อง FQA-NIR GUN (รณฤทธิ์ และคณะ, 2553)

จาก Figure 5 จะเห็นได้ว่าค่าทำนายปริมาณความชื้นที่ได้นั้นอยู่ใกล้เส้นทแยงมุม (target line) บ่งบอกถึงการทำนายได้อย่างถูกต้อง และแม่นยำ โดยมีค่า R = 0.93, SEC = 1.57%, SEP = 2.14% และ Bias = 0.16% เมื่อทดสอบ Paired t-test ของสมการเทียบมาตรฐาน พบว่าค่าเปอร์เซ็นความชื้นที่ทำนายได้ด้วยวิธี NIR ไม่แตกต่างจากค่าเปอร์เซ็นความชื้นจริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95% โดยมี Regression coefficient ของสมการที่พัฒนาได้แสดงความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อสมการเทียบมาตรฐานคือ ความยาวคลื่น 972 nm ซึ่งสอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของน้ำ (Osborne *et al.*, 1993)

สรุป

จากการสร้าง และทดสอบเครื่อง Diode Array NIR Spectrometer รวมทั้งสร้างสมการเทียบมาตรฐานเพื่อใช้ในการทำนายปริมาณน้ำมัน และปริมาณความชื้นในผลปาล์ม พบว่าเครื่องที่ได้มีความแม่นยำในการทำนายปริมาณน้ำมัน และปริมาณความชื้น ซึ่งเทียบเท่ากับการวิเคราะห์ทางเคมีแบบดั้งเดิมที่ระดับความเชื่อมั่น 95% สามารถใช้ในการกำหนดราคารับซื้อของผลปาล์มน้ำมันได้

เอกสารอ้างอิง

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ, สุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา, ปวีณา เอี่ยมเอม, มณีรัตน์ วงศ์จันทร์ และภรวรรณ นิจจรัลกุล. 2553. การประเมินปริมาณน้ำมันของผลปาล์มน้ำมันด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรด (NIR). วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 42:71-74.

Osborne, B.G., T. Fearn and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd. 25 pp.