



## การศึกษาการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

### Investigation of Prediction of Fat in Coconut Milk by Using Near Infrared Spectroscopy

นารัตระพี นาคะวัจนะ<sup>1\*</sup>, จารุวัฒน์ แป๊ะอู๋<sup>1</sup>, พงศกร เจริญประเสริฐกุล<sup>1</sup>, วรุฒ วงศ์วานิชย์ศิลป์<sup>1</sup>

Natrapee Nakawajana<sup>1\*</sup>, Jaruwat Paeoui<sup>1</sup>, Pongsakorn Charoenprasertkul<sup>1</sup>, Warout Wongwanichsilp<sup>1</sup>

<sup>1</sup>หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพมหานคร, 10520

<sup>1</sup>Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

\*Corresponding author: Tel: +66-8-5884-8051, Fax: +66-23-298-336, E-mail: [natrapee.na@kmitl.ac.th](mailto:natrapee.na@kmitl.ac.th)

#### บทคัดย่อ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีได้ถูกนำมาใช้ในการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิเพื่อเปรียบเทียบกับวิธีการวัดแบบดั้งเดิม (วิธีเกอร์เบอร์) ตัวอย่างน้ำกะทิจำนวน 100 ตัวอย่าง ถูกวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 870 – 2,500 nm ด้วยโหมดการวัดแบบ diffuse reflectance แล้วสร้างสมการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิด้วยวิธี Partial least square regression แบบ full cross validation โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกะทิเดิมที่ไม่ปรับแต่งด้วยวิธีการใดๆ นำสมการที่ได้มาทำนายค่าปริมาณไขมันของกลุ่มตัวอย่างสำหรับการทำนาย พบว่า มีค่า  $R_p^2$  อยู่ที่เท่ากับ 0.9887 ค่า RMSEP เท่ากับ 0.411% ค่า RPD เท่ากับ 12.1 และค่า Bias เท่ากับ -0.258% แสดงให้เห็นว่า สามารถนำไปประยุกต์ใช้งานได้ ซึ่งสรุปได้ว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสามารถนำมาใช้ในการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิได้อย่างรวดเร็วและถูกต้อง

คำสำคัญ: เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี, น้ำกะทิ, ไขมัน

#### Abstract

Near infrared spectroscopy was used to predict the fat content in coconut milk for comparing with the traditional method (Gerber method). A set of 100 samples of coconut milk was used to measure the absorbance by using FT-NIR spectrometer in range 870 – 2,500 nm in diffuse reflectance mode. The calibration model for quantitative analysis of fat content were established by partial least squares regression (PLSR) using full cross validation by using the original spectra (No spectral data processing). The PLSR model was used to predict the fat content of prediction set and gave  $R_p^2$  of 0.9887, RMSEP of 0.411%, RPD of 12.1 and Bias of -0.258%. From this result, this PLSR model can be applied. Finally, the results suggested that the near infrared spectroscopy can be potentially used to predict the fat content in coconut milk in fast and accuracy.

Keywords: Near infrared spectroscopy, Coconut milk, Fat

## 1 บทนำ

มะพร้าวจัดเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญของประเทศไทย อีกทั้งมีความสำคัญอย่างมากในด้านอุตสาหกรรมเกษตรของประเทศ ผลมะพร้าวสามารถนำไปแปรรูปได้หลากหลายรูปแบบ เช่น ผลมะพร้าวอ่อน นิยมนำไปทำเป็นน้ำมะพร้าวบรรจุขวด หากเป็นผลมะพร้าวแก่ โดยส่วนใหญ่จะนำมาแปรรูปด้วยการนำเนื้อมะพร้าวผ่านการคั้นออกมาเป็นน้ำกะทิ

น้ำกะทิ (Coconut Milk) เป็นผลิตภัณฑ์สำคัญจากมะพร้าวที่ได้จากการบีบหรือคั้นเนื้อมะพร้าวขูด โดยอาจมีการเติมน้ำหรือไม่ก็ได้ น้ำกะทิมีลักษณะเป็นของเหลวสีขาวขุ่นคล้ายนม มีกลิ่นรสเฉพาะตัวของมะพร้าว (Nutty flavor) (เทพกัญญา, 2545) ซึ่งองค์ประกอบของน้ำกะทิที่ได้จากการบีบเนื้อมะพร้าวขูดโดยไม่เติมน้ำ ประกอบด้วย ความชื้น 50 – 54% โปรตีน 2.8 – 4.4% เถ้า 1.0 – 1.5% คาร์โบไฮเดรต 5.5 – 8.3% และไขมัน 15 – 40% (นิศรา, 2554) ไขมันในน้ำกะทิประกอบด้วยกรดไขมันหลายชนิด โดยกรดไขมันที่มีปริมาณสูงสุด คือ Lauric acid มีปริมาณ 41 – 51.3% รองลงมาคือ Myristic acid ปริมาณ 13 – 23% (นิศรา, 2554)

ในอดีตหรือในท้องที่ไกลตลาด แม่บ้านจะต้องปอกและขูดมะพร้าวเอง เพื่อใช้ทำน้ำกะทิ ในปัจจุบันมีการขูดมะพร้าวขายในตลาดสดและมีบริการคั้นน้ำกะทิด้วยเครื่องคั้น ส่วนผู้บริโภคที่อยู่ไกลตลาดหรืออยู่ต่างประเทศก็ได้รับความสะดวกจากการใช้น้ำกะทิสำเร็จรูป ในอุตสาหกรรมต่อเนื่องที่ต้องการใช้น้ำกะทิในปริมาณมาก ก็สามารถใช้น้ำกะทิอุตสาหกรรม เป็นการลดภาระในการเตรียมน้ำกะทิ ทั้งเป็นการกระจายรายได้อีกด้วย โดยทั่วไปน้ำกะทิมีหลายประเภท อาทิเช่น น้ำกะทิสด น้ำกะทิพาสเจอร์ไรซ์ น้ำกะทิบรรจุกระป๋อง กะทิผง และน้ำกะทิกล่องยูเอชที (ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร, 2559)

จากอดีตที่ผ่านมา อุตสาหกรรมมะพร้าวมีการพัฒนาขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งในปัจจุบันนี้ มะพร้าวสามารถแปรรูปมาเป็นน้ำกะทิกล่องยูเอชที ผลิตภัณฑ์น้ำกะทิกล่องยูเอชทีนั้นนอกจากจะเป็นสินค้าที่บริโภคภายในประเทศแล้ว ยังเป็นสินค้าส่งออกที่ได้รับความนิยมสูง ดังจะเห็นได้จากปริมาณการส่งออกน้ำกะทิกล่องยูเอชทีในปี 2555 มีปริมาณการส่งออก 117,845 ตัน คิดเป็นมูลค่า 5,901 ล้านบาท และในปี 2557 เพิ่มขึ้นเป็น 179,297 ตัน คิดเป็นมูลค่า 9,721 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2559) น้ำกะทิกล่องยูเอชที เป็นน้ำกะทิที่ผ่านกระบวนการฆ่าเชื้อด้วยระบบความร้อนสูงในระยะเวลาสั้น (140 – 145 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 10 – 15 วินาที) แล้วบรรจุในกล่องที่ผ่านการฆ่าเชื้อมาแล้ว ระยะเวลาให้ความร้อนสั้นทำให้คงสภาพคล้ายน้ำกะทิสดมาก โดยทั่วไปตัวชี้วัดคุณภาพของน้ำกะทิอย่างหนึ่งคือ ปริมาณไขมัน ซึ่งค่าปริมาณไขมันในน้ำกะทิตามมาตรฐานที่เป็นที่ยอมรับของโรงงานอยู่ที่ 30 – 36%

เนื่องจากในปัจจุบัน การวัดปริมาณไขมันในน้ำกะทิใช้การวัดด้วยวิธีเกอร์เบอร์ (Gerber method) ซึ่งเป็นวิธีการวัดที่ใช้

สารเคมีและระยะเวลาในการวัดค่อนข้างนาน โดยจะต้องนำตัวอย่างน้ำกะทิมาสมกับสารเคมีในหลอด Butyrometers แล้วนำไปปั่นเหวี่ยงด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง เพื่อแยกชั้นไขมันออกมาแล้วจึงจะอ่านค่าด้วยสายตาที่สเกลบอกปริมาณของหลอด Butyrometers วิธีนี้เป็นวิธีดั้งเดิมซึ่งต้องใช้เวลานานประมาณ 15 min จึงจะทราบค่าปริมาณไขมัน อีกทั้งอาจเกิดความผิดพลาดของการอ่านค่าปริมาณไขมันด้วยสายตาของผู้ปฏิบัติงานเมื่อเกิดความล้า นอกจากนี้ยังต้องใช้สารเคมีซึ่งไม่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม และยังเป็นพิษต่อผู้ปฏิบัติงานอีกด้วย ดังนั้น จึงมีการริเริ่มศึกษาความเป็นไปได้ โดยใช้เทคโนโลยีสมัยใหม่ นั่นคือ เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (Near Infrared Spectroscopy: NIRs) มาใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณไขมันในน้ำกะทิ วิธีนี้เป็นวิธีการวัดที่ไม่ต้องใช้สารเคมี และสามารถวัดตัวอย่างได้อย่างรวดเร็ว

ที่ผ่านมาเทคนิค NIRs ได้ถูกนำมาใช้อย่างแพร่หลาย สำหรับการตรวจสอบไขมันในวัสดุทางการเกษตร อาทิเช่น ใช้ NIRs ในการจำแนกประเภทของน้ำมันพืช (Yang et al., 2005) ใช้ในการวิเคราะห์ไขมันในนมและปริมาณโปรตีนรวมในนม (Bogomolova et al., 2012) ใช้ในการทำนายปริมาณโปรตีนปริมาณคาร์โบไฮเดรตรวม และปริมาณไขมันดิบในข้าวฟ่างทางจิ้งจอก (Chena et al., 2013) นำมาใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของผลิตภัณฑ์มันฝรั่งทอด (Mazureka et al., 2016) รวมถึงได้มีการนำไปใช้กับการศึกษาหาไขมันในนมแพะด้วยการวัดแบบสะท้อนกลับและแบบส่องผ่าน พบว่ามีความถูกต้องและแม่นยำสูง (Nunez et al., 2016) เป็นต้น เทคนิคนี้ได้รับการยอมรับในวงกว้างและมีความน่าเชื่อถือและเหมาะสมที่จะนำมาใช้ในวงการอุตสาหกรรมเกษตร ด้วยเหตุนี้งานวิจัยนี้จึงมีจุดประสงค์เพื่อต้องการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิค NIRs มาใช้ทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิ การศึกษาดังกล่าวจะเป็นแนวทางในการนำเทคนิคนี้มาใช้ในงานทดแทนวิธีการเดิมในระดับอุตสาหกรรมต่อไป

## 2 อุปกรณ์และวิธีการ

### 2.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำกะทิ

น้ำกะทิได้มาจากเนื้อมะพร้าวขาวจำนวน 300 ชิ้น ที่จุดตัดแยกวัตถุดิบก่อนเข้าสู่กระบวนการผลิตน้ำกะทิกล่องยูเอชทีภายในโรงงานของบริษัท อ่าพลฟู้ดส์โปรดิวเซอร์ส ซึ่ง จำกัด เนื้อมะพร้าวขาว 3 ชิ้น ถูกนำมาขูดและคั้นด้วยเครื่องขูดและเครื่องคั้นน้ำกะทิของทางโรงงาน ได้เป็นตัวอย่างน้ำกะทิ 1 ตัวอย่าง รวมทั้งสิ้น 100 ตัวอย่าง หลังจากคั้นแล้วตัวอย่างน้ำกะทิถูกนำเข้ามาในห้องทดลองที่อุณหภูมิ 25 °C และวัดอุณหภูมิของตัวอย่างให้อยู่ที่ประมาณ 25 °C แล้วจึงเริ่มกระบวนการทดลองต่อไป ก่อนทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงและวัดค่าปริมาณไขมันน้ำกะทิถูกทำให้องค์ประกอบในตัวอย่งมีขนาดเล็กลงและเป็นเนื้อเดียวกันมากขึ้นด้วยเครื่อง Homogenizer (T25 – LKA,

Germany) ที่ความเร็วรอบ 200 rpm เป็นเวลา 1 min ดังแสดงใน Figure 1

## 2.2 การวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกะทิ

การวัดค่าการดูดกลืนแสงทำการวัดในห้องทดลองที่ควบคุมอุณหภูมิห้องอยู่ที่ 25 °C ตัวอย่างน้ำกะทิถูกวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง FT-NIR Spectrometers (TANGO, Bruker Optics, Germany) ที่ช่วงความยาวคลื่น 870 – 2,500 nm (11,500 – 4,000  $\text{cm}^{-1}$ ) ด้วยโหมดการวัดแบบ Diffuse Reflectance โดยใช้ไมโครปิเปตตูดน้ำกะทิจำนวน 1 ml ใส่ลงไปในหลอดทดลองและใส่ฟองอากาศก่อนนำมาวางบนแท่นของเครื่องเพื่อทำการวัดค่าการดูดกลืนแสงจำนวน 3 ซ้ำต่อตัวอย่าง (Figure 2)

## 2.3 การวัดปริมาณไขมันในน้ำกะทิด้วยวิธีเกอร์เบอร์ (Gerber method)

ตัวอย่างน้ำกะทิถูกนำไปวัดปริมาณไขมัน (Fat, %) ด้วยวิธีเกอร์เบอร์ โดยนำตัวอย่างน้ำกะทิ 5 ml ใส่ลงในหลอด Butyrometers แล้วเติมสาร Sulfuric acid 5 ml, Iso-Amyl alcohol 1 ml และใส่น้ำเปล่า 5 ml ลงไป จากนั้นนำไปปั่นด้วยเครื่องปั่นเหวี่ยงหนีศูนย์กลาง (SUPER VARIO-N, FUNKE GERBER, Germany) เพื่อแยกชั้นไขมัน ที่ความเร็วรอบ 1,100 rpm เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นอ่านค่าด้วยสายตาที่สเกลบอกปริมาณของหลอด Butyrometers แต่ละตัวอย่างทำ 3 ซ้ำ



Figure 1 Illustration of homogenization of coconut milk by homogenizer.

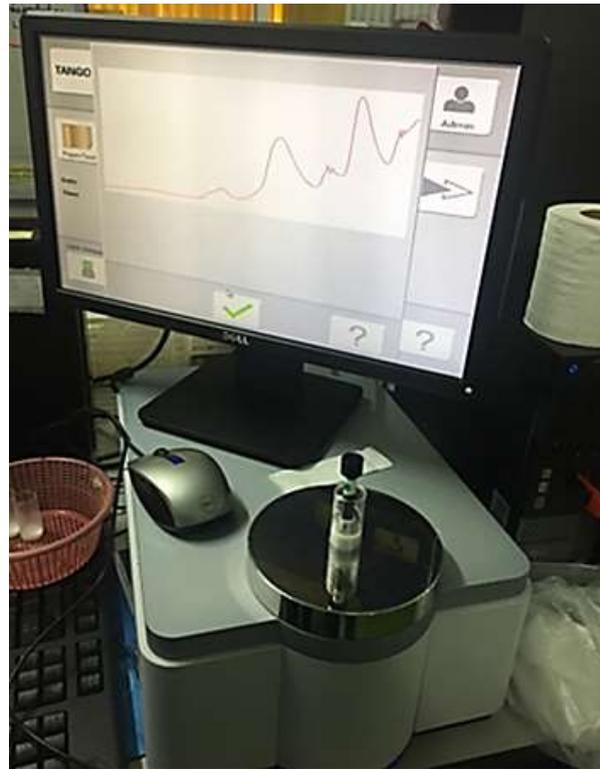


Figure 2 The absorbance measurement of coconut milk by using FT-NIR Spectroscopy.

## 2.4 การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเชิงปริมาณเพื่อสร้างสมการในการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิ เริ่มจากแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม ในอัตราส่วน 70:30 ได้แก่ กลุ่มสำหรับการปรับเทียบ (Calibration set) จำนวน 70 ตัวอย่าง และกลุ่มสำหรับการทำนาย (Prediction set) จำนวน 30 ตัวอย่าง แต่ละกลุ่มจะมีค่าอ้างอิงที่ครอบคลุมทุกช่วง และกลุ่มสำหรับการปรับเทียบจะมีช่วงข้อมูลครอบคลุมกลุ่มสำหรับการทำนาย โดยให้ตัวอย่างทั้งสองกลุ่มมีการกระจายตัวของค่าปริมาณไขมันใกล้เคียงกันดังแสดงใน Table 1

การวิเคราะห์ข้อมูลจะใช้โปรแกรม OPUS7.0 (Bruker Optik GmbH, Ettlingen, Germany) แล้วทำการวิเคราะห์สร้างสมการถดถอยพหุคูณด้วยเทคนิค Partial Least Squares Regression (PLSR) โดยใช้ค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกะทิดั้งเดิม (ไม่ปรับแต่งด้วยวิธีการใดๆ เป็นตัวแปรอิสระ และตัวแปรตามคือค่าปริมาณไขมัน

เมื่อได้สมการปรับเทียบ (Calibration model) แล้ว นำสมการที่ได้ไปทำนายค่าปริมาณไขมัน ของตัวอย่างในกลุ่มสำหรับการทำนาย เพื่อตรวจสอบความแม่นยำของสมการปรับเทียบ ในการตรวจสอบความแม่นยำของสมการนั้น สมการที่ดีจะต้องมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R^2$ ) สูง ค่าความผิดพลาดเฉลี่ยของการทำนาย (Root mean square error of prediction, RMSEP) ที่ต่ำ และค่า Bias ที่ต่ำ

Table 1 Fat value of coconut milk in calibration set and prediction set.

	Set	
	Calbration	Prediction
Minimum values (%)	21.83	23.83
Maximum values (%)	37.67	37.50
No. of sample	70	30
Mean±SD (%)	33.46±2.79	31.84±3.92

### 3 ผลและวิจารณ์

#### 3.1 ลักษณะสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของน้ำกะทิ

สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของทั้ง 100 ตัวอย่าง ดังแสดงใน Figure 3 จะเห็นว่า ลักษณะของสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำกะทิมิแนวโน้มไปในทิศทางเดียวกัน คือ พบว่ามีการดูดกลืนแสงชัดเจนที่ความยาวคลื่น 1,215 nm และ 1,450 nm โดยที่การดูดกลืนที่ความยาวคลื่น 1,250 nm เป็นการดูดซับคลื่นของกรดไขมัน คือ Lauric acid และ Myristic acid (Williams and Norris, 2001) ซึ่งกรดไขมันทั้งสองชนิดนี้เป็นองค์ประกอบหลักของกรดไขมันที่มีอยู่ในไขมันในน้ำกะทิ และที่ความยาวคลื่น 1,450 nm เป็นการดูดซับคลื่นของน้ำ (Osborne and Fearn, 1986) ซึ่งหมายถึงความชื้นที่เป็นองค์ประกอบหลักอีกอย่างหนึ่งของน้ำกะทินั่นเอง อย่างไรก็ตามจะเห็นว่าแต่ละตัวอย่างมีความแตกต่างกันในค่าการดูดกลืนแสง ซึ่งเกิดมาจากการมีปริมาณไขมันและความชื้นที่แตกต่างกันในแต่ละตัวอย่างนั่นเอง

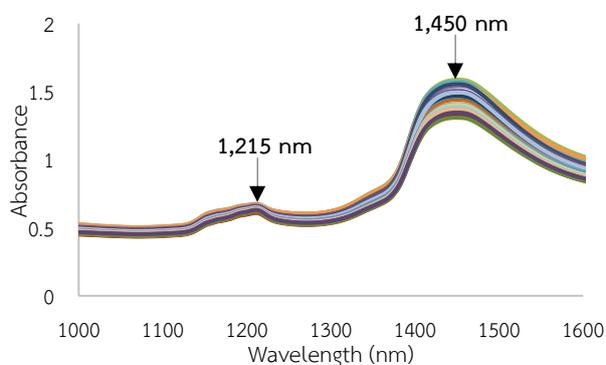


Figure 3 The original absorbance spectra of coconut milk.

Table 2 Statistic of calibration model and prediction model of the coconut milk with original spectra.

No. Factors	Wavelength (nm)	Calibration		Validation			
		$R_c^2$	RMSEE (%)	$R_p^2$	RMSEP (%)	RPD	Bias (%)
8	984.7 – 1,368.9, 1,442.5 – 1,521.53, 1,595.1 – 1,674.13	0.9752	0.467	0.9887	0.411	12.1	-0.258

$R_c^2$  = The coefficient of determination of calibration set, RMSEE = Root mean square error of estimation,  $R_p^2$  = The coefficient of determination of prediction set, RMSEP = Root mean square error of prediction, RPD = Residual prediction deviation, Bias = Mean value of deviation..

#### 3.2 การสร้างสมการ Calibration เพื่อทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิ

จากการสร้างสมการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิ โดยการแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มสำหรับการปรับเทียบจำนวน 70 ตัวอย่าง และกลุ่มสำหรับการทำนายจำนวน 30 ตัวอย่าง และมีค่าการกระจายตัวของค่าปริมาณไขมันที่ใกล้เคียงกัน โดยสร้างสมการจากค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกะทิเดิม (ไม่ปรับแต่งด้วยวิธีการใดๆ) ผลที่ได้ดังแสดงใน Table 2

จาก Table 2 แสดงผลการทำนายค่าปริมาณไขมันในน้ำกะทิ โดยใช้ช่วงความยาวคลื่นที่ 984.7 – 1,368.9 nm, 1,442.5 – 1,521.53 nm และ 1,595.1 – 1,674.13 nm มีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ ( $R_p^2$ ) สูงถึง 0.9887 ซึ่ง Williams (2007) แนะนำว่าค่า  $R_p^2$  0.98 ขึ้นไป คือดีเยี่ยม ใช้ได้กับทุกการประยุกต์ใช้ ส่วนค่า RPD ก็มีค่าสูงเช่นกัน คืออยู่ที่ 12.1 จัดอยู่ในระดับดีเยี่ยม ใช้ได้กับทุกการประยุกต์ใช้ (Williams, 2007) ค่า RMSEP และค่า Bias เท่ากับ 0.411% และ -0.258% ตามลำดับ และจากการเปรียบเทียบค่าทำนายและค่าจริงของปริมาณไขมันในน้ำกะทิ (Figure 4) จะเห็นว่าค่าทำนายปริมาณไขมันอยู่ใกล้เส้น Target line ซึ่งบ่งบอกถึงการทำนายได้อย่างแม่นยำนั่นเอง

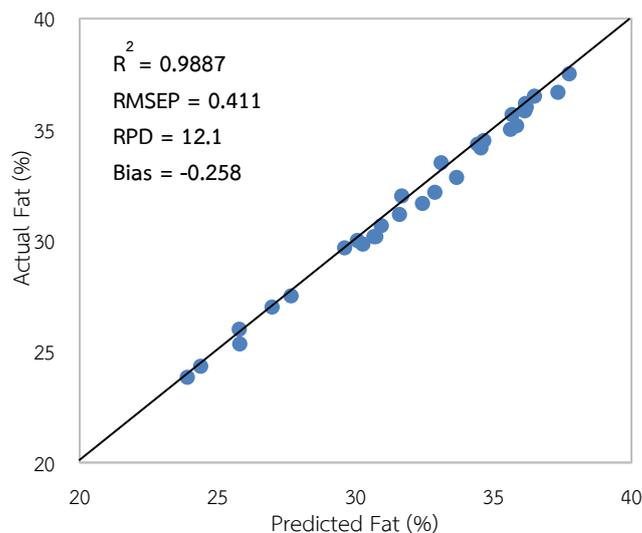


Figure 4 Prediction plot of the fat value predicted by the model based on original spectra.

### 3.3 องค์ประกอบที่สำคัญในสเปกตรัมการดูดกลืนแสงต่อการทำนายปริมาณไขมัน

น้ำกะทิมีไขมันเป็นองค์ประกอบสำคัญ และมีผลต่อสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของสมการทำนาย ดังนั้นจึงพิจารณาจากความยาวคลื่นที่สามารถอธิบายถึงองค์ประกอบสำคัญในสเปกตรัมที่มีความสัมพันธ์กับค่าทำนาย ซึ่งจะพิจารณาจากค่าสัมบูรณ์ของค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Regression Coefficient) ที่มีค่าสูง

จากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของสมการในช่วงความยาวคลื่นที่ทำการทดลอง ดังแสดงใน Figure 5 พบว่า ที่ความยาวคลื่น 1,015 nm, 1,215 nm และ 1,360 nm เป็นความยาวคลื่นที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง นั่นคือมีผลต่อการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิสูง ซึ่งที่ความยาวคลื่น 1,215 nm นี้สอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของ Lauric acid และ Myristic acid (Williams and Norris, 2001) กรดไขมันเหล่านี้เป็นกรดไขมันที่มีอยู่สูงในไขมันอันเป็นองค์ประกอบหลักของน้ำกะทิ และที่ความยาวคลื่น 1,015 nm และ 1,360 nm พบว่า เป็นการดูดซับคลื่นของ  $\text{CH}_3$  ซึ่งอยู่ในโครงสร้างของกรดไขมัน (Osborne and Fearn, 1986)

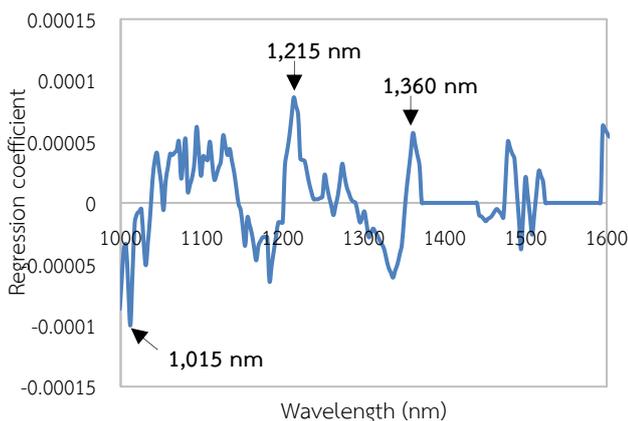


Figure 5 Regression coefficient plot of PLS model validated by validation set for fat of coconut milk.

## 4 สรุป

จากผลการทดลองการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิ ด้วยเครื่อง FT-NIR spectrometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 870 – 2,500 nm ด้วยโหมดการวัดแบบ diffuse reflectance โดยสร้างสมการทำนายด้วยวิธี Partial least square regression แบบ full cross validation พบว่า แบบจำลองที่ได้จากการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำกะทิเดิมที่ไม่ปรับแต่งด้วยวิธีการใดๆ มีค่า  $R_p^2$  เท่ากับ 0.9887 ค่า RMSEP เท่ากับ 0.411% ค่า RPD เท่ากับ 12.1 และค่า Bias เท่ากับ -0.258% แสดงให้เห็นว่าสามารถนำไปประยุกต์ใช้งานและประกันคุณภาพได้ ซึ่งสรุปได้ว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสามารถนำมาใช้ในการทำนายปริมาณไขมันในน้ำกะทิได้อย่างถูกต้องแม่นยำและรวดเร็ว

## 5 กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้ ได้รับความอนุเคราะห์จากบริษัท อ่าพลฟู้ดส์โพเรซซึ่ง จำกัด ในการสนับสนุนให้ทางทีมผู้วิจัยได้เข้าไปทำการเก็บข้อมูลภายในโรงงาน ทั้งยังให้การสนับสนุนอุปกรณ์ เครื่องมือ และวัสดุดิบในการทดลองอีกด้วย ทางคณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณในความอนุเคราะห์นี้เป็นอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

## 6 เอกสารอ้างอิง

- เทพกัญญา ตันตโยทัย. 2545. ผลของอิมัลซิไฟเออร์และแทนแทนแกมมาต่อความคงตัวของอิมัลชันชนิดน้ำมันในน้ำและการนำไปใช้ในอาหาร. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ.
- นิตรา สะเจริญ. 2554. การเพิ่มความคงตัวต่อความร้อนในการแปรรูปและความคงตัวต่อความเย็นในการเก็บรักษาของผลิตภัณฑ์กะทิสเตอร์ไรส์. วิทยานิพนธ์ปริญญาโท. มหาวิทยาลัยศิลปากร, นครปฐม.
- ศูนย์เครือข่ายข้อมูลอาหารครบวงจร. 2559. น้ำกะทิ. แหล่งข้อมูล: <http://www.foodnetworksolution.com/wiki/word/3066/coconut-milk>. เข้าถึงเมื่อ 6 กันยายน 2559.
- สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2559. ศูนย์ข้อมูลผลไม้. แหล่งข้อมูล: <http://www.oae.go.th/fruits/index.php/2013-01-25-03-34-09?id=152>. เข้าถึงเมื่อ 23 สิงหาคม 2559.
- Bogomolova A., Dietricha S., Boldrinib B., Kesslerb W. R. 2012. Quantitative determination of fat and total protein in milk based on visible light scatter. Food Chemistry 134, 412–418.
- Chena J., Rena X, Zhanga Q., Diaoc X., Shen Q. 2013. Determination of protein, total carbohydrates and crude fat contents of foxtail millet using effective wavelengths in NIR spectroscopy. Journal of Cereal Science 58, 241–247.
- Mazureka S., Szostaka R., Kitab A. 2016. Application of infrared reflection and Raman spectroscopy for quantitative determination of fat in potato chips. Journal of Molecular Structure, 1–6.
- Nunez, S., Martinez-Marin, A.L., Polvillo, O., Fernanadez-Cabanas, V.M., Carrizosa, J., Urru-tia, B. Serradilla, J.M. 2016. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) for the determination of the milk fat fatty acid profile of goats. Food chemistry 190, 244-252.
- Osborne, B. G., Fearn, T. 1986. Near infrared spectroscopy in food analysis. (1st ed.). Longman Science and Technical, UK.

Yang, H., Irudayarajb J., Paradkarb M. M.

2005.Discriminant analysis of edible oils and fats by FTIR, FT-NIR and FT-Raman spectroscopy. Food Chemistry 93, 25–32.

Williams, P., Norris, K. H. 2001. Near-Infrared Technology in the agricultural and food industries. (2nd ed.).

Minnesota: American Association of Cereal Chemists.

Williams, P. 2007. Near-infrared Technology: Getting the best out of light. (5th ed.). Nanaimo: Value Added Wheat CRC.