รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย :.....

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลัง .....

กิจกรรม : การประเมินคุณภาพและสารสำคัญในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :.....-.....

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): การประเมินความชื้นและปริมาณแป้งในมันสำปะหลังด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Evaluation of Moisture and Starch Contents of Fresh Cassava Root Using Near Infrared Spectroscopy

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางสาวอรวรรณ จิตต์ธรรม กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน : นางสาวจารุวรรณ บางแวก กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. Abstract

The aim of this research was to evaluate the moisture and starch contents in fresh cassava root by using Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Two hundred and fifty samples of fresh cassava root obtained from different varieties of cassava and harvested at different time intervals were collected. Samples were analyzed for moisture and starch contents by reference method and by scanning with NIRS at wave length 400-2500 nanometer. Current study was conducted at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture during the year 2017-2018. The Unscrambler software was used for Partial Least Squares regression. Results of modeling for moisture and starch contents showed a high correlation coefficient (R=0.87) and low standard error of prediction (SEP=1.58 and 2.33%, respectively). Results suggested that NIRS technique is effective to evaluate moisture and starch contents in fresh cassava root.

Key words: Near Infrared Spectroscopy (NIRS), moisture, starch, cassava root

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี มาใช้ในการประเมินปริมาณความชื้นและแป้งในหัวมันสำปะหลัง โดยรวบรวมมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยวและสายพันธุ์ต่างๆกัน

จำนวน 250 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrophotometer(NIRS) และวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นและแป้งด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ในปี 2560-2561 หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของหัวมันสำปะหลังกับปริมาณความชื้นและโปรตีนกับสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) Regression โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler ผลการทดลองพบว่าสมการประเมินปริมาณความชื้นและแป้งในหัวมันสำปะหลังมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูง(R) = 0.87 และค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (Standard Error of Prediction, SEP) เท่ากับ 0.15% และ 2.33% ตามลำดับ จากการทดลองสรุปได้ว่าสมการที่ได้สามารถนำไปใช้ประเมินปริมาณความชื้นและแป้งในหัวมันสำปะหลังได้

คำหลัก: เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) ปริมาณความชื้น แป้งมันสำปะหลัง

6. คำนำ

มันสำปะหลังเป็นพืชที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจชนิดหนึ่งของไทย มีผลผลิตเฉลี่ยประมาณ 30 ล้านตันต่อปีคิดเป็นร้อยละ 9 ของผลผลิตทั่วโลก ในปี 2561/2562 มันสำปะหลังมีแนวโน้มความต้องการเพิ่มมากขึ้นโดยใช้เป็นวัตถุดิบในการแปรรูปเป็นแป้ง มันเส้น และมันอัดเม็ด เป็นต้น องค์ประกอบของหัวมันสำปะหลังมีน้ำ 62.31-75.32% เปลือก 4.08-14.08% เนื้อ(แป้ง) 24.87-41.88% และไซยาไนด์ 2.85-39.27 ppm (กล้าณรงค์และคณะ, 2542) โดยทั่วไปมันสำปะหลังมีอายุเก็บเกี่ยวประมาณ 8-12 เดือน เนื่องจากในระยะนี้ให้เปอร์เซ็นต์แป้งสูงที่สุด ซึ่งเปอร์เซ็นต์แป้งขึ้นกับสายพันธุ์ อายุการเก็บเกี่ยวและสภาพ แวดล้อมในการเพาะปลูก การเก็บเกี่ยวมันสำปะหลังก่อนอายุที่เหมาะสมเนื่องมาจากแรงจูงใจด้านราคาหรือสภาพอากาศส่งผลให้เปอร์เซ็นต์แป้งลดลงและต้นทุนในการแปรรูปสูงขึ้น ในปัจจุบันราคาการซื้อขายมันสำปะหลังจะดูจากเปอร์เซ็นต์แป้งเป็นหลัก การวัดปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดจึงมีความสำคัญ ในปัจจุบันการวัดเปอร์เซ็นต์แป้ง ใช้เครื่องวัดแบบ Reimainn scale โดยใช้หลักการหาค่าความหนาแน่นของหัวมันสด ซึ่งหากหัวมันสดมีความหนาแน่นมากหมายถึงมีปริมาณแป้งมากเช่นกัน ซึ่งวิธีนี้มักจะประสบปัญหาการวัดที่ได้ค่าไม่แม่นยำ ทำให้เกษตรกรสูญเสียรายได้และมักเกิดข้อโต้แย้งระหว่างโรงงานและเกษตร

เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคที่ใช้กันอย่างแพร่หลายในการประเมินสินค้าเกษตรและผลิตภัณฑ์ เนื่องจากเป็นวิธีทดสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์ได้รวดเร็ว ปลอดภัยและไม่ใช้สารเคมีเช่น นำไปหาค่าของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเสาวรส (พิมพ์ใจ และคณะ, 2559) ปริมาณไนโตรเจน น้ำตาลและแป้งในมันสำปะหลัง มันเทศ และพืชหัวชนิดต่างๆ (Lebot *et al.,* 2013) เป็นต้น โดยใช้หลักการการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of correction) หรือ R ระหว่างค่าการดูดซับแสงเนียร์อินฟราเรดที่ส่องผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่วิเคราะห์จากห้อง ปฏิบัติการ เมื่อได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) ต่ำ สามารถนำสมการที่ได้ใช้ทำนายค่าของตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษา

ประสิทธิภาพของเทคนิค NIRS ในการประเมินความชื้นและปริมาณแป้งสตาร์ชในหัวมันสำปะหลังสดโดยไม่ทำลายตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ ในห้องปฏิบัติการ

7. วิธีดำเนินการ

อุปกรณ์

1. มันสำปะหลัง
2. เครื่อง Near Infrared Spectrophotometer จากบริษัท FOSS รุ่น 6500
3. ตู้อบ เครื่องชั่ง เครื่องแก้ว
4. อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตแป้งมันสำปะหลัง

วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง รวบรวมตัวอย่างมันสำปะหลังสดที่มีสายพันธุ์และอายุการเก็บเกี่ยวต่างกันจำนวน 250 ตัวอย่าง นำไปวัดการดูดซับแสงโดยหั่นเป็นชิ้นตามแนวขวางขนาดประมาณ 0.5 เซนติเมตร บรรจุในเซลล์แบบวงกลมสำหรับวัดการดูดซับแสงของเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 โดยใช้หลักการสะท้อนแสง (Reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

2. วิเคราะห์ปริมาณความชื้นและแป้ง ใช้ตัวอย่างหัวมันสำปะหลังสด 5 กรัม อบที่อุณหภูมิ 100 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง จากนั้นคำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น วิเคราะห์เปอร์เซ็นต์แป้งสตาร์ชในมันสำปะหลังหัวสด ด้วยวิธีตกตะกอน (sedimentation method) โดยใช้มันสำปะหลัง 250 กรัมปั่นด้วยน้ำ 500 มิลลิลิตร

3. สร้างสมการประเมินความชื้นและแป้ง สร้างสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยเทคนิค Partial Least Square Regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler® version 9.7 (CAMO, Oslo, Norway) พร้อมทั้งปรับปรุงสมการ โดยคัดเลือกสมการที่มีค่าความสัมพันธ์ (R) สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration: SEC) และค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (Standard Error of Prediction: SEP) ต่ำ

4. ทดสอบสมการ โดยนำสมการไปใช้ประเมินปริมาณความชื้นและแป้งสตาร์ทในหัวมันสำปะหลังสด เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการที่ประเมินด้วยเทคนิค NIRS และวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สถิติ t-test

ระยะเวลา ตค. 2559 -กย. 2561

สถานที่ดำเนินงานที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

คุณสมบัติของตัวอย่างในการทำสมการ

นำตัวอย่างมันสำปะหลังสด จำนวน 250 ตัวอย่าง วัดค่าการดูดซับแสงในย่าน Near Infrared ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร พบว่ามันสำปะหลังสดสามารถดูดกลืนแสงได้ที่ความยาวคลื่น 1450 และ 1900 นาโนเมตร (Figure1) ซึ่งที่ 1450 นาโนเมตร บ่งบอกการสั่นของพันธะ O-H แบบ first overtone stretching ภายในโมเลกุลของน้ำและแป้ง ที่ 1900 นาโนเมตร บ่งบอกการสั่นของพันธะ O-H + 2xC-O stretching ภายในโมเลกุลของแป้งในตัวอย่าง (Osborne *et al*., 1993) เมื่อนำมาวิเคราะห์ความชื้นและปริมาณแป้ง พบว่าตัวอย่างหัวมันสำปะหลังสดมีความชื้นอยู่ในช่วง 50.88-77.40% และมีปริมาณแป้งอยู่ในช่วง 13.68-32.49% (Table1)

การสร้างสมการประเมินความชื้นและปริมาณแป้งในหัวมันสำปะหลังสดด้วยเทคนิค NIRS

สร้างสมการความชื้นและปริมาณแป้งจากตัวอย่างมันสำปะหลัง 250 ตัวอย่าง ด้วยวิธี PLS regression แบบ Full cross validation โดยใช้ความยาวคลื่น 800-2500 nm พบว่า สมการความชื้นมีค่าความสัมพันธ์สูง โดยมีค่ามีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation, R) เท่ากับ 0.87 ค่า SEC= 1.35%, SEP=1.58% ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS (Averages of difference between actual and NIR values, Bias) เท่ากับ 0.0027% มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการ (Factor, F) จำนวน 15 ปัจจัย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (SD) เท่ากับ 2.71% สำหรับสมการปริมาณแป้งที่ความยาวคลื่น 400-2500 nm พบว่า มีค่าความสัมพันธ์สูง R = 0.87 ค่า SEC=1.95%, SEP=2.33%, Bias=-0.014% มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการ(F) เท่ากับ 16 และ SD=3.89% (Table2)

ค่า Regression coefficient

ค่า Regression coefficient จากสมการที่วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม The Unscrambler พบว่า ในสมการความชื้นของหัวมันสำปะหลังสด มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 15 ปัจจัย และค่า Regression coefficient สูงที่ความยาวคลื่น 880 990 1360 1695 1510 1780 และ 1948 นาโนเมตร สอดคล้องกับผลการทดลองของ Katayama และคณะ (1996) พบว่า ที่ความยาวคลื่นประมาณ 881 นาโนเมตรมีความสัมพันธ์กับความชื้นในมันเทศ ค่า Regression coefficient ในสมการประเมินปริมาณแป้งสตาร์ชในหัวมันสำปะหลังสด พบว่า มีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 16 ปัจจัย และค่า Regression coefficient สูงที่ความยาวคลื่น 928 1195 2280 1410 1900 และ 2100 นาโนเมตร (Figure 2B)

Osborn (1993) รายงานว่าที่ความยาวคลื่น 990 1900 และ 2100 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับแป้ง ความยาวคลื่น 1360 และ 1695 นาโนเมตร เกี่ยวข้องกับโปรตีน ที่ความยาวคลื่น 1510 นาโนเมตร เกี่ยวข้องกับ cellulose และ ที่ความยาวคลื่น 1450 และ 1948 นาโนเมตรเกี่ยวข้องกับน้ำ เห็นได้ว่า สมการเหล่านี้มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับ น้ำ แป้ง โปรตีน และเซลลูโลส ซึ่งเป็นองค์ประกอบในหัวมันสำปะหลังสด

การประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

จากค่าความคลาดเคลื่อนเมื่อนำสมการมาใช้ประเมินตัวอย่างอื่น พบว่าสมการที่ใช้ประเมินปริมาณความชื้นในมันสำปะหลังสด ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (SEP) 1.58% ซึ่งต่ำกว่าค่าความเบี่ยงมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (SD) เท่ากับ 2.71% (Figure 3) สำหรับสมการที่ใช้

ประเมินปริมาณแป้งในมันสำปะหลังสด พบว่ามีค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (SEP) 2.33% ซึ่งต่ำกว่าค่าความเบี่ยงมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (SD) เท่ากับ 3.89% (Figure 3) ทำการเปรียบเทียบค่าที่ได้จากการประเมินโดยใช้เทคนิค NIRS กับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (Table 3-4) ด้วยสถิติ t-test พบว่า ไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นสามารถนำเทคนิค NIRS มาให้ประเมินปริมาณความชื้นและแป้งในมันสำปะหลังสดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ใช้เวลารวดเร็ว

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีสามารถใช้ประเมินปริมาณปริมาณความชื้นและแป้งในมันสำปะหลัง หัวสดได้อย่างมีประสิทธิภาพทดแทนการใช้วิธีการแบบดั้งเดิมได้ มีความถูกต้องแม่นยำ ใช้เวลาสั้น และไม่ทำลายตัวอย่าง ซึ่งปริมาณความชื้นที่ประเมินได้อยู่ในช่วง 50.88-62.05% โดยใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection)ที่ความยาวคลื่น 800 – 2000 นาโนเมตร สำหรับปริมาณแป้งที่ประเมินได้อยู่ในช่วง 13.68-32.49% โดยใช้หลักการสะท้อนแสง(reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำเทคนิค Near Infrared Spectroscopy ไปใช้ในการประเมินปริมาณความชื้นและแป้งในมันสำปะหลังทดแทนการวิธีการแบบดั้งเดิมและการวิเคราะห์ทางเคมี รวมทั้งเผยแพร่ผลงานแก่นักวิชาการ เกษตรกร นักศึกษา ผู้ประกอบการและผู้ที่สนใจ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) –

12. เอกสารอ้างอิง

กล้าณรงค์ ศรีรอต, เกื้อกูล ปิยะจอมขวัญ, วัชรี เลิศมงคล และคณะ. 2542. การแปรรูปและการใช้ประโยชน์มันสำปะหลัง: เอกสารเผยแพร่ทางวิชาการ ฉบับที่ 5 ชุด โครงการเพื่อบรรเทาผลกระทบทางสังคมเนื่องจากวิกฤติการณ์ทางเศรษฐกิจ. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ.

พิมพ์ใจ สีหะนาม, พลกฤษณ์ มณีวระ, คาซูฮิโร นากาโน และ ดนัย บุณยเกียรติ. 2559. การประเมินปริมาณของแข็งที่ละลายน้ำได้ในเสาวรสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี. ว.พืชศาสตร์สงขลานครินทร์. ปีที่ 3 ฉบับพิเศษ(I): M07/94-101.

Katayama, K., K. Komaki, and S. Tamiya. 1996. Prediction of Starch, Moisture, and Sugar in Sweet potato by Near Infrared Transmittance. HORTSCIENCE 31(6):1003-1006.

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):144-153. DOI: 10.1080/01140671.2013.798335.

Osborne, B.G., T. Fearn, P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy with applications in food and beverage analysis, 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, Singapore. 227.

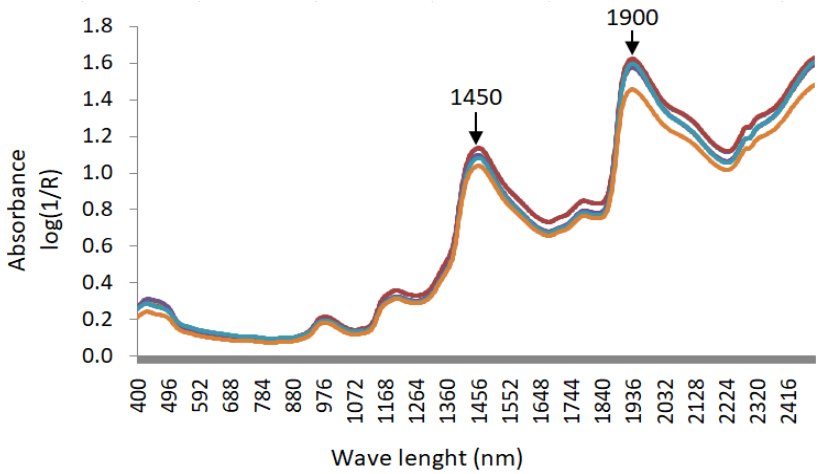

Figure 1 The original NIR spectra of fresh cassava root of 400-2500 nm

Table 1 The characteristics of samples used in model for moisture content and starch content of fresh cassava root

Items	Moisture content	Starch content
Min-Max	50.88-62.05	13.68-32.49
Mean	56.75	24.56
SD	2.71	3.89
Number	229	250
Unit	%	%

Table 2 The statistical analysis of NIRS models to predict moisture content and starch content of fresh cassava root by the Unscrambler program

Qualities	Wavelength (nm)	R	SEC	SEP	Bias	F	N	SD

Moisture content	800-2000	0.87	1.35	1.58	0.0027	15	229	2.71
Starch content	400-2500	0.87	1.95	2.33	-0.014	16	250	3.89

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, N: Number of sample SD: Standard deviation of average

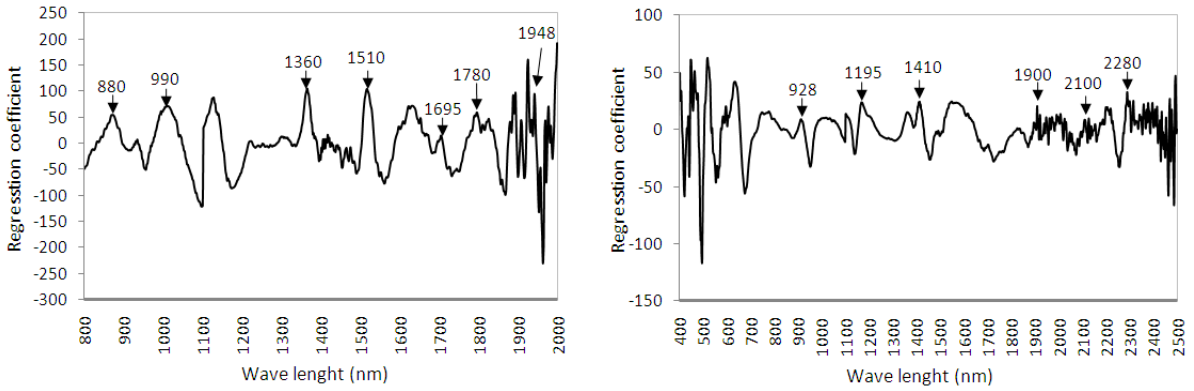

Figure 2 Regression coefficient plots to evaluate (A) moisture content and (B) starch content in fresh cassava root

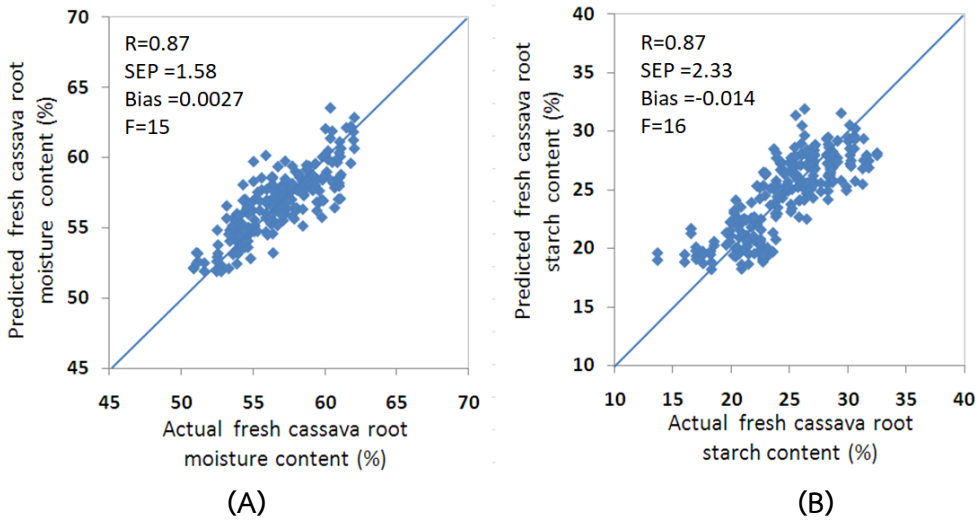

Figure 3 Scatter plot of moister content (%) (A) and starch content (%) (B) in fresh cassava root. Actual value (X-axis) vs. by NIRS (Y-axis).

Table 3 The validation of moisture content (%) in fresh cassava root by using NIRS

Sample	Actual value	Prediction value	Differentiation

R-1	59.48	63.03	-3.55
R-2	61.07	62.59	-1.52
R-3	62.09	64.87	-2.78
R-4	62.52	60.64	1.88
R-5	64.01	64.93	-0.93
R-6	62.35	63.63	-1.28
R-7	59.04	59.64	-0.60
R-8	61.97	61.15	0.82
R-9	64.00	64.14	-0.14
R-10	65.10	64.14	0.96
R-11	63.78	62.98	0.80
R-12	62.46	63.13	-0.67

Table 4 The validation of starch content (%) in fresh cassava root by using NIRS

Sample	Actual value	Prediction value	Differentiation
S1	24.81	25.13	-0.32
S2	22.86	23.51	-0.65
S3	24.97	25.40	-0.43
S4	25.71	25.54	0.17
S5	22.70	22.23	0.47
S6	24.39	23.47	0.92
S7	22.82	23.96	-1.15
S8	23.24	23.59	-0.35
S9	24.90	24.40	0.50
S10	25.72	25.94	-0.22
S11	23.15	23.65	-0.50
S12	20.55	19.39	1.16