

รายงานผลงานเรื่องเติมการทดลองที่สิ้นสุด

1. แผนงานวิจัย :

2. โครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวและการเพิ่มมูลค่ามันสำปะหลัง.....

กิจกรรม : การประเมินคุณภาพและสารสำคัญในมันสำปะหลังพันธุ์ต่าง ๆ ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) :

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): การประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งสำปะหลังด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Evaluation of Protein Content of Cassava Flour and Starch using Near Infrared Spectroscopy

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางสาวอรุวรรณ จิตต์ธรรม กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน : นางสาวจรรุวรรณ บางแวก กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. Abstract

The aim of this research was to evaluate the protein contents in cassava flour and starch by using Near Infrared Spectroscopy (NIRS). Two hundred and forty samples of cassava flour and starch obtained from different varieties of cassava and harvested at different time intervals were collected. Samples were analyzed for protein contents by reference method and by scanning with NIRS at wave length 800-2500 nanometer. Current study was conducted at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture during the year 2016-2017. The Unscrambler software was used for Partial Least Squares regression. Results of modeling showed a high correlation coefficient ($R=0.98$) and low standard error of prediction ($SEP=0.15\%$). Results suggested that NIRS technique is effective to evaluate protein contents in cassava flour starch.

Key Words: Near Infrared Spectroscopy, Protein, cassava flour, Starch

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีมาใช้ในการประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งพลาและสตาร์ชมันสำปะหลัง โดยรวบรวมมันสำปะหลังที่อายุเก็บเกี่ยวและสายพันธุ์ต่างๆ กัน นำไปทำแป้งพลาและแป้งสตาร์ช จำนวน 240 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น

800-2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrophotometer(NIRS) และวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการกองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิต ผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ในปี 2560-2561 หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของแป้งมันสำปะหลังกับปริมาณโปรตีนและสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) Regression โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler ผลการทดลองพบว่าสมการประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์สูง($R = 0.98$) และค่าความผิดพลาดมาตรฐาน ของสมการประเมินค่า (Standard Error of Prediction, SEP)=0.15% จากการทดลองสรุปได้ว่าสมการที่ได้สามารถนำไปใช้ประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังได้

คำหลัก: เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) โปรตีน แป้งมันสำปะหลัง

6. คำนำ

แป้งเป็นหนึ่งในผลิตภัณฑ์จากพืชที่สำคัญต่อมนุษย์ แหล่งที่มาหลักของแป้งคือธัญพืช เช่น ข้าว ข้าวโพด ข้าวสาลี และพืชหัว เช่น มันฝรั่ง และมันสำปะหลัง เป็นต้น มันสำปะหลังเป็นพืชหัวชนิดหนึ่งที่มีความสำคัญทางเศรษฐกิจของไทยโดยใช้บริโภคเป็นอาหาร และแปรรูปเป็นวัตถุดิบในภาคอุตสาหกรรม เช่น อุตสาหกรรมแป้งแปรรูปเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆได้หลากหลาย เช่น แป้งที่ใช้ทำอาหาร ขนม และเครื่องปรุงรสนอกจากนี้ยังนำไปใช้ในอุตสาหกรรมการทอผ้า กระดาษ และแอลกอฮอล์ เป็นต้น (สุภัทร, 2561) อุตสาหกรรมแป้งจึงมีความสำคัญ โดยแป้งแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือ แป้งฟลาวและแป้งสตาร์ช แป้งฟลาว คือคาร์โบไฮเดรตที่มีส่วนประกอบของคาร์บอน ไฮโดรเจน และออกซิเจนเป็นส่วนใหญ่ โดยยังมีส่วนประกอบอื่นๆ เช่น โปรตีน ไขมัน โยอาหาร และความชื้นรวมทั้งส่วนประกอบอื่นๆอยู่รวมอยู่ในปริมาณมาก ส่วนแป้งสตาร์ช (starch) คือแป้งที่สกัดเอาโปรตีน ไขมัน สารสีและเกลือแร่ออกให้เหลือน้อยที่สุด (กล้านรงค์ และ เกื้อกุล, 2550) องค์ประกอบทางเคมีและคุณสมบัติทางกายภาพของแป้งเป็นสิ่งสำคัญ ซึ่งจะแตกต่างกันขึ้นกับสายพันธุ์ สภาพแวดล้อมในการเพาะปลูก อายุการเก็บเกี่ยว กระบวนการผลิตแป้งและการเก็บรักษา เป็นต้น (Noda *et al.*, 2003; Tester and Kakalas, 2001; Sriroith *et al.*,1998; Sriroith *et al.*,1999) คุณสมบัติเหล่านี้ส่งผลต่อคุณลักษณะและคุณภาพของแป้งรวมทั้งการนำไปใช้ประโยชน์ การวิเคราะห์คุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีของแป้งก่อนการบริโภคหรือการนำไปทำผลิตภัณฑ์จึงเป็นสิ่งจำเป็น โปรตีนเป็นองค์ประกอบทางเคมีหนึ่งของแป้งที่มีผลต่อคุณภาพแป้ง โดย มาตรฐาน มอก. 274-2521 กำหนดคุณภาพแป้งสตาร์ชมันสำปะหลังชั้นที่ 1-3 ต้องมีปริมาณโปรตีนไม่เกิน 0.3% (กระทรวงอุตสาหกรรม, 2535) ปัจจุบันการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการต้องใช้เครื่องมือและสารเคมีหลายชนิด ใช้เวลานาน และผู้ดำเนินการต้องมีความชำนาญ

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคการประเมินที่ไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถตรวจวิเคราะห์รวดเร็ว ปลอดภัย และไม่ใช้สารเคมี และใช้กันอย่างแพร่หลาย เช่น ประเมินปริมาณโปรตีนในข้าว

(Jittham and Bangwaek, 2010) ปริมาณโปรตีน Tryptophane และ lycene ในข้าวโพด (Rosales *et al.*, 2011) ความหนืดของแป้งสาลีสำหรับหลัง (จารุวรรณ และคณะ, 2552) และใช้ในอุตสาหกรรมประเภทต่างๆ เช่น อาหาร ยา และเครื่องสำอาง (Blanco *et al.*, 2007; Bock and Conelly, 2008; Sakudo, 2016) เป็นต้น ซึ่งเทคนิค NIRS ใช้หลักการการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of correlation) หรือ R ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดที่ส่องผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์และค่าที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เมื่อได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) ต่ำ สามารถนำสมการที่ได้ใช้ทำนายค่าของตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้ วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษาการนำเทคนิค NIRS ไปใช้ในการประเมินความปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวและแป้งสาลีสำหรับหลังโดยไม่ทำลายตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. มันสำหรับหลัง
2. ตู้อบ เครื่องชั่ง เครื่องแก้ว
3. อุปกรณ์และเครื่องมือในการผลิตแป้งมันสำหรับหลัง
4. เครื่อง Near Infrared Spectrophotometer จากบริษัท FOSS รุ่น 6500
5. เครื่อง nitrogen combustion อุปกรณ์ สารเคมีในการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน

- วิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

รวบรวมมันสำหรับหลังที่อายุการเก็บเกี่ยวและสายพันธุ์ต่างๆกันมาผลิตแป้งฟลาวและสตาร์ช จำนวน 240 ตัวอย่าง โดยนำหัวมันสำหรับหลังมาล้างทำความสะอาด ปอกเปลือก นำไปผลิตแป้งฟลาวโดยหั่นเป็นชิ้นบางๆ นำไปตากแดดให้แห้ง นำมาบดให้ละเอียดและร่อนด้วยตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร ผลิตแป้งสตาร์ชโดยการนำหัวมันสำหรับหลังมาสับให้เป็นชิ้นเล็กๆ ใช้เครื่องปั่นขึ้นมันให้ละเอียดโดยเติมน้ำในขณะที่ปั่นจะได้น้ำแป้งที่มีลักษณะข้น จากนั้นนำไปกรองกากและสลัดน้ำออก นำแป้งหมาดไปอบที่อุณหภูมิ 60 องศาเซลเซียส จนแป้งมีความชื้นประมาณ 14% จากนั้นนำไปร่อนด้วยตะแกรงขนาด 150 ไมโครเมตร วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 โดยบรรจุตัวอย่างแป้งประมาณ 5 กรัมลงในอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง ใช้หลักการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร

2. ประเมินปริมาณโปรตีน

วิเคราะห์หาปริมาณโปรตีน ด้วยวิธี Nitrogen combustion (AOAC, 2005) ด้วยเครื่อง Nitrogen combustion รุ่น CN628 คำนวณปริมาณโปรตีน(%) = %N x 6.25

3. สร้างสมการประเมินโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ช

นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร และค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มาทำสมการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูปสร้างสมการโดยใช้หลักสถิติ Partial Least Square (PLS) regression แบบ Full cross validation จากโปรแกรม The Unscrambler® version 9.7 (Camo, Oslo, Norway) เลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Correlation coefficient: R) ให้ใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration: SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (Standard Error of Prediction: SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS(Averages of difference between actual and NIR values, Bias) ต่ำ

4. การประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

ทดสอบความแม่นยำของสมการโดยนำสมการที่ได้ไปใช้ประเมินปริมาณโปรตีนในตัวอย่างแป้งฟลาว และสตาร์ชมันสำปะหลังที่ไม่อยู่ในชุดการสร้างสมการ เปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการที่ประเมินด้วยเทคนิค NIRS และวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สถิติ t-test

ระยะเวลา ตค. 2560 -กย. 2561

สถานที่ดำเนินงานที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

นำตัวอย่างแป้งฟลาวและแป้งสตาร์ชมันสำปะหลังจำนวน 240 ตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงในย่าน

Near Infrared ที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร พบว่าแป้งสตาร์ชสามารถดูดกลืนแสงได้ดีกว่าแป้งฟลาว และที่ความยาวคลื่น 1450 1920 และ 2050 นาโนเมตร (Figure1) มีความสัมพันธ์กับปริมาณแป้งและโปรตีนในตัวอย่าง (Osborne *et al.*, 1993) ใกล้เคียงกันกับแป้งสาลีที่ดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 2056 นาโนเมตร ซึ่งเป็น Absorption band ของสารกลุ่มโปรตีน (ณรงค์พันธ์, 2009) จากนั้นนำตัวอย่างแป้งทั้ง 2 ชนิดมาวิเคราะห์ปริมาณโปรตีนในห้องปฏิบัติการ โดยวิธี Nitrogen combustion พบว่า แป้ง ฟลาวและแป้งสตาร์ชมันสำปะหลังมีปริมาณโปรตีนอยู่ในช่วง 0.18-2.78% (Table1)

การสร้างสมการประเมินโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ชด้วยเทคนิค NIRS

สร้างสมการประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังจำนวน 240 ตัวอย่าง ด้วยวิธี PLS regression แบบ Full cross validation โดยใช้ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร พบว่า สมการโปรตีนมีค่าความสัมพันธ์สูง โดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.98 ซึ่งค่า R ที่อยู่ในช่วง ± 0.96-0.98 หมายถึงสมการสามารถใช้ในการประยุกต์ใช้และการประกันคุณภาพได้ (William, 2007) นอกจากนี้จากผลการทดลองมีค่า SEC และค่า SEP ต่ำ เท่ากับ 0.13% และ 0.15% ตามลำดับ Bias เท่ากับ 0.0007% มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการ (Factor, F) จำนวน 9 ปัจจัย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ยของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ(SD)เท่ากับ 0.83% (Table2) Chen และคณะ (2008) ใช้เทคนิค NIRS ในการประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวของข้าว พบว่ามีค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (Coefficient of determination, R²) สูง คือ 0.99

เช่นเดียวกันกับการประเมินโปรตีนในแป้งสาลีที่มีค่า R^2 เท่ากับ 0.99 (Vasquez *et al.*, 2007) และเทคนิค NIRS สามารถใช้ในการควบคุมคุณภาพแป้งฟลาว โดยประเมินปริมาณโปรตีน ความชื้น สี ขนาดอนุภาค และความเสียหายของแป้งได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ (Osborne *et al.*, 2007)

ค่า Regression coefficient

ค่า Regression coefficient จากสมการที่วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม The Unscrambler พบว่า สมการประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลังมีค่า Regression coefficient สูงที่ความยาวคลื่น 970 1960 2000 2200 และ 2294 นาโนเมตร (Figure 2) ซึ่งที่ความยาวคลื่น 1980 และ 2180 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีน (William and Norris, 2001) ในแป้งฟลาวและสตาร์ช มันสำปะหลัง

การประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

จากการนำสมการที่ได้มาใช้ประเมินปริมาณโปรตีนในตัวอย่างแป้งฟลาวและสตาร์ชมันสำปะหลัง พบว่ามี ค่า SEP และ Bias ต่ำ เท่ากับ 0.15% และ 0.0007% ตามลำดับ (Figure 3) เปรียบเทียบค่าที่ได้จากการประเมิน โดยใช้เทคนิค NIRS กับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มีค่าความแตกต่างเท่ากับ -0.16-0.20 (Table 3) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี ด้วยสถิติ t-test พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินด้วยเทคนิค NIRS กับค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นสามารถนำเทคนิค NIRS มาให้ประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งฟลาวและสตาร์ชได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ใช้เวลารวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีสามารถใช้ประเมินปริมาณโปรตีนของแป้งฟลาวและสตาร์ช มันสำปะหลังได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ ใช้เวลาสั้นเพียง 2-3 นาที ไม่ทำลายตัวอย่าง และไม่ใช้สารเคมี ซึ่งปริมาณโปรตีนที่ประเมินได้อยู่ในช่วง 0.18-2.78% โดยใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร

10. การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำเทคนิค Near Infrared Spectroscopy ไปใช้ในการประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งสตาร์ชและแป้งฟลาวมันสำปะหลังโดยไม่ทำลายตัวอย่างทดแทนการวิเคราะห์ทางเคมี รวมทั้งเผยแพร่ผลงานแก่นักวิชาการ เกษตรกร นักศึกษา และผู้ที่สนใจ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) -

12. เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงอุตสาหกรรม. 2535. มาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรมแป้งมันสำปะหลัง. เอกสาร มอก. ที่ 274-2521, สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม. กรุงเทพฯ.
- กล้าณรงค์ ศรีรอด และเกื้อกุล ปิยะจอมขวัญ. 2550. เทคโนโลยีแป้ง. สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ. 303 หน้า.
- จากรวรรณ บางแวก อรวรรณ จิตต์ธรรม อรณิชา สุวรรณโณม และจากรัฐันท์ พุ่มประเสริฐ. 2552. การประเมินคุณภาพผลผลิตเกษตรโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy. หน้า 256-272. ใน: รายงานผลงานวิจัยเรื่องเต็ม ประจำปี 2552 สำนักวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร. กรมวิชาการเกษตร. กรุงเทพฯ.
- ณรงค์พันธ์ รัตนปนัดดา. 2009. การใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy(NIRS) ในการหาความชื้นและโปรตีนในแป้งสาลี. SDU res J.2(1). 1-14
- สุภัทร ธนบดีภัทร. 2561. สถานการณ์มันสำปะหลังที่เปลี่ยนแปลงไป. ธนาคารแห่งประเทศไทย สำนักงานภาคตะวันออกเฉียงเหนือ. สืบค้นเมื่อ 26 ธันวาคม 2561. ที่มา:
https://www.bot.or.th/Thai/MonetaryPolicy/NorthEastern/DocLib_Research/cassava_situation_change.pdf
- Blanco, M., Alcalá, M., Planells, J. and Mulero, R. 2007. Quality control of cosmetic mixtures by NIR spectroscopy. Analytical and bioanalytical chemistry, 389(5), 1577-1583.
- Bock, J.E. and R.K. Conelly. 2008. Innovative uses of near-infrared spectroscopy in food processing. J food Sci., Sep73(7) R91-8. doi: 10.1111/j.1750-3841.2008.00870.
- Chen, J. Y., Miao, Y., Sato, S., Zhang, H. 2008. Near infrared spectroscopy for determination of the protein content composition of rice flour. Food Sci. Technol. Res. 14(2),132-138.
- Jittham, O. and C. Bangwaek. 2010. The 2nd Asian Symposium on Near Infrared Spectroscopy. 15-18 October 2010, Shanghai, China. 99.
- Noda, T., S. Tsuda, M. Mori, S. Takigawa, C. Matsuura-Endo, K. Saito, W. H. A. Mangalika, A. Hanaoka, Y. Suzuki, H. Yamauchi. 2004. The effect of harvest dates on the starch properties of various potato cultivars. Food and Chemistry. 86(1), 119-125.
- Official Methods of Analysis. 2005. 18th ed., AOAC International, Maryland, USA.
- Osborne, B.G., Douglas, S., Fearn, T. 2007. The application of near infrared reflectance analysis to rapid flour testing. Int. J. Food Sci. Technol. 355-363.
- 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 .
- Rosales A., L. Galicia, E. Oviedo, C. Islas and N. Palacios-Rojas. 2011. Near-Infrared Reflectance Spectroscopy (NIRS) for Protein, Tryptophan, and Lysine Evaluation in Quality Protein Maize (QPM) Breeding Programs. Journal of Agricultural and food chemistry. dx.doi.org/10.1021/jf201468x.

- Sakudo, A., 2016. Near-infrared spectroscopy for medical applications: Current status and future perspectives Citation data: Clinicachimicaacta; international journal of clinical chemistry, 455, 8-181.
- Sriroth, K., S. Wanlapatit, K. Piyachomkwan, and C.G. Oates. 1999. Improved cassava starch granule stability in the presence of sulfur dioxide. *Starch/Starke* 50(11-12), 466-473.
- Sriroth, K., V. Santisopasri, K. Kurotjanwong K. Piyachomkwan, and C.G. Oates. 1998. Comparison of varieties and harvesting time on changes in extracted starch from cassava root *In* P. J. Larkin (Ed.). *Agricultural Biotechnology: Laboratory, field and market. Proceeding of the 4th Asia Pacific Conference on Agricultural Biotechnology.* 13-16 July 1998. Darwin Australia. Canberra, UTC Publishing. 391-394.
- Tester, R. F. and J. Kakalas, 2001. Starch: The Effects of Environmental Conditions on the Structural Features and Physico-chemical Properties of Starches. *Starch/Stärke* 53. 513–519.
- Vasquez, D., William, P. C., Watts, B. 2007. NIRS as a tool for quality screening. In wheat production in stress environment, Buck, H. T. Eds: Springer: New York. 527-533.
- Williams, P. 2007. Application to agricultural and marine products. In *Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology.* (eds. Y. Ozaki, W. F. McClure and A. A. Christy), New Jersey: John Wiley and Sons, Inc. Publication.165-218.
- Williams, P. and K. Norris. 2001. *Near Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries.* Inc.: St Paul, Minesota. 312.

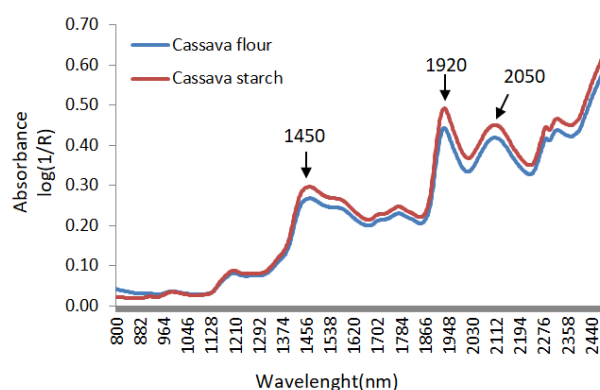


Figure 1 The original NIR spectra of cassava flour and starch at wavelength region 800-2500 nm

Table 1 The characteristics of samples used in model for protein content of cassava flour and starch

Items	Protein content
Min-Max	0.18-2.78
Mean	0.92
SD	0.83
Number	240
Unit	%

Table 2 The statistical analysis of NIRS models to predict protein content of cassava flour and starch by the Unscrambler program

Quality	Wavelength (nm)	R	SEC	SEP	Bias	F	N	SD
Protein content	800-2500	0.98	0.13	0.15	0.0007	9	240	0.83

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

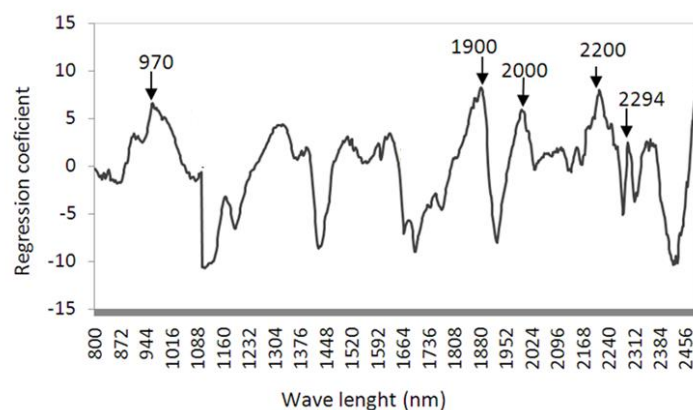


Figure 2 Regression coefficient plots to evaluate protein content in cassava flour and starch

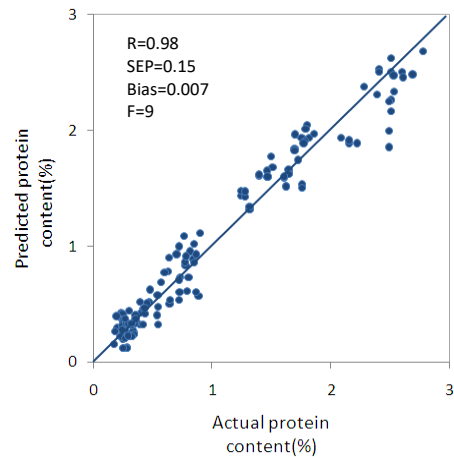


Figure 3 The relationship between actual protein content (%) and predicted protein content (%) from NIRS.

Table3 The validation of protein content (%) in cassava flour and starch by using NIRS

Sample	Actual value	Prediction value	Differentiation
Starch1	0.28	0.22	0.06
Starch2	0.22	0.19	0.02
Starch3	0.20	0.37	-0.17
Starch4	0.23	0.10	0.12
Starch5	0.20	0.31	-0.11
Starch6	0.23	0.21	0.02
Starch7	0.40	0.43	-0.02
Starch8	0.34	0.26	0.08
Starch9	0.24	0.40	-0.16
Starch10	0.24	0.40	-0.16
Flour1	0.80	0.74	0.07
Flour2	0.78	0.86	-0.09
Flour3	2.61	2.46	0.15
Flour4	2.69	2.49	0.20
Flour5	1.82	1.94	-0.12