

รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

ชุดโครงการวิจัย : วิจัยและพัฒนาการเพิ่มมูลค่าผลผลิต

โครงการวิจัย : การประเมินคุณภาพผลผลิตและผลิตภัณฑ์โดยใช้เทคนิคการไม่ทำลายตัวอย่าง

กิจกรรมที่ 2 : การประเมินคุณภาพผลผลิตเกษตรโดยเทคนิค NIR Spectroscopy

ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) : การประเมินคุณภาพพืชตระกูลถั่วโดยใช้เทคนิคการไม่ทำลายตัวอย่างด้วย
Near Infrared Spectroscopy

ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) : The quality evaluation of legumes by Near Infrared Spectroscopy

คณะผู้ดำเนินงาน

หัวหน้าการทดลอง : ภัทวิไล ยอดทอง

หน่วยงานต้นสังกัด : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผู้ร่วมงาน : จารุวรรณ บางแวก

หน่วยงานต้นสังกัด : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

Abstract

Method of qualities determination in legumes were modified by near infrared spectroscopy (NIR) technique. The wave length region 1000-2500 nm was used. One hundred samples of legumes were used to create the effective model of qualities evaluation. Oil equation in legumes had high regression correlation (R); 0.95 and low standard error of prediction (SEP); 4.41 which standard deviation (SD) was lower than the laboratory method; 12.09 and also low standard error of calibration (SEC); 3.69. Ash equation in legumes had high regression correlation (R); 0.96 and low standard error of prediction (SEP); 0.28 which standard deviation (SD) was lower than the laboratory method; 0.84 and also low standard error of calibration (SEC); 0.23. Moisture equation in legumes had high regression correlation (R); 0.94 and low standard error of prediction (SEP); 1.03 which standard deviation (SD) was lower than the laboratory method; 2.66 and also low standard error of calibration (SEC); 0.93. Amylose equation in legumes had high regression correlation (R); 0.96 and low standard error of prediction (SEP); 2.61 which standard deviation (SD) was lower than the laboratory method; 6.14 and also low standard error of calibration (SEC); 1.73. Protein equation in legumes had high regression correlation (R); 0.98 and low standard error of prediction (SEP); 1.64 which standard deviation (SD) was lower than the laboratory method; 7.89 and also low standard

error of calibration (SEC); 1.36. After that, 20 samples of legumes were analyzed qualities by NIR technique compared with the laboratory method and the results of two methods were quite similar. When the oil results of two methods were plotted, it had high regression correlation (R); 0.99, ash results of two methods were plotted, it had high regression correlation (R); 0.96, moisture results of two methods were plotted, it had high regression correlation (R); 0.98, amylose results of two methods were plotted, it had high regression correlation (R); 0.99 and protein results of two methods were plotted, it had high regression correlation (R); 0.99. Which found that both methods are related can be quite good. Can be used to assess qualities in legumes. Accurate value, time and cost are lower.

Keywords : Legumes Quality Near Infrared Spectroscopy

บทคัดย่อ

การประเมินคุณภาพในพืชตระกูลถั่ว โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy(NIR) พบว่า สมการจากเมล็ดถั่วที่ไม่ต้องผ่านการบดในช่วงคลื่น 1000-2500 nm จำนวน 100 ตัวอย่าง สมการของค่าไขมันมีค่าความสัมพันธ์(R) 0.95 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 4.41 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) 12.09 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 3.69 สมการของเส้นใยมีค่าความสัมพันธ์(R) 0.96 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 0.28 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) 0.84 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 0.23 สมการของค่าความชื้นมีค่าความสัมพันธ์(R) 0.94 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 1.03 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่ 2.66 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 0.93 สมการของค่ามิโลสมีค่าความสัมพันธ์(R) 0.96 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 2.61 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) 6.14 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 1.73 สมการของค่าโปรตีนมีค่าความสัมพันธ์(R) 0.98 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 1.64 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ 7.89 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of

Calibration, SEC) 1.36 เมื่อนำสมการที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทำนายคุณภาพต่างๆ ในตัวอย่างเมล็ดถั่วจำนวน 20 ตัวอย่าง พบว่าเมื่อนำผลการประเมินด้วย Near Infrared Spectroscopy และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการมาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของไขมันระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.99 กราฟความสัมพันธ์ของเถ้าระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.96 กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.98 กราฟความสัมพันธ์ของอมิโลสระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.99 และกราฟความสัมพันธ์ของโปรตีนระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.99 ซึ่งพบว่าทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กัน สามารถใช้แทนกันได้ค่อนข้างดี สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพในพืชตระกูลถั่วได้ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าด้วย

คำสำคัญ: พืชตระกูลถั่ว คุณภาพ เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

คำนำ

ถั่ว เป็นพืชที่อยู่ในวงศ์ Fabaceae จัดแบ่งได้เป็น 3 กลุ่ม คือ

1. ถั่วฝัก (Bean) เป็นถั่วที่มีในฝักเมล็ดไม่กลม กินได้ทั้งฝัก เช่น ถั่วแขก ถั่วพู ถั่วฝักยาว ถั่วแปบ หรือกินเฉพาะเมล็ด เช่น ถั่วเหลือง ถั่วปากอ้า

2. ถั่วฝักเมล็ดกลม (Pea) เป็นถั่วในฝักที่มีเมล็ดกลม กินฝักสดที่ยังไม่แก่เต็มที่ บางครั้งเรียกว่า Green Pea เช่น ถั่วลันเตา ถั่วชิกพี

3. ถั่วเมล็ดแบน (Lentil) ลักษณะเมล็ดแบนเล็กเหมือนนัยน์ตาคน มีหลายสี เช่น เขียว น้ำตาล นอกจากนี้เมล็ดของถั่วทั้ง 3 กลุ่มยังแบ่งได้เป็น 2 ชนิด

1. ถั่วน้ำมัน (Oilseed legume) คือ ชนิดที่มีโปรตีนและไขมันสูง ซึ่งจะสะสมพลังงานในรูปไขมัน ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วลิสง

2. ถั่ว Pulse คือ ชนิดที่มีโปรตีนสูงและไขมันต่ำ ซึ่งสะสมพลังงานในรูปของคาร์โบไฮเดรต และเมล็ดมีแป้งสูง เช่น ถั่วเขียว ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วแดงหลวง ถั่วพุ่ม ถั่วลาย ถั่วปากอ้า ฯลฯ

การวิเคราะห์คุณภาพพืชตระกูลถั่วสามารถทำได้ด้วยวิธีการทางเคมีซึ่งมีต้นทุนการวิเคราะห์สูง และต้องใช้เวลาในการวิเคราะห์ค่อนข้างนานใช้เครื่องมือ สารเคมี และอุปกรณ์มาก การใช้หลักการของ รังสี Near Infrared Spectroscopy ที่มีช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 400 – 2500 นาโนเมตร ที่มีต้นทุนที่น้อยกว่า วิธีการสะดวก และใช้ระยะเวลาสั้น (ศุมาพร, 2552) การทำงานของเครื่อง NIR spectrometer อาศัยการดูดกลืนพลังงานแสงในแต่ละช่วงความยาวคลื่นของสารแต่ละชนิดมีไม่เท่ากัน และนำค่าความเข้มแสงที่ได้ในแต่ละความยาวคลื่นมาเขียนกราฟโดยใช้แกนนอนเป็นค่าความยาวคลื่น แกนตั้งเป็นค่าการดูดกลืนแสง จะได้กราฟการดูดกลืนแสงของตัวอย่างนั้นๆ (ศิริลักษณ์, 2552) และนำข้อมูลไปวิเคราะห์กับค่าที่ได้ในห้องปฏิบัติการ สามารถสร้างสมการทำนายและนำสมการที่ได้มาทำนายค่าของวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ เป็นวิธีการที่สะดวกและมีความแม่นยำสูง ไม่มีการทำลายตัวอย่าง และค่าใช้จ่ายต่ำ

ดังนั้นการศึกษาวิธีการประเมินคุณภาพพืชตระกูลถั่วด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจนำมาใช้เปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการซึ่งเป็นวิธีการเดิม

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

1. เมล็ดถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วลิสง ถั่วเขียว ถั่วขาว และถั่วเหลือง
2. เครื่อง Near Infrared Spectroscopy
3. เครื่องวิเคราะห์ไนโตรเจนด้วยวิธี kjeldalh
4. เครื่องวิเคราะห์ปริมาณไขมัน
5. เครื่อง spectrophotometer
6. เตาเผาถั่ว
7. ตู้อบ

วิธีการ

ปีงบประมาณ 2557

1. เตรียมตัวอย่างเมล็ดพืชตระกูลถั่ว
2. นำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm และนำตัวอย่างนั้นไปบดละเอียดและวัดค่าการดูดกลืนแสงอีกครั้ง
3. นำตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน โปรตีน เถ้า ความชื้น และอิมโบลอส ในห้องปฏิบัติการ
4. นำ spectra ต้นแบบ (original spectra) ที่ได้หรืออาจทำการแปลงผลข้อมูลเพื่อลดผลกระทบ จากปัจจัยต่างๆ noise หรือ errors จากการวัดที่ปรากฏใน spectrum ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler ของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์
5. ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Standard Error of Calibration (SEC) และค่า Correlation Coefficient (R)
6. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาสร้างสมการและวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาสมการที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า Standard Error of Prediction (SEP) และ Bias

ปีงบประมาณ 2558

1. ทดสอบเปรียบเทียบประสิทธิภาพของสมการที่ได้จาก Near Infrared Spectroscopy กับวิธีวิเคราะห์ทางเคมี โดยสุ่มเก็บตัวอย่างพืชตระกูลถั่วจากแหล่งต่างๆ มาเป็นตัวอย่างในการทดสอบประสิทธิภาพของสมการ และทำการปรับปรุงสมการ

2. ทดสอบความแม่นยำของสมการโดยใช้สมการทำนายคุณภาพพืชตระกูลถั่ว เทียบกับผลวิเคราะห์ที่ได้โดยวิธีทางเคมี
3. นำสมการที่ได้ไปเผยแพร่เพื่อใช้เป็นทางเลือกในการทำนายคุณภาพพืชตระกูลถั่ว ต่อไป

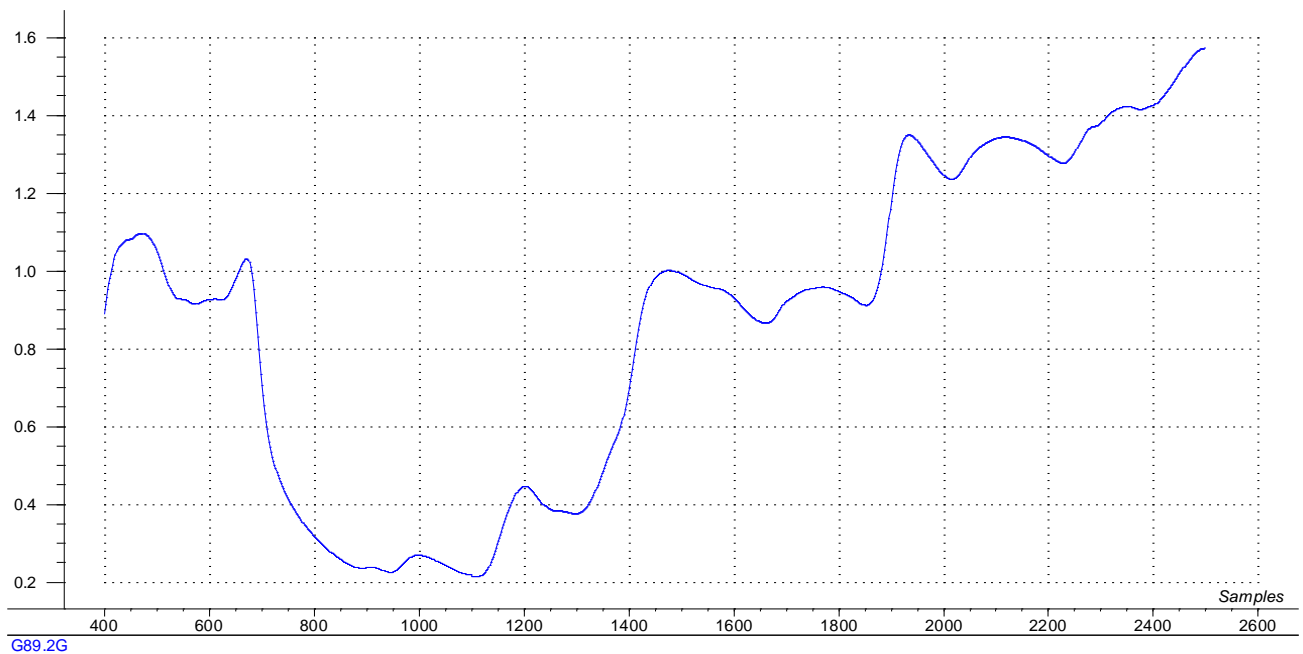
เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง : เริ่มต้น ตุลาคม 2556 – กันยายน 2558

สถานที่ทำการทดลอง : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลการทดลองและวิจารณ์

ปี 2557 ทดสอบนำเมล็ดถั่วจำนวน 6 ชนิด ได้แก่ ถั่วเหลือง ถั่วดำ ถั่วเขียว ถั่วขาว ถั่วแดง และถั่วลิสง ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm ซึ่งได้เส้นสเปกตรัมดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กราฟแสดงสเปกตรัมของเมล็ดถั่ว ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm

จากผลการวิเคราะห์คุณภาพด้านต่าง ๆ ในห้องปฏิบัติการ และเส้นสเปกตรัมของเมล็ดถั่วทั้ง 6 ชนิด ที่ความยาวคลื่น 1000 – 2500 nm ที่ได้แสดงให้เห็นว่าเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 1000 – 2500 nm มีแนวโน้มที่สามารถประเมินคุณภาพในพืชตระกูลถั่วได้ โดยการนำตัวอย่างไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm นำตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์คุณภาพต่างๆ ในห้องปฏิบัติการ นำ spectra ต้นแบบ (original spectra) ที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี

Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler ของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์ ได้ผลการของเมล็ดถั่ว จำนวน 70-100 ตัวอย่าง ทดสอบสร้างสมการที่ความยาวคลื่นต่างๆ กันเพื่อคัดเลือกช่วงคลื่นที่ดีที่สุดในการสร้างสมการ พบว่าช่วงคลื่นที่มีค่าสมการดีที่สุด (ตารางที่ 1) ของค่าไขมันที่ช่วงคลื่น 1500-2500 nm มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.82 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) คือ 30.52 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) คือ 46.21 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 26.73 สมการค่าเถ้าที่ช่วงคลื่น 1000-2500 nm มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.95 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) คือ 0.33 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) คือ 0.90 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 0.28 สมการค่าความชื้นที่ช่วงคลื่น 1000-2500 nm มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.86 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) คือ 1.15 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) คือ 2.09 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 1.05 สมการค่าอมิโลสที่ช่วงคลื่น 1000-2500 nm มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.95 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) คือ 2.99 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) คือ 8.04 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 2.54 และ สมการค่าโปรตีนที่ช่วงคลื่น 1000-2500 nm มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.96 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) คือ 3.04 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) คือ 7.62 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 2.52 ทดสอบทำนายตัวอย่างเมล็ดถั่วโดยสมการที่ได้และนำผลไปเปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการ พบว่า วิธีการวิเคราะห์คุณภาพในพีชตระกูลถั่วด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy ค่าที่ได้ยังมีความแม่นยำไม่มากพอที่จะนำมาใช้ประเมินได้ ต้องทำการปรับปรุงสมการ

ตารางที่ 1 สมการคุณภาพต่างๆ ของเมล็ดพีชตระกูลถั่ว ที่ความยาวคลื่นต่างๆ

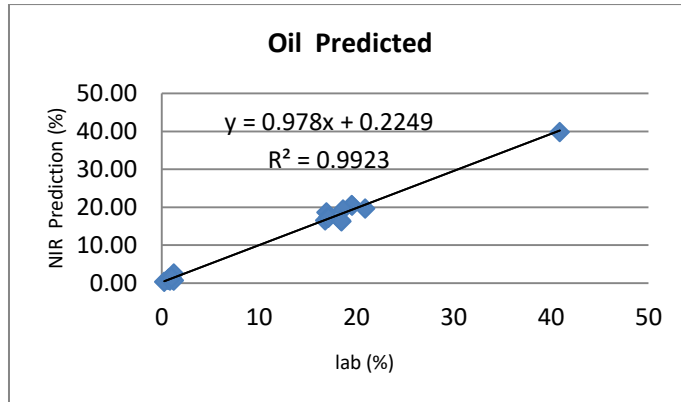
Item	Wavelength (nm)	R	SEP	SD
ไขมัน	1500-2500	0.82	30.52	46.21
เถ้า	1000-2500	0.95	0.33	0.90

ความชื้น	1000-2500	0.86	1.15	2.09
อมิโลส	1000-2500	0.95	2.99	8.04
โปรตีน	1000-2500	0.96	3.04	7.62

ปี 2558 ปรับปรุงสมการในช่วงคลื่น 1000-2500 nm พบว่า สมการของค่าไขมันมีค่าความสัมพันธ์(R) ดีขึ้นจาก 0.82 เป็น 0.95 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 4.41 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์โดยใช้ Soxhlet 12.09 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 3.69 สมการของเส้นใยมีค่าความสัมพันธ์(R) ดีขึ้นจาก 0.95 เป็น 0.96 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 0.28 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) 0.84 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 0.23 สมการของค่าความชื้นมีค่าความสัมพันธ์(R) ดีขึ้นจาก 0.86 เป็น 0.94 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 1.03 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่ 2.66 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 0.93 สมการของค่าอมิโลสมีค่าความสัมพันธ์(R) ดีขึ้นจาก 0.95 เป็น 0.96 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 2.61 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์โดยใช้ spectrophotometer 6.14 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 1.73 สมการของค่าโปรตีนมีค่าความสัมพันธ์(R) ดีขึ้นจาก 0.96 เป็น 0.98 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 1.64 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ 7.89 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 1.36 เมื่อนำสมการที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทำนายคุณภาพต่างๆ ในตัวอย่างเมล็ดถั่วจำนวน 20 ตัวอย่าง (ตารางที่ 2-6) พบว่าเมื่อนำผลการประเมินด้วย Near Infrared Spectroscopy และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการ มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของไขมันของถั่วระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.99 กราฟความสัมพันธ์ของเส้นใยของถั่วระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.96 กราฟความสัมพันธ์ของความชื้นของถั่วระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.98 กราฟความสัมพันธ์ของอมิโลสของถั่วระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.99 และกราฟความสัมพันธ์ของโปรตีนของถั่วระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ (R) 0.99 ซึ่งพบว่าทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันสามารถใช้แทนกันได้ค่อนข้างดี สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพในพืชตระกูลถั่วได้ปริมาณที่ใกล้เคียงกัน (ภาพที่ 2-6) ได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าด้วย

ตารางที่ 2 การทำวาเลเดชัน (Validation) ของค่าไขมันในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ลำดับที่	วิธีหาค่าไขมัน		d	d ²
	Reference Method	NIR Prediction	ผลต่าง (x-y)	ผลต่าง (x-y) ²
	X	Y		
1	1.20	0.75	0.45	0.21
2	1.24	2.51	-1.27	1.61
3	0.85	0.64	0.21	0.05
4	40.88	39.83	1.05	1.11
5	0.71	1.12	-0.41	0.17
6	0.65	0.84	-0.20	0.04
7	19.50	20.56	-1.06	1.12
8	19.56	20.41	-0.85	0.72
9	16.79	16.51	0.28	0.08
10	16.92	18.65	-1.73	3.00
11	20.91	19.63	1.28	1.63
12	17.11	17.39	-0.28	0.08
13	17.10	17.17	-0.07	0.01
14	18.62	19.39	-0.77	0.59
15	18.38	16.62	1.76	3.11
16	18.46	16.29	2.17	4.70
17	1.24	0.69	0.54	0.30
18	0.24	0.28	-0.04	0.00
19	0.82	0.88	-0.06	0.00
20	1.01	1.42	-0.41	0.17
ผลรวม	232.19	231.57	0.61	18.68
ค่าเฉลี่ย	11.61	11.58	0.03	0.93

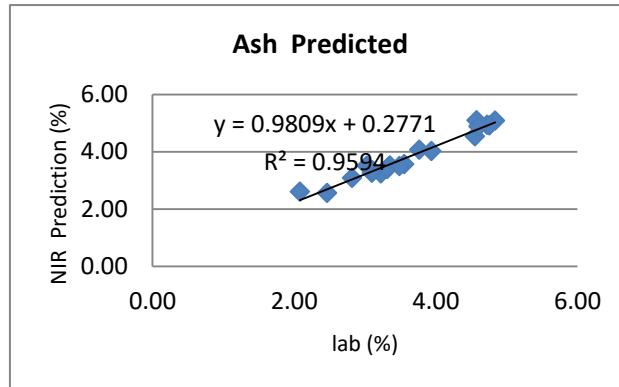


ภาพที่ 2 ความสัมพันธ์ของค่าไขมันในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ตารางที่ 3 การทำวาลิเดชั่น (Validation) ของค่าเก็บในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ลำดับที่	วิธีหาค่าเก็บ		d	d ²
	Reference Method	NIR Prediction		
	X	Y		
1	3.22	3.25	-0.03	0.00
2	3.10	3.28	-0.18	0.03
3	3.32	3.41	-0.09	0.01
4	3.35	3.53	-0.18	0.03
5	3.77	4.08	-0.32	0.10
6	4.73	4.95	-0.22	0.05
7	4.58	5.10	-0.53	0.28
8	4.84	5.09	-0.25	0.06
9	4.55	4.55	0.00	0.00
10	4.75	4.92	-0.17	0.03
11	3.10	3.36	-0.26	0.07
12	3.31	3.42	-0.11	0.01
13	3.55	3.57	-0.02	0.00
14	2.08	2.62	-0.54	0.29
15	2.47	2.58	-0.11	0.01
16	4.60	4.90	-0.29	0.09
17	2.82	3.09	-0.27	0.07
18	3.02	3.52	-0.49	0.24

19	3.49	3.51	-0.02	0.00
20	3.94	4.03	-0.09	0.01
ผลรวม	72.59	76.75	-4.16	17.30



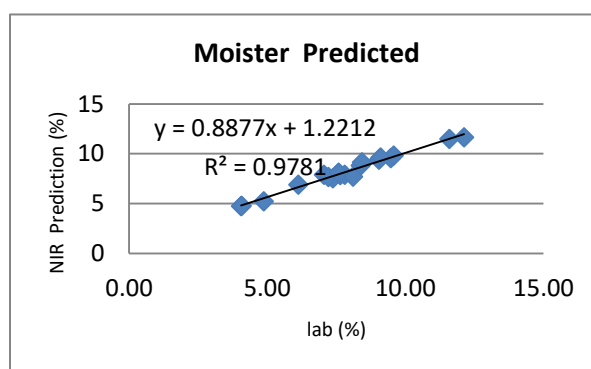
ค่าเฉลี่ย	3.63	3.84	-0.21	0.04
-----------	------	------	-------	------

ภาพที่ 3 ความสัมพันธ์ของค่าเก้าในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ตารางที่ 4 การทำวาลิเดชั่น (Validation) ของค่าความชื้นในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ลำดับที่	วิธีหาค่าความชื้น		d	d ²
	Reference Method	NIR Prediction		
	X	Y		
1	4.87	5.25	-0.38	0.14
2	7.06	7.89	-0.84	0.70
3	7.58	8.09	-0.51	0.26
4	7.38	7.53	-0.16	0.02
5	7.22	7.67	-0.45	0.21
6	9.47	9.58	-0.11	0.01
7	9.58	9.81	-0.23	0.06
8	8.38	8.84	-0.46	0.21
9	8.43	9.14	-0.70	0.49
10	7.80	7.89	-0.08	0.01
11	7.64	7.87	-0.23	0.05

12	6.13	6.90	-0.78	0.60
13	11.60	11.50	0.10	0.01
14	4.05	4.74	-0.69	0.48
15	4.07	4.79	-0.71	0.51
16	9.04	9.41	-0.37	0.14
17	9.11	9.63	-0.52	0.27
18	12.12	11.64	0.48	0.23
19	8.11	7.71	0.40	0.16
20	7.58	8.09	-0.51	0.26
ผลรวม	157.22	163.98	-6.76	4.82
ค่าเฉลี่ย	7.86	8.20	-0.34	0.24

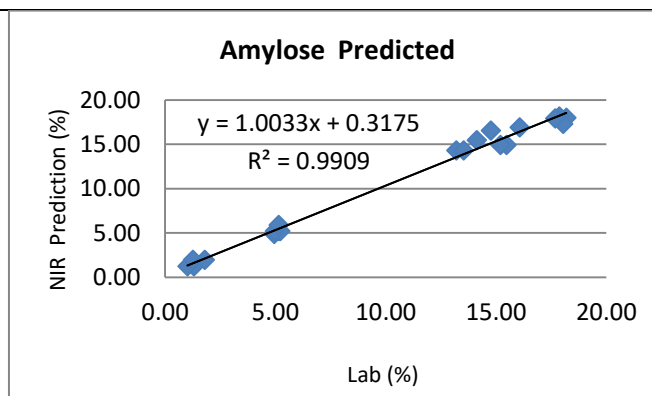


ภาพที่ 4 ความสัมพันธ์ของค่าความชื้นในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ตารางที่ 5 การทำวาลิเดชั่น (Validation) ของค่าอมิโลสในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ลำดับที่	วิธีหาค่าอมิโลส		d	d ²
	Reference Method	NIR Prediction		
	X	Y		
1	15.47	14.13	1.34	1.80
2	14.34	13.19	1.15	1.32
3	14.34	13.53	0.81	0.65
4	14.94	15.47	-0.53	0.28
5	14.94	15.19	-0.25	0.06

6	18.02	18.19	-0.17	0.03
7	18.17	17.86	0.30	0.09
8	16.58	14.77	1.81	3.26
9	17.33	18.05	-0.71	0.51
10	17.94	17.68	0.26	0.07
11	1.25	1.31	-0.06	0.00
12	1.25	1.02	0.24	0.06
13	1.96	1.26	0.70	0.49
14	1.96	1.80	0.16	0.03
15	16.93	16.06	0.87	0.76
16	4.92	4.94	-0.02	0.00
17	5.23	5.15	0.08	0.01
18	5.23	5.22	0.01	0.00
19	5.23	4.97	0.26	0.07
20	5.93	5.14	0.79	0.62
ผลรวม	211.96	204.93	7.03	49.40
ค่าเฉลี่ย	10.60	10.25	0.35	0.12

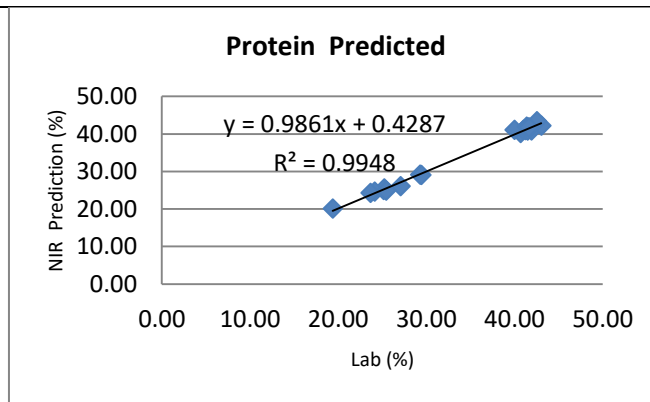


ภาพที่ 5 ความสัมพันธ์ของค่าอมิโลสในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ตารางที่ 6 การทำวาลิเดชั่น (Validation) ของค่าโปรตีนในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

ลำดับที่	วิธีหาค่าโปรตีน		d	d ²
	Reference Method	NIR Prediction	ผลต่าง (x-y)	ผลต่าง (x-y) ²
	X	Y		

1	19.37	20.08	-0.71	0.51
2	25.13	25.06	0.07	0.01
3	25.22	25.47	-0.26	0.07
4	24.11	24.63	-0.52	0.27
5	23.64	24.25	-0.61	0.37
6	27.06	26.09	0.97	0.94
7	41.47	41.00	0.47	0.22
8	41.90	40.93	0.97	0.94
9	41.23	41.00	0.22	0.05
10	40.68	40.22	0.46	0.21
11	40.98	41.03	-0.05	0.00
12	41.46	40.92	0.55	0.30
13	43.04	42.14	0.90	0.82
14	42.52	43.40	-0.89	0.78
15	39.99	41.04	-1.05	1.10
16	41.38	41.90	-0.51	0.27
17	41.62	41.73	-0.11	0.01
18	29.29	29.15	0.14	0.02
19	29.42	29.05	0.37	0.13
20	25.43	24.90	0.53	0.28
ผลรวม	684.95	683.99	0.96	0.92
ค่าเฉลี่ย	34.25	34.20	0.05	0.00



ภาพที่ 6 ความสัมพันธ์ของค่าโปรตีนในตัวอย่างเมล็ดถั่วที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธี NIR (predictive values: Y) และวิธีการทางเคมี (actual Values: X)

สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปใช้ในการประเมินคุณภาพในพืชตระกูลถั่วได้ โดยใช้ในการทำนายคุณภาพของพืชตระกูลถั่วได้ไม่ต่างจากวิธีทางห้องปฏิบัติการ วิธี NIR เป็นวิธีที่ใช้ง่าย สะดวก มีความแม่นยำและใช้เวลาน้อย จึงเหมาะจะเป็นวิธีที่ใช้ในการตรวจตัวอย่างวิเคราะห์จำนวนมากๆ ก่อน (screening) ถ้ามีตัวอย่างใดที่น่าสงสัยหรือสนใจเป็นพิเศษ จึงค่อยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีซ้ำ

การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปใช้ในการตรวจตัวอย่างวิเคราะห์จำนวนมากๆ ก่อน (screening) ถ้ามีตัวอย่างใดที่น่าสงสัยหรือสนใจเป็นพิเศษจึงค่อยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีซ้ำ
2. สมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจสอบคุณภาพของพืชตระกูลถั่ว

เอกสารอ้างอิง

ศุมาพร เกษมสำราญ. 2552. หลักพื้นฐานของเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. การอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจสอบสินค้าเกษตรโดยไม่ทำลายด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR Workshop). สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ศิวลักษณ์ ปฐวีรัตน์. 2552. เครื่อง NIR spectrometer Instrumentation for NIR spectroscopy. การอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจสอบสินค้าเกษตรโดยไม่ทำลายด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR Workshop).สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลผลิตทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.