



การคัดแยกยางพาราแผ่นรมควันจับตัวด้วยกรดต่างชนิดกันด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ Classification of Para Ribbed Smoked Sheets Solidified with Different Acids using Near-Infrared Spectroscopy

แก้วกานต์ พวงสมบัติ^{1*}, อาทิตย์ พวงสมบัติ¹

Kaewkarn Phuangsombut^{1*}, Arthit Phuangsombut¹

¹ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร, คณะวิศวกรรมศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม, 73140

¹Department of Agricultural Engineering, Faculty of Engineering, Kasetsart University - Kamphaengsaen Campus, Nakhon Pathom, 73140

*Corresponding author: Tel: +66-81-889-3219, Fax: +66-34-351-896, E-mail: fengkkb@ku.ac.th

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) สำหรับการคัดแยกยางพาราแผ่นรมควันที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิกและกรดซัลฟิวริก ตัวอย่างยางพาราแผ่นรมควันนำมาวัดการดูดกลืนแสงแบบสะท้อนของผิว โดยสมการ calibration ที่เหมาะสมใช้การวิเคราะห์แบบ partial least squares discriminant analysis (PLSDA) มีการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Smoothing แบบ Savitzky Golay ร่วมกับวิธี Second Derivative (2D) แบบ Savitzky Golay และ วิธี Standard normal variate (SNV) โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ใช้สเปกตรัมแต่ละจุดจำนวน 240 สเปกตรัม (ตัวอย่างละ 3 สเปกตรัม) และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นการนำสเปกตรัมของยางพาราแต่ละแผ่น 3 สเปกตรัมมาหาค่าเฉลี่ยเป็น 1 สเปกตรัม จำนวน 80 สเปกตรัม พบว่าโมเดลที่ใช้สเปกตรัมแต่ละจุดที่ผ่านการ Smoothing ร่วมกับ SNV และ โมเดลที่ใช้สเปกตรัมเฉลี่ย ที่ผ่านการ Smoothing ร่วมกับ SNV-avg ให้ค่า r_p (Correlation coefficient of prediction) สูงสุดเท่ากับ 0.784 และ 0.817 มีค่า Root mean square error of prediction (RMSEP) เท่ากับ 0.311 และ 0.300 ตามลำดับ โดยสามารถคัดแยกตัวอย่างยางพาราที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิก และกรดซัลฟิวริกได้ถูกต้อง 92.92% และ 95.00% ตามลำดับ

คำสำคัญ: ยางพาราแผ่นรมควัน, อินฟราเรดย่านใกล้, การคัดแยก, กรดฟอร์มิก, กรดซัลฟิวริก

Abstract

This research studied application of near infrared spectroscopy (NIRS) technique for classification of Para ribbed smoked sheets solidified with formic acid and sulfuric acid. The Para ribbed smoked sheets samples were taken for absorbance measurement with reflectance mode. The optimum NIRS calibration equation using partial least squares discriminant analysis (PLSDA) was based on the spectra pretreated with Savitzky Golay smoothing combined with Savitzky Golay second derivative (2D) and standard normal variate (SNV). The first sample set was from spectrum of each measured point totalling 240 spectra (three spectra from each sample) and the second set consisted of the average spectrum from three spectra from each sample (80 spectra). The results showed that the model based on each spectrum pretreated with smoothing and SNV and the model developed from averaged spectra pretreated with smoothing and SNV-avg gave the highest r_p (Correlation coefficient of prediction) of 0.784 and 0.817 and root mean square error of prediction (RMSEP) were 0.311 and 0.300, respectively. The classification accuracy of the Para ribbed smoked sheets solidified with formic acid and sulfuric acid equal to 92.92% and 95.00%, respectively.

Keywords: Para ribbed smoked sheets, Near-infrared spectroscopy, Classification, Formic acid, Sulfuric acid

Received: June 12, 2018

Revised: June 25, 2018

Accepted: June 29, 2018

Available online: August 6, 2018

1 บทนำ

ยางพารา เป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญอย่างหนึ่งของประเทศไทย มีสถิติการส่งออกยางแผ่นรมควัน 48,708.33 ล้านบาท ปริมาณ 711,916,048 กิโลกรัม (The office of industrial economics, 2018) ในการผลิตยางแผ่นรมควัน (Ribbed smoked sheet, RSS) จะต้องมีการเจือจางน้ำยางสดเพื่อให้ได้เนื้อยางแห้งประมาณ 15-58% โดยทำการเจือจางน้ำยางสดด้วยน้ำ ในอัตราส่วนผสมน้ำยางสดกับน้ำ คือ 3:2 จากนั้นคือขั้นตอนที่มีความสำคัญต่อคุณภาพของยาง คือการเติมกรดฟอร์มิคความเข้มข้น 2% ในอัตราส่วน 0.4-0.6 ของเนื้อยางแห้ง (หรือปริมาตรประมาณ 8.2 ลิตรต่อตะแกรง) เพื่อทำให้น้ำยางจับตัวและมีสมบัติเชิงกลที่ดี จากนั้นทำการกวนผสมให้เข้ากันซึ่งในการกวนจะเกิดฟองจะต้องทำการตักฟองออกให้หมด เพราะจะมีรอยจุดฟองอากาศทำให้ยางแผ่นรมควันที่ได้มีคุณภาพต่ำ แล้วจึงทำการใส่แผ่นเสียบให้ครบทั้งไว้ 2-3 h เพื่อให้ยางแข็งตัว เนื้อยางแข็งตัวค่อยๆ ดึงแผ่นเสียบออกจากตะแกรงและนำแผ่นยางไปล้างในรางล้างยาง จากนั้นนำยางมารีดด้วยเครื่องรีดยางซึ่งประกอบไปด้วยลูกกลิ้งผิวเรียบ 4-5 คู่ และลูกกลิ้งลายดอกอีก 1 คู่ รีดให้ยางมีความหนาประมาณ 2-3 mm ในกระบวนการนี้มีการสเปรย์น้ำเพื่อหล่อลื่นในขณะรีดยาง จากนั้นล้างน้ำอีกครั้งและนำไปผึ่งลม 1 d แล้วจึงนำไปอบรมควันในห้องอบที่มีอุณหภูมิประมาณ 50-60°C ใช้เวลาประมาณ 4-12 d (Kunghun, 2014) ในช่วง 20-30 ปีที่ผ่านมา เกษตรกรทางภาคใต้ส่วนใหญ่นิยมใช้กรดซัลฟิวริกในการทำยางแผ่น เนื่องจากหาซื้อได้ง่ายมีราคาถูกกว่ากรดฟอร์มิคประมาณเท่าตัว ซึ่งกรดซัลฟิวริกมีอันตรายต่อเกษตรกรและทำให้เครื่องจักรรีดยางแผ่นสึกกร่อนง่ายขึ้น นอกจากนี้ยังมีการใส่ผงแคลเซียมคลอไรด์ผสมลงในน้ำกรดอีกด้วยเพื่อให้ยางจับตัวได้เร็วขึ้นโดยไม่คำนึงถึงผลกระทบต่อผลิตภัณฑ์ยาง ซึ่งเดิมแคลเซียมคลอไรด์ได้มีการทดลองใช้ในประเทศมาเลเซียเมื่อปี พ.ศ. 2519 (Tassanakul, 2015) ซึ่งเป็นสารจับตัวเร็วร่วมกับสารเคมีชนิดอื่นในการผลิตยางแผ่น ให้จับตัวบนสายพาน สามารถรีดแผ่นได้ในเวลาเพียง 2 min แต่ยางแผ่นที่ผลิตได้เนื้อยางแข็งกระด้าง ความยืดหยุ่นต่ำ สียางคล้ำ แผ่นยางเหนียว ไม่เป็นที่ต้องการของตลาดมากนัก

สถาบันวิจัยยางได้ให้คำแนะนำการผลิตยางแผ่นดิบคุณภาพดีด้วยการใช้สารจับตัวยางคือกรดฟอร์มิค หรือที่เรียกว่ากรดมด เนื่องจากเป็นสารอินทรีย์ที่ระเหยได้ง่าย มีสูตรโครงสร้างทางเคมีขนาดเล็กคือ HCOOH มีคาร์บอนเพียงตัวเดียวจึงนับว่าเป็นกรดอ่อนที่มีความแรงของกรดไม่มากนักเมื่อเปรียบเทียบกับกรดชนิดอื่น ในทางการค้ามีความเข้มข้น 94% หรือ 90% ขึ้นอยู่กับบริษัทผู้ผลิต (Tassanakul, 2015) ซึ่งกรดฟอร์มิคนับว่าเป็นกรดอินทรีย์ชนิดหนึ่งที่จับตัวเนื้อยางได้อย่างสมบูรณ์อีกทั้งไม่ส่งผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมและไม่ตกค้างในยาง มีความปลอดภัยค่อนข้างสูง ซึ่งในวงการอุตสาหกรรมยางพารา กรดฟอร์มิคเป็นสารจับตัวที่นิยมใช้ในการผลิตยางแผ่นดิบ ยางก้อนถ้วย และยาง

แท่ง STR 5L เนื่องจากทำให้สีของยางที่แห้งแล้วเหลืองสวย ไม่คล้ำ ยางแห้งเร็ว ไม่เหนียวเหนอะหนะ เนื้อยางยืดหยุ่นดี อย่างไรก็ตามยังคงพบเกษตรกรรายย่อยใช้กรดซัลฟิวริกหรือที่เรียกกรดกำมะถัน ซึ่งมีสูตรโครงสร้างทางเคมีคือ H_2SO_4 ในการทำยางแผ่น ซึ่งกรดชนิดนี้เป็นกรดแก่ ค่อนข้างอันตราย มีกลิ่นเหม็นแสบจมูก หากจะใช้ในการทำยางก้อนถ้วยจะส่งผลกระทบต่อหน้ายาง เกิดสีดำคล้ำเพราะไอของกรดมีเกลือซัลเฟตจะเปลี่ยนสภาพเป็นซัลไฟด์ที่มีสีคล้ำ และเกษตรกรมักใช้ในอัตราที่เกินกำหนดซึ่งจะส่งผลให้แผ่นยางมีสีคล้ำ เกิดฟองอากาศ แผ่นยางเหนียว แห้งช้า เนื้อแข็งกระด้าง โดยเฉพาะอย่างยิ่งเมื่อเกษตรกรนำยางไปตากแดด ยิ่งทำให้ยางเสื่อมคุณภาพเร็วขึ้นจัดเป็นยางคุณภาพด้อย ซึ่งขายได้ราคาต่ำกว่ายางคุณภาพดีเฉลี่ย กิโลกรัมละ 1.20 บาท นอกจากนี้การใช้กรดดังกล่าวยังก่อมลพิษต่อสุขภาพของแรงงาน รวมถึงปัญหาน้ำยางเหม็นไหลลงตามถนนจนสร้างความเดือดร้อนต่อผู้ใช้รถใช้ถนนและชุมชนนั้น (Tassanakul, 2015)

ยางแผ่นรมควันที่ผ่านการผลิตโดยการใช้กรดซัลฟิวริกและกรดฟอร์มิคมีลักษณะภายนอกที่เหมือนกันการคัดแยกคุณภาพโดยใช้สายตาของมนุษย์มีโอกาสเกิดความผิดพลาดได้สูง

ในปัจจุบันมีเทคนิคการตรวจสอบผลผลิตทางการเกษตรแบบไม่ทำลายตัวอย่างด้วยวิธีสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) ได้รับการยอมรับอย่างแพร่หลาย NIRS เป็นวิธีที่รวดเร็วมีความแม่นยำในการวัดองค์ประกอบภายในของผลผลิตเกษตรและอาหารโดยไม่ทำลายตัวอย่าง (Fu et al., 2007; Terdwongworakul et al., 2012) นักวิจัยรายงานว่า NIRS เป็นวิธีการที่มีประสิทธิภาพ มีความแม่นยำ ไม่ทำลายคุณภาพ พลังงานของคลื่นแสงเมื่อผ่านเข้าไปในตัวตัวอย่าง พลังงานจะถูกดูดกลืนไว้โดยองค์ประกอบทางเคมีในตัวตัวอย่าง ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมาโดยทั่วไปจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีนั้น (Osborne et al., 1993) สารอินทรีย์ที่เกิดขึ้นในลักษณะนี้จะมี H - atom เป็นองค์ประกอบ (Tangkananurak, 2002) ซึ่งยางแผ่นรมควันที่มีกรดฟอร์มิค และกรดซัลฟิวริกเป็นส่วนประกอบนั้นจะมีโครงสร้างทางเคมีที่มี H - atom ที่แตกต่างกัน จึงมีความเป็นไปได้ที่จะตรวจสอบคัดแยกได้โดยใช้เทคนิค NIRS

ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นศึกษาความเป็นไปได้ของการใช้เทคนิค NIRS ในการคัดแยกยางแผ่นรมควันที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิคและกรดซัลฟิวริกในยางพาราแผ่นรมควัน

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่าง

ในงานวิจัยนี้ใช้ยางพาราแผ่นรมควันที่ผลิตจากน้ำยางที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิคและกรดซัลฟิวริกในการผลิตจากจังหวัดกาญจนบุรี โดยมีขนาด $10 \times 10 \text{ cm}^2$ ตัวอย่างละ 40 แผ่น

จากนั้นตัวอย่างทั้งหมด 80 แผ่นจะถูกนำมาเก็บไว้ในห้องควบคุมอุณหภูมิที่ 25°C เป็นเวลา 24 h ก่อนนำไปวัดเก็บข้อมูล

2.2 การวัดค่าการดูดกลืนแสงของยางพาราแผ่นรมควัน

ยางพาราแผ่นถูกนำมาวัดการดูดกลืนแสง NIRS ในรูปแบบการวัดแบบสะท้อนของผิว (Reflectance mode) โดยวัดค่าสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของยางพาราแผ่นรมควัน 3 ตำแหน่ง (Figure 1) ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์แบบพกพา NIRscan Nano EVM (Texas Instruments, Dallas, Texas, USA) โดยบันทึกความยาวคลื่นทุกๆ 3 nm ด้วยโปรแกรม DLP NIRscan Nano GUI (Texas Instruments, Dallas, Texas, USA) ในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 900 nm – 1700 nm (Figure 2)

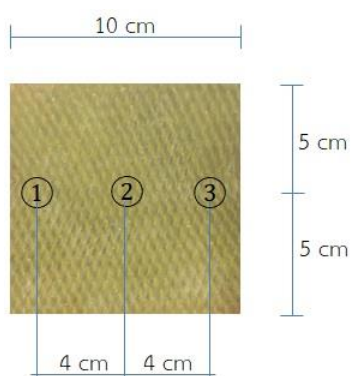


Figure 1 The positions of measurement.

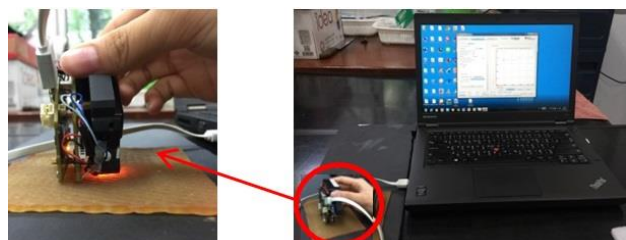


Figure 2 NIR spectral acquisition of para ribbed smoked sheet in reflectance mode using NIRscan Nano EVM (Texas Instruments, Dallas, Texas, USA).

2.3 การวิเคราะห์ทางสถิติ

นำข้อมูลการดูดกลืนแสงมาตรวจสอบตัดข้อมูลที่ผิดปกติด้วยวิธี Mahalanobis distance และลดผลกระทบจากปัจจัยทางกายภาพ เช่น ลักษณะพื้นผิวของตัวอย่าง ที่มีต่อสเปกตรัมการดูดกลืนแสงก่อนนำมาวิเคราะห์จาก การกระเจิงแสง การลดสัญญาณรบกวน (noise) การกำจัด Baseline shift และแยกแถบสเปกตรัมที่ซ้อนทับออกจากกัน ด้วยวิธีต่างๆ เช่น Smoothing แบบ Savitzky Golay วิธี second Derivative แบบ Savitzky Golay วิธี Standard normal variate (SNV) วิธี Smoothing ร่วมกับ Second derivative และวิธี Smoothing ร่วมกับ SNV

การวิเคราะห์เพื่อสร้างสมการจำแนกกลุ่มแบ่งตัวอย่างออกเป็นกลุ่มแคลิเบรชันสำหรับสร้างสมการและกลุ่มทดสอบสมการด้วยจำนวนตัวอย่างเท่ากัน โดยกำหนดให้ตัวอย่างกลุ่มยางพาราที่จับตัวด้วยกรดฟอริกมีค่าเป็น 1 และตัวอย่างที่จับตัวด้วยกรดซัลฟิวริกมีค่าเป็น 0 ซึ่งในกลุ่มทั้งสองก็จะมีตัวอย่างที่มีกรดฟอริกและกลุ่มกรดซัลฟิวริกรวมอยู่ด้วยกัน โดยมีกลุ่มตัวอย่างที่ 1 ใช้สเปกตรัมแต่ละจุดจำนวน 240 สเปกตรัม (กรดฟอริก 120 สเปกตรัมและกรดซัลฟิวริก 120 สเปกตรัม) และกลุ่มตัวอย่างที่ 2 เป็นการนำสเปกตรัมของยางพาราแต่ละแผ่น 3 สเปกตรัมมาหาค่าเฉลี่ยเป็น 1 สเปกตรัม จะได้จำนวน 80 สเปกตรัม (กรดฟอริก 40 สเปกตรัมและกรดซัลฟิวริก 40 สเปกตรัม) ต่อจากนั้นนำตัวอย่างในกลุ่มแคลิเบรชันมาสร้างสมการจำแนกกลุ่ม โดยใช้เทคนิค Partial least squares discriminant analysis (PLSDA) ด้วยโปรแกรม Unscrambler version 9.8 (Camo; Oslo, Norway) ซึ่งมีขั้นตอนเหมือนกับวิธี PLSR ทุกประการ ต่างกันที่ในวิธี PLSDA เป็นการทำนายค่ากลุ่ม 2 กลุ่ม แทนค่าทางเคมี ความแม่นยำของสมการแคลิเบรชันพิจารณาจากจำนวนตัวอย่างที่ทำนายกลุ่มคุณภาพได้ถูกต้องเปรียบเทียบกับตัวอย่างทั้งหมดของตัวอย่างในกลุ่มทดสอบสมการ โดยพิจารณาจากค่าตัวแปรทางสถิติที่ได้จากสมการ คือ Correlation of coefficient of prediction (r_p) Root mean square error of prediction (RMSEP) และคำนวณความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม

3 ผลและวิจารณ์

ผลการสร้างโมเดลด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS)

ในการสร้างโมเดลทำนายประเภทยางพาราแผ่นรมควันที่จับตัวด้วยกรดต่างชนิดกัน จากข้อมูลการดูดกลืนแสงแบบสะท้อนของผิว โมเดลที่ดีที่สุดโดยวิธี PLSDA แบบ Full cross validation เกิดจากการนำข้อมูลสเปกตรัมเริ่มต้น (original spectrum) มาวิเคราะห์สร้างโมเดลในการทำนาย พบว่า โมเดลที่ใช้สเปกตรัมแต่ละจุดจำนวน 240 สเปกตรัม ไปสร้างโมเดล ที่ผ่านการ Smoothing ร่วมกับ SNV ให้ค่า r_p สูงสุดเท่ากับ 0.784 มีค่า RMSEP เท่ากับ 0.311 โดยสามารถคัดแยกกรดฟอริก และกรดซัลฟิวริกได้ถูกต้อง 92.92% และโมเดลที่ใช้สเปกตรัมเฉลี่ยจากการนำสเปกตรัมของยางพาราแต่ละแผ่น 3 สเปกตรัมมาหาค่าเฉลี่ยเป็น 1 สเปกตรัม จะได้จำนวน 80 สเปกตรัมแล้วนำไปสร้างโมเดล ที่ผ่านการ Smoothing ร่วมกับ SNV-avg ให้ค่า r_p สูงสุดเท่ากับ 0.817 มีค่า RMSEP เท่ากับ 0.300 โดยสามารถคัดแยกกรดฟอริก และกรดซัลฟิวริกได้ถูกต้อง 95.00% (Table 1)

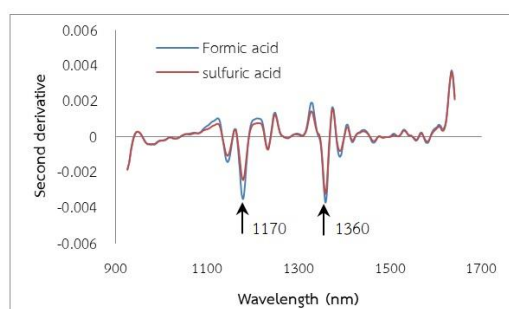


Figure 3 Second derivative of Para ribbed smoked sheets solidified with formic acid in comparison with sulfuric acid.

Table 1 Results of classification performance of calibration models based on absorbance of Para ribbed smoked sheets solidified with formic acid and sulphuric acid.

Model	Factors	Calibration		Prediction		Number of misclassified sheets solidified with formic acid	Number of misclassified sheets solidified with sulfuric acid	Accuracy (%)
		r	RMSECV	r_p	RMSEP			
Smoothing+2D	1	0.520	0.427	0.502	0.432	37(120)	32(120)	71.25
Smoothing+2D-avg	4	0.891	0.227	0.686	0.368	3(40)	4(40)	82.50
Smoothing+SNV	9	0.829	0.280	0.784	0.311	14(120)	3(120)	92.92
Smoothing+SNV-avg	2	0.857	0.258	0.817	0.300	2(40)	2(40)	95.00

All models were developed based on spectra pretreated by the smoothing (11 points) and combined with second derivative (2D) (number of smoothing points 9) and Standard normal variate (SNV)

r_p = Coefficient of correlation of prediction

RMSECV = Root mean square error of cross validation

RMSEP = Root mean square error of prediction

% = Total accuracy in classification

avg = The average spectra from three measurements on each sample

120 = number of spectrum (40 sheets x 3 positions)

40 = number of the averaged spectrum for 1 sheet

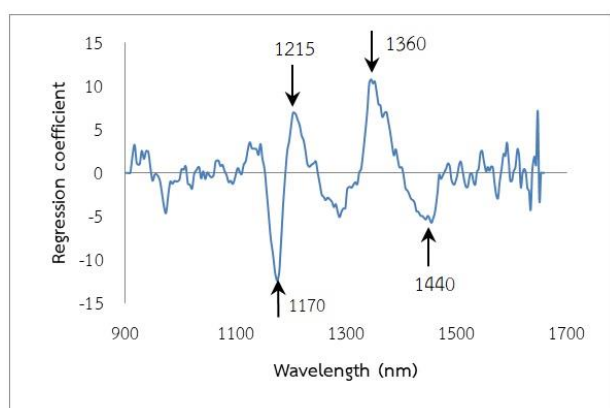


Figure 4 Regression coefficient of the best PLSDA model for prediction of Para rubber sheets solidified by the formic acid and sulfuric acid.

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการคัดแยกยางพาราแผ่นรมควันที่จับตัวด้วยกรดฟอร์มิก (HCOOH) และกรดซัลฟิวริก (H_2SO_4) ด้วยเทคนิค NIRS พบว่า Second derivative ของเส้นสเปกตรัมเฉลี่ยที่แสดงใน Figure 3 มีการดูดกลืนแสงที่เห็นได้ในช่วงความยาวคลื่น 1170 และ 1360 nm ซึ่งตรงค่าสัมประสิทธิ์ถดถอยจาก SNV โมเดล (Figure 4) ที่มีพีคที่โดดเด่นที่ความยาวคลื่น 1170 1215 1360 และ 1440 nm โดยที่ความยาวคลื่น 1170 nm นี้จะเกิดจาก C-H str. second overtone และมี Structure เป็น CH_3 (Workman and Weyer, 2008) และ Osborne et al., (1993) ได้รายงานไว้ในช่วงความยาวคลื่น 1215 nm จะมี bond vibration เป็น C-H structure second overtone และมี structure เป็น CH_2 สำหรับความยาวคลื่น 1360 nm จะมี functional group เป็น C-H methyl มี spectra-structure เป็น C-H combination และมี material type เป็น Hydrocarbons, aliphatic และที่

ความยาวคลื่น 1440 nm นี้ อาจเกิดจาก First overtone ของกลุ่ม O-H structure ของโครงสร้างแป้ง (Phuangsombut et, al., 2016; Workman and Weyer, 2008)

4 สรุป

จากการวิจัยด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ พบว่าการคัดแยกกรดพอร์มิกและกรดซัลฟิวริกในยางพาราแผ่นรมควัน ที่มีการวัดแบบสะท้อนของผิว โดยใช้วิธีปรับแต่งสเปกตรัมแบบวิธี smoothing แบบ Savitzky Golay ร่วมกับวิธี second derivative แบบ Savitzky Golay และ วิธี standard normal variate (SNV) พบว่าโมเดลที่ใช้สเปกตรัมแต่ละจุดไปสร้างโมเดลจำนวน 240 สเปกตรัม ที่ผ่านการ Smoothing ร่วมกับ SNV ให้ค่า r_p สูงสุดเท่ากับ 0.784 มีค่า RMSEP เท่ากับ 0.311 โดยสามารถคัดแยกกรดพอร์มิก และ กรดซัลฟิวริกได้ถูกต้อง 92.92% และโมเดลที่ใช้สเปกตรัมเฉลี่ยจากการนำสเปกตรัมของยางพาราแต่ละแผ่น 3 สเปกตรัม มาหาค่าเฉลี่ยเป็น 1 สเปกตรัม จะมีจำนวน 80 สเปกตรัม แล้วนำไปสร้างโมเดล ที่ผ่านการ Smoothing ร่วมกับ SNV-avg ให้ค่า r_p สูงสุดเท่ากับ 0.817 มีค่า RMSEP เท่ากับ 0.300 โดยสามารถคัดแยกกรดพอร์มิก และกรดซัลฟิวริกได้ถูกต้อง 95.00% (Table 1)

ดังนั้นการใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีนั้นสามารถคัดแยกยางแผ่นรมควันที่มีส่วนผสมกรดพอร์มิก และกรดซัลฟิวริกได้อย่างรวดเร็วและไม่ต้องทำลายตัวอย่าง โดยมีแนวทางในการนำไปใช้งานจริงคือควรสแกนตัวอย่างสามครั้งแล้วหาค่าเฉลี่ยเป็น 1 สเปกตรัม จากนั้นจึงนำมาทำการทำนายการคัดแยกกรดพอร์มิกและกรดซัลฟิวริกในยางแผ่นรมควัน เนื่องจากมีความถูกต้องมากกว่าการนำสเปกตรัมทั้งหมด

5 กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

6 เอกสารอ้างอิง

- Fu, X., Ying, Y., Lu, H., Xu, H. 2007. Comparison of diffuse reflectance and transmission mode of visible-near infrared spectroscopy for detecting brown heart of pear. *Journal of Food Engineering* 83(3), 317-323.
- Kunghun W. 2014. Grade Classification of Ribbed Smoked using Image Processing. *Mechanical Engineering*. Bangkok Thailand: Engineering, Rajamangala University of Technology Thanyaburi. (In Thai)
- Osborne B., Fearn T., Hindle P.H. 1993. *Practical NIR Spectroscopy with Applications in Food and Bev-*

erage Analysis. Harlow, UK: Longman Scientific and Technical.

- Phuangsombut K., Suttiwijitpukdee N., Terdwongworakul A. 2016. Nondestructive classification of mung bean seeds by single kernel near-infrared spectroscopy. *Journal of Innovative Optical Health Sciences* 10(6), 1650053 (1-9).
- Tangkananurak N. 2002. The Principle of Near-Infrared Spectroscopy Technique. Training Workshop Product quality control techniques with Near Infrared Spectroscopy for competition in the World Trade Forum, 39 – 61. (In Thai)
- Tassanakul P. 2015. Stop using sulfuric acid in the rubber. Rubber Authority of Thailand. Available on: <http://www.thainr.com/uploadfile/20160115110920.pdf>. Accessed on 10 December 2018. (In Thai)
- Terdwongworakul, A., Nakawajana, N., Teerachaichayut, S., Janhira, A. 2012. Determination of translucent content in mangosteen by means of near infrared transmission. *Journal of Food Engineering* 109(1), 114-119.
- The Office of Industrial Econs. 2018. Export Statistics - Natural Rubber. Rubber Intelligent Unit. Available on: <http://rubber.oie.go.th/ImExThaiByProduct.aspx?pt=ex>. Accessed on 8 December 2018. (In Thai)
- Workman J., Weyer L. 2008. *Practical Guide to Interpretive Near Infrared Spectroscopy*. Boca Raton. FL, USA: CRC Press.