

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

-
1. แผนงานวิจัย -
โครงการวิจัย การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและประเมินคุณภาพมันสำปะหลัง
 2. กิจกรรมที่ 2 การประเมินคุณภาพและสารสำคัญในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy
 3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย) การประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy
ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ) Evaluation of Sugar Content in Cassava by Using Near Infrared Spectroscopy
 4. คณะผู้ดำเนินงาน
หัวหน้าการทดลอง นายนฤเทพ เวชภิบาล สังกัด กวป.
ผู้ร่วมงาน นางสาวจรรวรรณ บางแวก สังกัด กวป.
นางสาวอรวรรณ จิตต์ธรรม สังกัด กวป.

5. บทคัดย่อ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทยที่นำมาใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลากหลายด้าน เช่น อาหารสัตว์ สิ่งทอ สารให้ความหวาน และพลังงาน เป็นต้น น้ำตาลในแป้งมันสำปะหลังสามารถนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการแปรรูป และผลิตเป็นพลังงานเอทานอล การวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลังด้วยวิธีทางห้องปฏิบัติการพบว่าเป็นวิธีการวิเคราะห์ทางเคมีที่ใช้เวลานาน ค่าใช้จ่ายสูง และใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี (NIRS) จึงเป็นวิธีการตรวจสอบปริมาณน้ำตาลจำนวน 4 ชนิด (ฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมด) ในแป้งมันสำปะหลังที่จะนำมาใช้ในการทดแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เพราะสามารถวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ไม่ใช้สารเคมี และไม่ทำลายตัวอย่าง โดยทำการสุ่มเลือกตัวอย่างแป้งฟลาว และสตาร์มันสำปะหลัง จำนวน 365 ตัวอย่าง มาวัดสเปกตรัมเพื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่าง ด้วยเครื่อง NIRSystems 6500 ช่วงคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลัง โดยใช้เทคนิค HPLC ในระหว่างเดือน ตุลาคม 2559 ถึง กันยายน 2561 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จากผลการทดลอง พบว่าแป้งฟลาว และสตาร์มันสำปะหลังมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมด โดยเฉลี่ยเท่ากับ 0.86 1.31 1.14 และ 2.97% ตามลำดับ นำค่าที่ได้มาสร้างสมการทำนาย ด้วยเทคนิค PLSR โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ของสารน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 0.90 0.86 0.77 และ 0.82

ตามลำดับ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารสำคัญในกลุ่ม calibration (SEC) ของสาร น้ำตาลฟรุคโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมด เท่ากับ 0.012 0.081 0.050 และ 0.288% ตามลำดับ และ ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณสารสำคัญในกลุ่ม validation (SEP) ของน้ำตาลฟรุคโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมดเท่ากับ 0.015 0.091 0.059 และ 0.331% ตามลำดับ จากผลการทดสอบ พบว่า สมการสำหรับการประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลังนั้น สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณ น้ำตาลฟรุคโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำตาลทั้งหมดในแป้งพลาเว และสตาร์ชมันสำปะหลังโดยใช้เทคนิค NIRS ได้

Abstract

Cassava is one of the most significant economic crops of Thailand which is utilized in various types of industrial purposes such as feed, textile, sweetener and energy etc. Sugar content in cassava has also been modified as the bio-energy and processing products. However, determination of sugar constituents in the laboratory requires a long period of analysis and the use of expensive and environmentally aggressive reagents. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) is occupied to evaluate 4 sugar types (fructose, glucose, sucrose and total sugar) in flour and starch cassava for the replacement of conventional method, due to its fast, chemical-free and non-destructive technique. Flour and starch cassava samples were randomized and measured the spectrum by NIRSystems 6500 in wavelength region from 400 nm to 2500 nm. The contents of sugar were determined by high performance liquid chromatograph (HPLC) method and conducted from October 2016 to September 2018 at Postharvest and Processing Research and Development Division, Bangkok. The average contents of fructose, glucose, sucrose and total sugar were 0.86, 1.31, 1.14 and 2.97, respectively. Partial least squares regression (PLSR) was used to develop the calibration equation for prediction. The correlation coefficient (R) of fructose, glucose, sucrose and total sugar were 0.90, 0.86, 0.77 and 0.82%, respectively. The standard error of calibration (SEC) of fructose, glucose, sucrose and total sugar were 0.012, 0.081, 0.050 and 0.288%, respectively. The standard error of prediction (SEP) of fructose, glucose, sucrose and total sugar were 0.015, 0.091, 0.059 and 0.331%, respectively. The results showed that the calibration equations from obtained experiment had high values of R and low values of SEC and SEP which were indicating a good correlation between reference values and NIRS predicted values. Therefore, these results suggest that NIRS could be applied for evaluation 4 sugar types (fructose, glucose, sucrose and total sugar) in flour and starch cassava.

6. คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชเศรษฐกิจที่สำคัญชนิดหนึ่งของประเทศไทย ในช่วงปี 2557 - 2561 ผลผลิตมันสำปะหลังของโลกขยายตัวเพิ่มขึ้นร้อยละ 0.16 ต่อปี เนื่องจากประเทศผู้ผลิตได้ขยายการผลิตเพิ่มขึ้นโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อความมั่นคงอาหาร ความมั่นคงพลังงาน และความเป็นอยู่ที่ดีของเกษตรกร โดยผลผลิตมันสำปะหลังส่วนใหญ่อยู่ในทวีปแอฟริกา ร้อยละ 58.01 ของผลผลิตมันสำปะหลังทั้งหมด รองลงมาคือ เอเชีย ร้อยละ 30.86 ทั้งนี้ประเทศผู้ผลิตมันสำปะหลังที่สำคัญ 5 อันดับแรก คือ ไนจีเรีย ร้อยละ 20.21 ไทย ร้อยละ 10.06 อินโดนีเซีย ร้อยละ 7.58 บราซิล ร้อยละ 7.56 และกานา ร้อยละ 7.02 ตามลำดับ ผลผลิตมันสำปะหลังเข้าสู่กระบวนการแปรรูปทั้งหมด โดยแปรรูปเป็นมันเส้น มันอัดเม็ด แป้งมันสำปะหลัง และเอทานอล เพื่อใช้เป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง เช่น อาหาร อาหารสัตว์ สารให้ความหวาน ผงชูรส กระจกตา สิ่งทอ เคมีภัณฑ์ และพลังงาน เป็นต้น โดยความต้องการใช้ภายในประเทศไทย ในแต่ละปีประมาณร้อยละ 25 - 30 ที่เหลือร้อยละ 70 - 75 เป็นการส่งออก ความต้องการใช้ในประเทศไทย ช่วงปี 2557 - 2561 ขยายตัวเพิ่มขึ้นทุกปี โดยเฉพาะความต้องการใช้เพื่อผลิตเอทานอลที่มีแนวโน้มเพิ่มสูงขึ้นมาก สำหรับความต้องการใช้เพื่อผลิตแป้งมันสำปะหลังเพื่อเป็นวัตถุดิบในอุตสาหกรรมต่อเนื่อง และความต้องการใช้เพื่อผลิตมันเส้นเพื่อเป็นวัตถุดิบอาหารสัตว์ใกล้เคียงกันทุกปี (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2560) มันสำปะหลังจึงเป็นวัตถุดิบทางการเกษตรชนิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้หลากหลาย โดยเฉพาะอย่างยิ่งแป้งในมันสำปะหลังจัดเป็นแหล่งคาร์โบไฮเดรตที่สำคัญที่สามารถนำไปเป็นสารตั้งต้นประเภทน้ำตาล นำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องดื่ม สารให้ความหวาน และผลิตเป็นเอทานอลได้ โดยใช้กระบวนการ Simultaneous Saccharification and Fermentation (SSF) โดยเอนไซม์แอลฟาอะมิเลสที่ทำหน้าที่ผลิตน้ำตาลกลูโคส จะย่อยแป้งในสภาวะเดียวกับการหมัก กล่าวคือ ที่อุณหภูมิประมาณ 30 องศาเซลเซียส และค่าความเป็นกรด-ด่างประมาณ 4.0 ถึง 4.5 ซึ่งจะช่วยลดเวลาในการย่อยแป้ง รวมทั้งยังช่วยประหยัดพลังงานในกระบวนการผลิต โดยแป้งจะเปลี่ยนน้ำตาลให้เป็นแอลกอฮอล์ แอลกอฮอล์ที่ทำให้บริสุทธิ์ตั้งแต่ 95% โดยปริมาตร เรียกว่า "เอทานอล" (กรมวิชาการเกษตร, 2552) ข้อมูลปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลังเป็นข้อมูลสำคัญในการนำไปใช้ประโยชน์เพื่อการ แปรรูป และเพื่อผลิตเป็นพลังงาน ซึ่งข้อจำกัดของการวิเคราะห์คุณภาพด้วยวิธีมาตรฐานแบบเดิมโดยทั่วไปต้องทำการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งใช้เวลานาน ใช้สารเคมีที่อันตราย ใช้เครื่องมือราคาสูง และต้องใช้ผู้มีความชำนาญ จึงไม่สามารถตอบสนองความต้องการของผู้ประกอบการ หรือนักวิจัยได้ในเวลาที่มีจำกัด จึงควรนำวิธีการที่สามารถใช้แทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมาใช้ ซึ่งเทคนิค Near Infrared spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคตรวจสอบคุณภาพโดยใช้หลักการการสลายสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of correlation) หรือ R ระหว่างค่าการดูดซับแสงเนียร์อินฟราเรดที่ส่องผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เมื่อได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) ต่ำสามารถนำสมการที่ได้ใช้ทำนายค่าของตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ เทคนิค NIRS จึงเป็น

เทคนิคที่ใช้เวลาสั้นในการประเมิน ไม่ใช่สารเคมี และได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำนั้น ได้นำมาใช้ในการประเมินคุณภาพที่สำคัญของไขมันสำปะหลังแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ อาทิเช่น น้ำตาล ปริมาณแป้ง สตาร์ช โปรตีน อมิโลส ความหนืด และแอลกอฮอล์ เป็นต้น ในประเทศไทยมีการนำเทคนิค NIRS มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมหลายชนิด เช่น อุตสาหกรรมน้ำตาล ไขมันสำปะหลัง อาหารสัตว์น้ำและสัตว์น้ำ นมและผลิตภัณฑ์นม (วารุณี, 2545) เนื่องจากเทคนิคนี้สามารถวิเคราะห์ได้ในระบบสารหลาย ส่วนประกอบ วิเคราะห์ได้รวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถประยุกต์ใช้กับตัวอย่างที่มีความหลากหลายในสถานะทางกายภาพ รูปทรง และความหนา (Osborne, 1993) Lebot *et al.* (2013) ใช้เทคนิค NIRS ที่ช่วงความยาวคลื่น 350-2500 nm. ประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งไขมันสำปะหลังในช่วง 0.92-10.12% พบว่าค่า $R^2 = 0.86$, $F = 20$, $SEC = 1.14$, $SEP = 1.82$ และ $SD = 4.11$ ซึ่งเทคนิค NIRS สามารถนำสมการมาใช้ทำนายปริมาณน้ำตาลในไขมันสำปะหลังที่มีจำนวนมาก และต้องการความรวดเร็วในการตรวจสอบคุณภาพ Vasconcelos *et al.* (2018) ใช้เทคนิค FT-MIR ช่วง $4000-500\text{ cm}^{-1}$ มาใช้ประเมินปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครสในไขมันสำปะหลังจำนวน 26 ตัวอย่าง พบว่ามีน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส เท่ากับ 0.111-0.383 g/100g, 0.0317-0.256 g/100g และ 0.286-0.775 g/100g ตามลำดับ โดยใช้การปรับแต่งสเปกตรัม 2nd derivative เพื่อประเมินปริมาณน้ำตาลกลูโคส และฟรุคโตส มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9943 และ 0.9941 ตามลำดับ ส่วนน้ำตาลซูโครสใช้สเปกตรัมต้นแบบมาประเมิน โดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.8086 และปานมนัส (2557) ได้การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดปริมาณความชื้นในแป้งไขมันสำปะหลังหภาค โดยใช้เทคนิค NIRS ที่ช่วง wavenumber 12,500-4,000 cm^{-1} (800-2500 nm), micro NIR spectrometer ที่ช่วง wavelength 1150-2150 nm และ NIR gun ที่ช่วง wavelength 600-1100 nm ผลลัพธ์ของแบบจำลองทางสถิติชี้ให้เห็นว่า แบบจำลองจากเครื่อง FT-NIR spectrometer ที่สร้างจากข้อมูลชุดห้องปฏิบัติการ โรงงาน และห้องปฏิบัติการ สามารถประเมินปริมาณความชื้นได้ดีโดยมีค่า R^2 เท่ากับ 0.994 0.990 และ 0.991 ตามลำดับ

การทดลองนี้เพื่อศึกษาเทคนิค Near Infrared Spectroscopy มาใช้ประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งไขมันสำปะหลังโดยไม่ทำลายตัวอย่าง และสามารถทดแทนการวิเคราะห์ทางเคมีในห้องปฏิบัติการได้

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. แปะงฟลาวและสตาร์ซมันสำปะหลังพันธุ์และสายพันธุ์ต่างๆ จำนวน 280 ตัวอย่าง
2. เครื่องบดตัวอย่าง
3. เครื่องโครมาโทกราฟีแบบของเหลวสมรรถนะสูง (high performance liquid chromatography, HPLC) รุ่น 1260 Infinity ยี่ห้อ Agilent Technologies ประเทศสหรัฐอเมริกา
4. เครื่อง Near Infrared Spectroscopy รุ่น NIRSystems 6500 ยี่ห้อ FOSS ประเทศเดนมาร์ก
5. โปรแกรม The Unscrambler version 9.7 ประเทศนอร์เวย์

วิธีการ

1. รวบรวมตัวอย่างมันสำปะหลัง นำไปทำแปงฟลาว และแปงสตาร์ซ มันสำปะหลังพันธุ์และสายพันธุ์ที่อายุเก็บเกี่ยว และพื้นที่ปลูก ต่างๆ จำนวน 365 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 บรรจุตัวอย่างแปงในเซลล์บรรจุตัวอย่างชนิด standard cup นำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystems 6500 ด้วยชุดอุปกรณ์ transportation module ในช่วงความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร โดยวัดการสะท้อนกลับของแสง (reflectance) จะได้ข้อมูลเชิงแสง (optical data) ในรูปของสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลของทุกตัวอย่างให้ตรวจสอบค่านอกกลุ่ม (outlier) โดยการสังเกตด้วยตา หากมีสเปกตรัมผิดปกติให้คัดออก ซึ่งเส้นสเปกตรัมผิดปกตินี้ อาจเกิดจากการสแกนที่ผิดพลาด ส่วนที่ 2 นำไปวิเคราะห์หาปริมาณน้ำตาล โดยใช้วิธีการย่อยด้วยเอนไซม์ และวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC-RID

2. นำเส้นสเปกตรัมต้นแบบ (original spectra) ที่ได้ ไปสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค Partial Least Squares Regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler® version 9.7 (Camo, Oslo, Norway)

3. ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation, R) สูง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (standard error of calibration, SEC) ต่ำ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (standard error of prediction, SEP) ต่ำ

4. ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้น โดยนำสมการไปประเมินปริมาณน้ำตาล ในตัวอย่างมันสำปะหลังเปรียบเทียบกับค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

5. นำสมการประเมินปริมาณน้ำตาล ในตัวอย่างมันสำปะหลัง

เวลา ตุลาคม 2559 – กันยายน 2561

สถานที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติของตัวอย่างในการทำสมการ

ตัวอย่างมันสำปะหลังที่อยู่ในรูปแป้งฟลาว และแป้งสตาร์ชมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส (fructose) น้ำตาลกลูโคส (glucose) น้ำตาลซูโครส (sucrose) และน้ำตาลทั้งหมด (total sugar) ระดับต่าง ๆ พบว่า แป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในช่วง 0.82-0.93% น้ำตาลกลูโคส ในช่วง 0.84-1.81% น้ำตาลซูโครส ในช่วง 0.99-1.40% และน้ำตาลทั้งหมด ในช่วง 1.92-3.87% (Table 1)

จากการวัดค่าการดูดซับแสงของปริมาณน้ำตาลในย่าน NIR (400-2500 นาโนเมตร) โดยใช้เครื่อง NIR spectrometer พบว่า แป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังสามารถดูดซับแสงสูงที่ความยาวคลื่น 990 1450 1540 1930 2100 2280 และ 2330 nm เป็น ค่าการดูดซับแสงของโมเลกุลแป้งสตาร์ช (Williams and Norris, 2001) (Figure 1)

Table 1 The characteristics of samples used in model construction for fructose, glucose, sucrose and total sugar contents in cassava flour and starch analyzed by HPLC-RID.

Items	Fructose	Glucose	Sucrose	Total Sugar
Min-Max	0.82-0.93	0.84-1.81	0.99-1.40	1.92-3.87
Mean	0.86	1.31	1.14	2.97
SD	0.027	0.159	0.079	0.504
Number	180	365	351	358
Unit	%	%	%	%

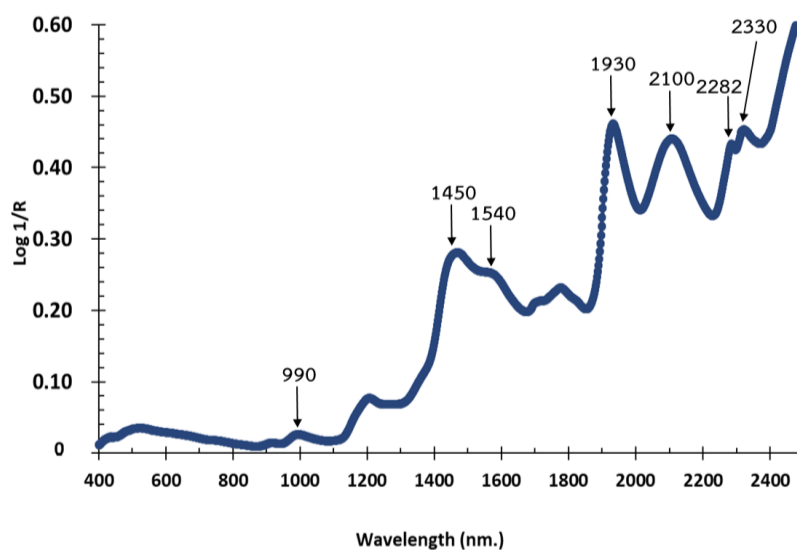


Figure 1 The original NIR spectra of cassava flour and starch at wavelength region 400-2500 nm.

การสร้างสมการประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลังด้วยเทคนิค NIRS

จากการนำเทคนิค NIRS มาใช้เพื่อสร้างสมการจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลของแป้งมันสำปะหลังในห้องปฏิบัติการ และค่าการดูดซับแสงในย่าน NIR (400-2500 nm) พบว่า ค่าจากสมการที่ได้มีค่าสหสัมพันธ์ (R) สูง โดยมีปัจจัยหลายอย่างมาเกี่ยวข้อง (Table 2) พบว่า

น้ำตาลฟรุกโตส มีค่า R เท่ากับ 0.90 ในขณะที่ค่า SEC เท่ากับ 0.012% ค่า SEP 0.015% ค่า Bias เท่ากับ -0.0001% ค่า F จำนวน 14 ปัจจัย และค่า SD 0.027%

น้ำตาลกลูโคสมีค่าความสัมพันธ์ R = 0.86 ค่า SEC = 0.081%, SEP = 0.091%, Bias = -0.0001% ปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการ (F) จำนวน 15 ปัจจัย และค่า SD = 0.159%

น้ำตาลซูโครสมีค่า R = 0.77, ค่า SEC = 0.050%, SEP = 0.059%, Bias = -0.0001%, F จำนวน 18 ปัจจัย และค่า SD = 0.79% และ

น้ำตาลทั้งหมด มีค่า R = 0.82, ค่า SEC = 0.288%, SEP = 0.331%, Bias = -0.001%, F จำนวน 16 ปัจจัย และค่า SD = 0.504% (Table 2, Figure 2)

Table 2 Results of PLSR calibration for concentration of fructose, glucose, sucrose and total sugar in cassava flour and starch.

Sugar Type	Wavelength (nm)	R	SEC (%)	SEP (%)	Bias (%)	F	SD (%)	N
Fructose	400-2500	0.90	0.012	0.015	-0.0001	14	0.027	180
Glucose	400-2500	0.86	0.081	0.091	-0.0001	15	0.159	365
Sucrose	400-2500	0.77	0.050	0.059	-0.0001	18	0.079	351
Total Sugar	400-2500	0.82	0.288	0.331	-0.001	16	0.504	358

R: Coefficient of correlation, SEC: Standard error of calibration, SEP: Stand error of prediction; Bias: The average difference between actual value and NIRS value, F: The number of factors used in the calibration equation, SD: Standard deviation of average, N: Number of samples

ความถูกต้องในการใช้สมการประเมิน

สมการทั้ง 4 สมการ สามารถใช้ประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยจะได้ใกล้เคียงกับค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการมีความผิดพลาด (Standard error of prediction; SEP) ต่ำกว่าค่าการวิเคราะห์ (SD) (Figure 2)

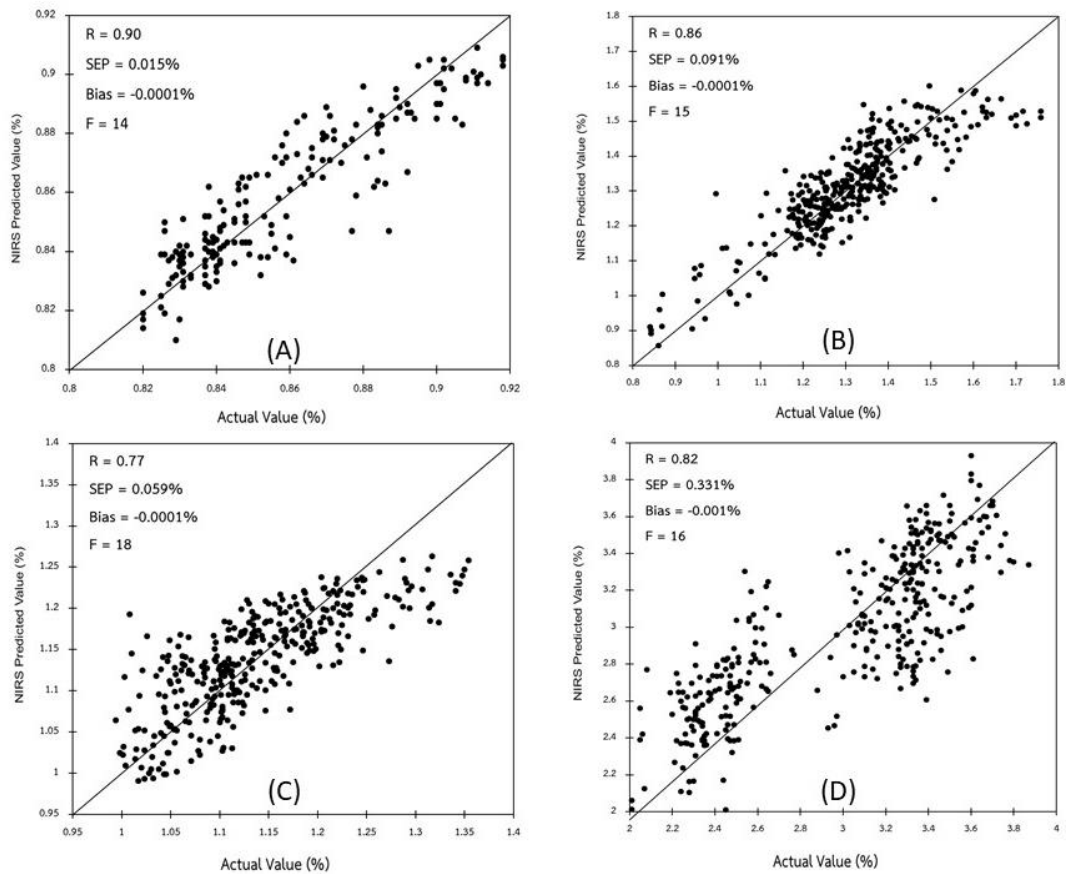


Figure 2 The relationship between fructose (A), glucose (B), sucrose (C) and total sugar (D) content (%) and each predicted content (%) in cassava flour and starch.

ค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient)

ค่า regression coefficient ของสมการการวิเคราะห์การถดถอยเชิงพหุคูณ (Multiple Linear Regression Analysis) ด้วยโปรแกรม The Unscrambler พบว่าคุณภาพของแป้งมันสำปะหลังที่นำมาวิเคราะห์ ปริมาณน้ำตาลปัจจัยหลายชนิดที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ในสมการที่ใช้ประเมินน้ำตาลฟรุกโตสแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 14 ปัจจัย พบว่ามีค่า regression coefficient ที่ความยาวคลื่น 990 1450 1540 1930 1960 2100 2280 2322 และ 2330 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้ง (Figure 3.A)

ในสมการที่ใช้ประเมินน้ำตาลกลูโคสแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 15 ปัจจัย พบว่ามีค่า regression coefficient ที่ความยาวคลื่น 990 1450 1540 1930 2100 2280 และ 2330 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้ง (Figure 3.B)

ในสมการที่ใช้ประเมินน้ำตาลซูโครสแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 18 ปัจจัย พบว่ามีค่า regression coefficient ที่ความยาวคลื่น 990 1450 1540 1930 2100 2280 และ 2330 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้ง (Figure 3.C)

ในสมการที่ใช้ประเมินน้ำตาลทั้งหมดแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 16 ปัจจัย พบว่ามีค่า regression coefficient ที่ความยาวคลื่น 990 1450 1540 1930 2100 2280 และ 2330 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้ง (Figure 3.D)

Osborne (1993) รายงานว่า ความยาวคลื่น 990 1450 1540 1930 2100 2280 และ 2330 นาโนเมตร จะเกี่ยวข้องกับแป้งและโปรตีน

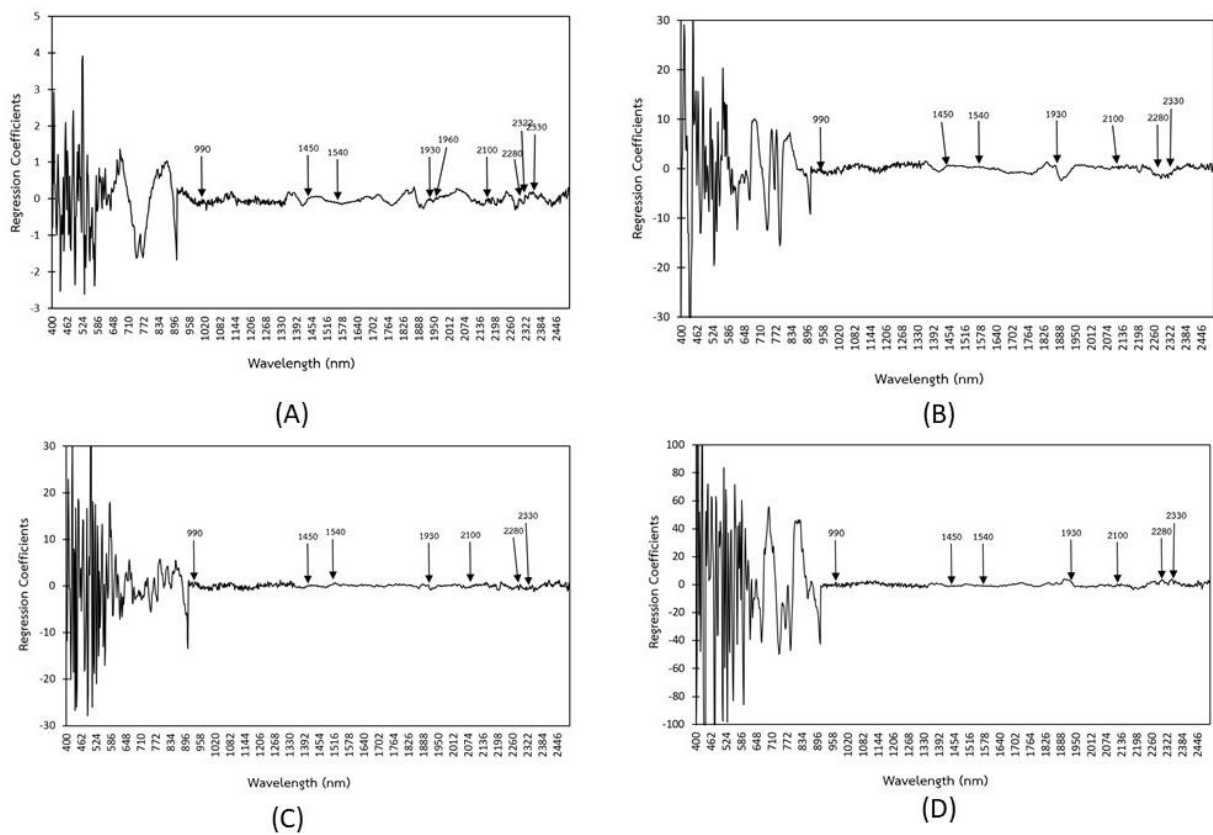


Figure 9 Regression Coefficient plots to evaluate fructose (A), glucose (B), sucrose (C) and total sugar (D) contents (%) in cassava flour and starch.

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีสามารถใช้ประเมินปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสในช่วง 0.82-0.93% กลูโคสในช่วง 0.84-1.81% ซูโครสในช่วง 0.99-1.40% และน้ำตาลทั้งหมดในช่วง 1.92-3.87% ในแป้งมันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ และให้ค่าการประเมินที่ถูกต้องในระยะเวลาสั้น โดยความยาวคลื่นที่ใช้ในเทคนิค NIRS เพื่อการประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลัง คือ 400 - 2500 นาโนเมตร ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection)

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นักวิชาการ และผู้ประกอบการ สามารถนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีไปประเมินปริมาณน้ำตาลในแป้งมันสำปะหลัง ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่ใช้สารเคมี ไม่ทำลาย และใช้ระยะเวลาสั้นในการประเมินตัวอย่าง

11. คำขอขอบคุณ

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่กลุ่มงานวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ ที่ช่วยเหลือให้งานวิจัย ลุล่วงไปด้วยดี

12. เอกสารอ้างอิง

- ปานมนัส ศิริสมบุญ. 2557. การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดปริมาณความชื้นในแป้งมันสำปะหลังหามาโดยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์ คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง. 108 หน้า
- พรรณนีย์ วิชาชู. 2549. มันสำปะหลังเพื่อผลิตเอทานอล. จดหมายข่าวผลิไบโอฟ กรมวิชาการเกษตร. ฉบับที่ 5 มิถุนายน 2549.
- วารุณี ธนะแพสย์ อนุพันธ์ เทิดวงศ์วรกุล และธงชัย สุวรรณสิขินม์. 2545. การควบคุมคุณภาพสินค้าด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เพื่อการแข่งขันในเวทีการค้าโลก. พิมพ์ครั้งที่ 1 สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2560. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2560. สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ. 215 หน้า.
- Lebot, V., R. Malapa. and M. Jung. 2013. Use of NIRS for the rapid prediction of total N, minerals, sugars and starch in tropical root and tuber crops. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science, 41 (3) : p. 144-153.
- Osborne, B.G., T. Fearn and P.H. Hondle. 1993. Practical NIR spectroscopy with applications in food and beverage analysis. Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd, Singapore. 227 pp.

Williams, P. and K. Norris. 2001. Near Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. Inc.: St Paul, Minesota. 312 p.

Vasconcelos, A.A., R.L. Cunha, E.F.M. Cunha, W.E.O. Campos, P.S. Taube and H.A.D Filho. 2018. Prediction of glucose, fructose and sucrose content in cassava (*Manihot esculenta Crantz*) genotypes from amazon using PLS models. Br. J. Anal. Chem., 2018, 5 (19), pp 29-37

13. ภาคผนวก

-

-