รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

1. แผนงานวิจัย : วิจัยการประเมินคุณภาพผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรสเปกโตรสโคปี (Near Infrared Spectroscopy)

2. โครงการวิจัย : การประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy)

กิจกรรม : การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

กิจกรรมย่อย (ถ้ามี) : -

3. ชื่อการทดลอง (ภาษาไทย): การประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ชื่อการทดลอง (ภาษาอังกฤษ): Determination of corn seed germination percentage Using Near Infrared Spectroscopy

4. คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : นางสาวอรวรรณ จิตต์ธรรม กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน : นางสาวจารุวรรณ บางแวก กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

5. บทคัดย่อ

ความงอกของเมล็ดเป็นหนึ่งในปัจจัยหลักที่มีความสำคัญต่อการเพาะปลูกและมีผลโดยตรงต่อการเจริญของต้นกล้าและการคาดการผลผลิตในอนาคต อย่างไรก็ตามความงอกของเมล็ดสามารถลดลงได้ในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่นความชื้นและอุณหภูมิสูง เป็นต้น วิธีที่ใช้ในการประเมินความงอกของเมล็ดในปัจจุบันใช้เวลานานและตัวอย่างเมล็ดถูกทำลายไป วัตถุประสงค์ของงานวิจัยเพื่อศึกษาการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีมาใช้ในการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ทำลายตัวอย่าง โดยการรวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพต่างกัน จำนวน 119 ตัวอย่าง จากนั้นนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrophotometer (NIRS) และประเมินความงอกของเมล็ดด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ในปี 2561-2562 หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์กับปริมาณเปอร์เซ็นต์ความงอกและสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) และปรับแต่งเส้นสเปคตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ Multiplicative scatter correction (MSC) เพื่อลดการกระเจิงของแสง โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler ผลการทดลองพบว่าสมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูง(R) เท่ากับ 0.96 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration; SEC) และ ความผิดพลาดมาตรฐานของ

สมการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) ต่ำ เท่ากับ 2.63 และ 3.80% ตามลำดับ จากการทดลองสรุปได้ว่าเทคนิค NIRS สามารถนำไปใช้ในการประเมินความงอกในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้

คำหลัก: เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) ความงอก เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

Abstract

Seed germination is one of the primary determinants of high yield that directly affects the performance of seedling emergence and plant growth. However, seed germination may be lost during storage because of critical conditions, such as high moisture content and temperatures. At present, to estimate seeds germination are time consuming and samples were destructive. The objective of this research was to determine the seed germination of corn by using Near Infrared Spectroscopy (NIRS). One hundred and nineteen sample corn seeds obtained from different varieties and qualities were collected. Seed samples were evaluated for germination by reference method and by scanning with NIRS at wavelength 400-2500 nm. Current study was conducted at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture during the year 2018-2019. Partial Least Squares Regression (PLSR) was used to establish the relationship between the spectra and corn seed germination. Spectral pretreatment method such multiplicative scatter correction (MSC) was used through The Unsrambler software before calibration. Results of modeling showed a high correlation coefficient (R), low standard error of calibration (SEC) and standard error of prediction (SEP) as 0.96, 2.60% and 3.80% respectively. Results suggested that NIRS technique is effective to evaluate corn seed germination.

Key Words: Near Infrared Spectroscopy, germination, corn seed

6. คำนำ

ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญในประเทศไทย มีการปลูกกันแพร่หลายในภาคตะวันออกเฉียงเหนือ ภาคเหนือ และภาคกลางของประเทศ โดยในปีการเพาะปลูก 2561/2562 มีพื้นที่เพาะปลูก 6.78 ล้านไร่ ผลผลิตรวม 5.04 ล้านตัน คิดเป็นมูลค่า 40,418 ล้านบาท (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2562) ในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การตรวจสอบคุณภาพของปัจจัยการผลิตทางการเกษตรก่อนการเพาะปลูกเป็นสิ่งจำเป็นโดยเฉพาะคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ความงอกของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นปัจจัยหลัก

และเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับการวางแผนการเพาะปลูกและการประมาณการผลตอบแทนหลังการเก็บเกี่ยวในอนาคต หากเมล็ดมีคุณภาพสูงสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ ซึ่งความงอกของเมล็ดสามารถลดลงได้ในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิสูง เป็นต้น บ่อยครั้งที่เกษตรกรประสบปัญหาเกี่ยวกับการงอกของเมล็ดหลังจากการเพาะปลูก การทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเกษตรเพื่อประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเพาะปลูก โดยจะรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นกล้าปกติ ซึ่งสามารถประเมินความงอกและความสามารถในการตั้งตัวของต้นกล้าภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ โดยวิธีการทดสอบความงอกต้องเป็นไปตามมาตรฐานและได้รับการยอมรับจากหน่วยงาน เช่น สมาคมนักวิเคราะห์เมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analysts, AOSA) หรือสมาคมการทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (The International Seed Testing Association, ISTA) ซึ่งการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดตามวิธีการดังกล่าวโดยทั่วไปเป็นการทดสอบที่ใช้เวลานานประมาณ 7 วัน และตัวอย่างเมล็ดถูกทำลายไป ซึ่งหากมีความจำเป็นต้องทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์เป็นจำนวนมากอาจต้องใช้แรงงานและใช้เวลานาน เช่น ในระดับอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ที่มีความต้องการวิธีการประเมินความงอกที่ง่าย รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และสามารถประเมินได้ครั้งละหลายๆตัวอย่าง

เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคการประเมินที่ไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถตรวจวิเคราะห์รวดเร็ว ปลอดภัย และใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในปัจจุบันมีการนำมาใช้ในการประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์หลายชนิด เช่น การประเมินความงอกและความแข็งแรงของเมล็ดถั่วเหลือง (Al-Amery *et al.,* 2018) การประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดหวาน (Qiu *et al*., 2018) และการประเมินความงอกของมะเขือเทศ (Shrestha *et al.,* 2017) เป็นต้น ซึ่งเทคนิค NIRS ใช้หลักการการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (Coefficient of correction) หรือ R ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดที่ส่องผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์และค่าที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เมื่อได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) ต่ำ สามารถนำสมการที่ได้ใช้ทำนายค่าของตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการได้วัตถุประสงค์ของการทดลองเพื่อศึกษาการนำเทคนิค NIRS ไปใช้ในการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยใช้เวลาสั้นและไม่ทำลายตัวอย่าง

7. วิธีดำเนินการ

- อุปกรณ์

1. เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์
2. กระดาษเพาะงอก
3. กล่องพลาสติก และอุปรณ์ที่ใช้สำหรับเพาะงอกและประเมินความงอก ได้แก่ ฟอร์เซ็ป ถาดสี่เหลี่ยม น้ำกลั่น และสาร Clorox
4. เครื่อง Near Infrared Spectrophotometer จากบริษัท FOSS รุ่น 6500

- วิธีการ

1.การเตรียมตัวอย่าง

รวบรวมเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สายเลี้ยงสัตว์ที่มีสายพันธุ์และคุณภาพต่างกัน จากศูนย์วิจัยพืชไร่ นครสวรรค์ จำนวน 119 ตัวอย่าง วัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 โดยบรรจุตัวอย่างเมล็ดลงในอุปกรณ์บรรจุตัวอย่างชนิด ¼ rectangular ใช้หลักการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

2.ประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

ทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามวิธีการของสมาคมการทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (The International Seed Testing Association, ISTA) (ISTA, 1996) โดยการนำเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ จำนวน 50 เมล็ด จำนวน 4 ซ้ำ ล้างทำความสะอาดเมล็ดด้วย Clorox ที่ความเข้มข้น 20 เปอร์เซ็นต์ และน้ำกลั่น เป็นเวลา 5 นาที จากนั้นนำไปวางเพาะบนกระดาษเพาะงอก ณ อุณหภูมิห้อง และประเมินความงอกเมื่อต้นกล้าอายุครบ 7 วัน

3.สร้างสมการประเมินประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์

นำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และค่าการทดสอบความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในห้องปฏิบัติการ มาสร้างสมการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 (Camo, Oslo, Norway) โดยใช้หลักสถิติ Partial Least Square Regression(PLSR) แบบ Full cross validation และปรับแต่งเส้นสเปคตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ Multiplicative scatter correction (MSC) เพื่อลดการกระเจิงของแสง เลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน โดยดูจากค่า สัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (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

ทดสอบความแม่นยำของสมการโดยนำสมการที่ได้ไปใช้ประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่อยู่ในชุดสำหรับใช้ในการสร้างสมการ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการที่ประเมินด้วยเทคนิค NIRS และวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สถิติ t-test

ระยะเวลา ตุลาคม 2561 -กันยายน 2562

สถานที่ดำเนินงานที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

8. ผลการทดลองและวิจารณ์

นำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพต่างกัน จำนวน 119 ตัวอย่าง มาสแกนด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร พบว่า ผลของเส้นสเปคตรัม NIR ของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์แสดงดัง Figure 1 เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 1020 1195 1450 และ 1940 นาโนเมตร ซึ่งที่ความยาวช่วงคลื่นดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ แป้ง และโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Osborne *et al*., 1993) เมื่อนำเสปคตรัมของเมล็ดที่ความงอกต่างกัน 4 ระดับ คือ 99 85 75 และ 67 เปอร์เซ็นต์ มาเปรียบเทียบกัน พบว่า เทคนิค NIRS สามารถแยกเมล็ดที่มีความงอกต่างกันได้ โดยเมล็ดที่มีความงอกสูงสามารถดูดกลืนแสงได้ดีกว่าเมล็ดที่มีความงอกต่ำ (Figure 1) จากนั้นนำเมล็ดไปทดสอบหาเปอร์เซ็นต์ความงอกด้วยวิธีการของสมาคมการทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (ISTA) ผลจากการนำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงไปทดสอบความงอกมาตรฐาน พบว่าเมล็ดมีความงอกอยู่ในช่วง 62-99% มีค่าเฉลี่ย 82.99% ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 8.99% ตามลำดับ (Table 1) ซึ่งในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพดีต้องมีความงอกไม่ต่ำกว่า 75 เปอร์เซ็นต์

การสร้างสมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค NIRS

สร้างสมการโดยใช้หลักการหาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการและค่าการดูดซับแสง (400-2500 นาโนเมตร) สูงใกล้เคียง 1 ค่าทางสถิติที่แสดงถึงความถูกต้องแม่นยำของสมการต่างๆ ดูได้จากค่าความสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนในการคำนวณ (SEC) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) ต่ำ สร้างสมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอก ด้วยวิธี PLSR แบบ Full cross validation โดยใช้ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร โดยใช้สเปคตรัมดั้งเดิม ผลการสร้างสมการ พบว่า ใช้ตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 119 ในการสร้างสมการ สมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.89 ค่า SEC เท่ากับ 4.26%, SEP เท่ากับ 5.72% ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS (Averages of difference between actual and NIR values, Bias) เท่ากับ -0.015% และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการ (Factor, F) จำนวน 17 ปัจจัย (Table 2) เมื่อทดลองปรับแต่ง (Transform) เส้นสเปคตรัมเพื่อลดการกระเจิงของแสงก่อนที่จะนำไปสร้างสมการด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ Multiplicative scatter correction (MSC) ซึ่งเส้นสเปคตรัมของตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดที่มีการปรับแต่งแล้วแสดงดัง Figure 2 ผลการสร้างสมการ พบว่า สมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูงขึ้น ค่า SEC และ SEP มีค่าลดลง โดยมีค่า R เท่ากับ 0.96 ซึ่งค่า R ที่อยู่ในช่วง ± 0.96-0.98 หมายถึงสมการสามารถใช้ในการประยุกต์และการประกันคุณภาพได้ (William, 2007) นอกจากนี้มีค่า SEC เท่ากับ 2.63% SEP เท่ากับ 3.80% ค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS (Averages of difference between actual and NIR values, Bias) เท่ากับ -0.069% มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องในสมการ (Factor, F) จำนวน 19 ปัจจัย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (SD) เท่ากับ 8.99% (Table2) เช่นเดียวกันกับ Wu และคณะ (2017) ใช้เทคนิค NIRS ในการประเมินความงอกของเมล็ดข้าวสาลี พบว่าสมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูง 0.90 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินเท่ากับ 13.73% นอกจากนี้ Ambrose และคณะ (2016) ใช้ Fourier transform NIR ในการประเมินความมีชีวิตของเมล็ดข้าวโพด โดยใช้ความยาวช่วงคลื่น 1000-2500 นาโนเมตร พบว่าสามารถจำแนกเมล็ดที่มีชีวิตและไม่มี

ชีวิตได้ดีมีความแม่นยำถึง 100% จากผลการทดลองดังกล่าวข้างต้น พบว่า สมการที่มีการปรับแต่งเส้นสเปคตรัมด้วยวิธี MSC มีประสิทธิภาพดีกว่าสมการที่ใช้เส้นสเปคตรัมดั้งเดิมในการสร้างสมการ เนื่องจากมีค่า R สูงกว่า ค่า SEC และ SEP ต่ำกว่า ดังนั้นจึงเลือกสมการที่มีการปรับแต่งเส้นสเปคตรัมด้วยวิธี MSC ในการหาค่า Regression coefficient และการทำนายความแม่นยำของสมการในลำดับถัดไป

จากการหาความสัมพันธ์การทำนายเปอร์เซ็นต์ความงอกในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค NIRS และค่าประเมินความงอกมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สมการที่มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูง เท่ากับ 0.96 พบว่า สมการมีค่าความคาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) ต่ำเท่ากับ 3.80% และมีค่าสัมประสิทธิ์การพิจารณา (Coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.83 (Figure 3) และสามารถประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกได้อยู่ในช่วง 62-99% ซึ่งหากมีการทดลองเพิ่มเติมควรเพิ่มตัวอย่างที่มีค่าความงอกมาตรฐานในช่วง 0-60% จะทำให้ได้สมการการประเมินความงอกได้ดีและครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

Regression coefficient

ค่า Regression coefficient จากสมการที่มีการปรับแต่งเส้นสเปคตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ MSC ก่อนนำไปสร้างสมการ (germination2 model) พบว่า สมการประเมินความงอกในเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่า Regression coefficient สูงที่ความยาวคลื่น 990 1206 1570 1866 1940 2030 และ 2323 นาโนเมตร (Figure 4) ซึ่งที่ความยาวคลื่น 990 นาโนเมตร บ่งบอกการสั่นของพันธะ O-H แบบ second overtone stretching ภายในโมเลกุลของแป้งในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ สำหรับที่ความยาวคลื่น 1570 และ 2030 นาโนเมตร บ่งบอกการสั่นของพันธะ N-H แบบ first overtone stretching และ C=O second overtone stretching ซึ่งมีความสัมพันธ์กับปริมาณโปรตีนในตัวอย่างเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ นอกจากนี้ที่ความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร บ่งบอกการสั่นของพันธะ O-H แบบ O-H def. stretching ภายในโมเลกุลของน้ำในตัวอย่างเมล็ดข้าวโพด (Osborne *et al*., 1993)

การประเมินความถูกต้องแม่นยำของสมการ

ทดสอบความแม่นยำของสมการที่มีการปรับแต่งเส้นสเปคตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ MSC ก่อนนำไปสร้างสมการ ซึ่งมีค่า R เท่ากับ 0.96 โดยการนำสมการที่ได้มาใช้ประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ชุดอื่นที่ไม่อยู่ในชุดที่ใช้สร้างสมการ โดยนำตัวอย่างเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์จำนวน 10 ตัวอย่าง ไปสแกนด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrophotometer และทำนายค่าเปอร์เซ็นต์ความงอกเปรียบเทียบกับค่าทดสอบในห้องปฏิบัติการ พบว่า มีค่าความแตกต่างเฉลี่ย เท่ากับ 0.36% (Table 3) ทำการเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของทั้ง 2 วิธี ด้วยสถิติ t-test พบว่า ค่าที่ได้จากการประเมินด้วยเทคนิค NIRS กับค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นสามารถนำเทคนิค NIRS มาให้ประเมินความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้ ใช้เวลารวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง

9. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีสามารถใช้ประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกได้อย่างมีประสิทธิภาพ มีความถูกต้องแม่นยำ ใช้เวลาสั้นเพียง 2-3 นาที ไม่ทำลายตัวอย่าง ซึ่งเปอร์เซ็นต์ความงอกที่สามารถประเมินได้อยู่ในช่วง 62-99% โดยใช้เครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และปรับแต่ง (Transform) เส้นสเปคตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ แบบ Multiplicative scatter correction (MSC)

10.การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

นำเทคนิค Near Infrared Spectroscopy ไปใช้ในการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์โดยไม่ทำลายตัวอย่าง รวมทั้งเผยแพร่ผลงานแก่นักวิชาการ เกษตรกร นักศึกษา และผู้ที่สนใจ

11. คำขอบคุณ (ถ้ามี) –

12. เอกสารอ้างอิง

สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร. 2562. สารสนเทศ เศรษฐกิจเกษตรรายสินค้า ปี 2561. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตรกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. กรุงเทพฯ.

Al-Amery, M., R.L. Geneve, M.F. Sanches, et al., 2018. Near Infrared Spectroscopy use to predict soybean seed germination and vigor. Seed science research. 1-8. https://doi.org/10.1017/S0960258518000119.

Ambrose, A., S. Lohumi, W.H., Lee, et al., 2016. Comparative nondestructive measurement of corn seed viability using Fourier transform near-infrared (FT-NIR) and Raman spectroscopy. Sens. Actuator B-Chem. 224, 500–506.

International Seed Testing Association (ISTA). 1996. *International Rules for Seed Testing, Chapter 5: The GerminationTest*; International Seed Testing Association: Bassersdorf, Switzerland.

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.

Qiu G.J., E. Lü, H.Z. Lu, S. Xu, et. al., 2018. Single-Kernel FT-NIR Spectroscopy for Detecting Super sweet Corn (*Zea mays* L. Saccharata Sturt) Seed Viability with Multivariate Data Analysis. *Sensors, 18*, 1010; doi:10.3390/s18041010.

Shrestha, S., L. Deleuran, R. Gislum, et al., 2017. Separation of viable and non-viable tomato (Solanum lycopersicum L.) seeds using single seed near-infrared spectroscopy. Comput. Electron. Agric. 142, 348–355 Part A.

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.

Wu JZ., W.F. Dong, J.J. Dong, et al., 2017. Research on Optimization of Wheat Seed Germination Rate NIR Model Based on Si-cPLS. Spectroscopy and Spectral Analysis. 37(4).1114-1117.

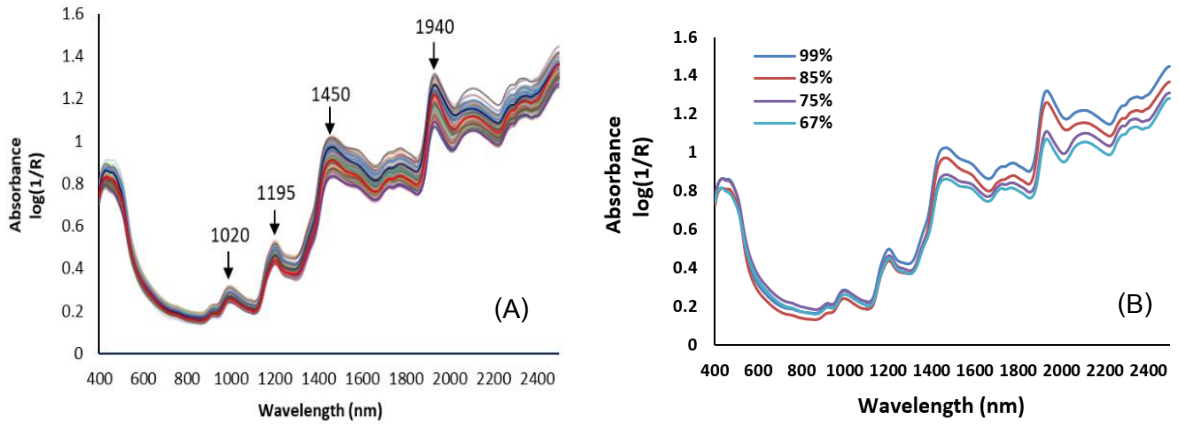

Figure 1 (A) The original NIR spectra of 119 corn seeds at wavelength 400-2500 nm and (B) the original NIR spectra of corn seed in various germination percentage at wavelength 400-2500 nm.

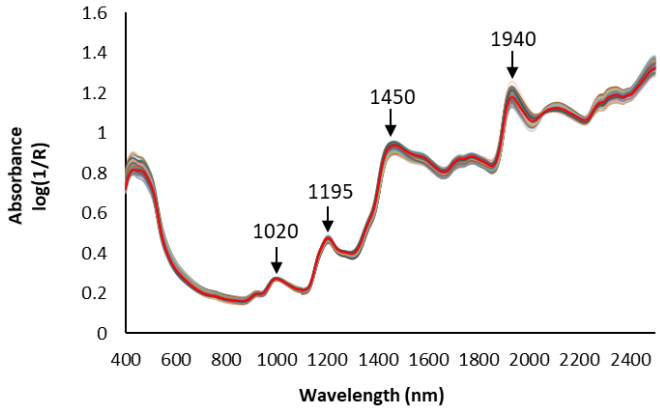

Figure 2 The Multiplicative scatter correction (MSC) NIR spectra of 119 corn seeds at wavelength 400-2500 nm.

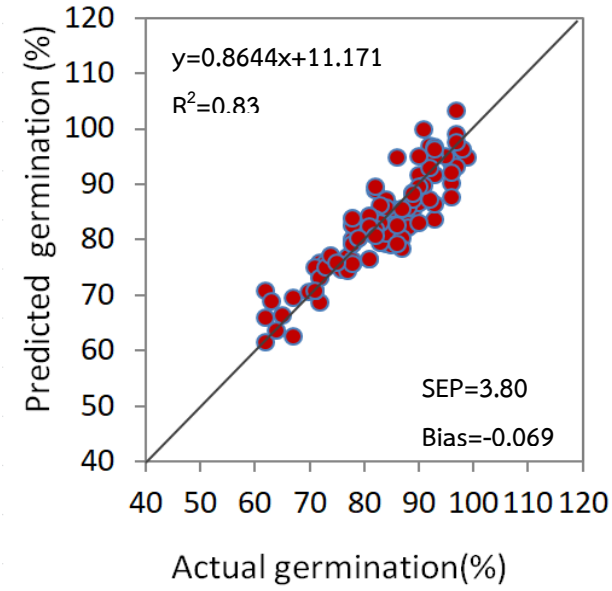

Figure 3 Scatter plots for validation model (germination2 model) of corn seed germination (%)

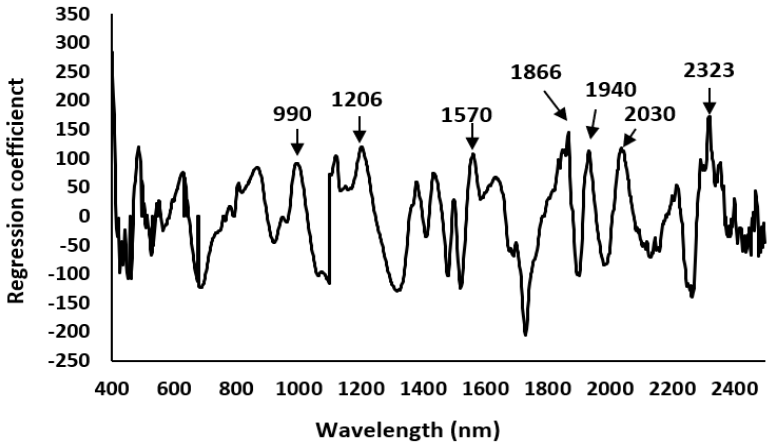

Figure 4 Regression coefficient plots (germination2 model) to evaluate germination percentage of seed corn at wavelength 400-2500 nm

Table 1 The characteristics of samples used in model for germination percentage of corn seed

Items	Germination (%)
Min-Max	62-99
Mean	82.86
SD	8.99
Number	119

Unit	%

Table 2 The statistical analysis of NIRS models to predict germination (%) of corn seed by the Unscrambler program.

Model	Wavelength (nm)	Pretreatment	R	SEC	SEP	Bias	F	N
Germination1	400-2500	Original	0.89	4.26	5.72	-0.02	17	119
Germination2	400-2500	MSC	0.96	2.63	3.80	-0.06	19	119

MSC: Multiplicative scatter correction, 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

Table 3 The validation of corn seed germination percentage (%) by using NIRS

Sample	Method to determine germination		Differentiation (x-y)	$(x-y)^2$
	Reference Method (x)	NIR prediction (y) (gemination2 model)		
1	63	61.05	1.96	3.82
2	68	66.68	1.32	1.73
3	73	74.21	-1.01	1.47
4	77	77.04	-0.04	0.001
5	86	88.33	-1.34	1.89
6	89	87.63	2.33	5.42
7	92	92.77	-0.77	0.59
8	93	91.80	-1.20	1.45
9	97	97.29	-0.29	0.08
10	99	96.60	-2.37	5.75
Total	837	833.40	3.60	22.23
Average	83.7	83.34	0.36	2.22