

โครงการวิจัยพัฒนาและการใช้ประโยชน์จากแป้งพืชศักยภาพ

1.2 การประเมินคุณภาพแป้งฟลาวโดยใช้เทคนิค NIR Spectroscopy

จากรุวรรณ บางแวก อนุวัฒน์ รัตนชัย จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ
กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวผลผลิตและแปรรูปผลิตผลเกษตร

บทคัดย่อ

แป้งฟลาวพืชคือแป้งที่ได้จากการนำส่วนของพืชที่มีแป้งมาบดทำให้เป็นชิ้นบาง แล้วลดความชื้นให้เหลือต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ บดให้ละเอียดแล้ว แต่ละพืชจะมีองค์ประกอบทางเคมีหลักของแป้งฟลาวจะประกอบด้วย ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำมัน เถ้า เส้นใย และสารอาหารอื่นๆ อีกเล็กน้อย ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืช พันธุ์ และการจัดการในการปลูก การดูแล ซึ่งการที่จะได้ข้อมูลองค์ประกอบเหล่านี้ต้องนำผลผลิตพืชไปวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ชับซ้อน ใช้เวลานาน ใช้สารเคมีที่ค่อนข้างอันตราย การศึกษานี้จึงนำเทคนิค NIR Spectroscopy ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ประเมินคุณภาพอินทรีย์สาร นิยมใช้กันแพร่หลาย มาทดลองใช้ประเมินคุณภาพดังกล่าว เพื่อลดเวลา ค่าใช้จ่าย และได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ไม่ทำลายตัวอย่าง เพื่อใช้แทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ จากการทดลอง ได้สมการที่มีประสิทธิภาพจำนวน 4 สมการสำหรับประเมินความชื้น (%) โปรตีน (%) น้ำมัน (%) เถ้า (%) ในแป้งพืช ทุกสมการมีค่าความสัมพันธ์สูงระหว่างค่าการดูดซับแสงและค่าวิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ ($R=0.97, 0.95, 0.99$ และ 0.98 ของความชื้น โปรตีน น้ำมัน และเถ้า ในแป้ง ตามลำดับ) มีความคลาดเคลื่อนในการประเมินความชื้น โปรตีน น้ำมัน และเถ้า ในแป้ง เท่ากับ 0.44 1.75 1.90 และ 0.002% ตามลำดับ ซึ่งมีค่าต่ำกว่าค่าการเบี่ยงเบนมาตรฐาน (sd) ที่ความยาวคลื่น 400-2000 นาโนเมตร โดยใช้หลักการสะท้อนแสง

คำหลัก: เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) การไม่ทำลายตัวอย่าง คุณภาพแป้งฟลาว ความชื้น โปรตีน น้ำมัน เถ้า เส้นใย

เลขที่ทะเบียนวิจัย 03-16-55-01-01-00-02-57

Abstract

Major chemical components of crop flour were moisture, carbohydrate, protein, oil, ash, fiber, etc. Chemical components could indicate the quality of product that made of flour. But the amount of all components in crop yield were analyses in laboratory. Analyzation was hard, complicated, took time, hazard chemicals using. Near infrared spectroscopy (NIRS) was the effective technique to evaluate precisely and accuracy, taking short time, non destructive samples, free hazard chemicals, no need experiences these qualities in many organic qualities. Therefore, the objective of this experiment was to find out the effective method which was able to evaluate to replaced laboratory analyses for crop flour. The experiments were conducted at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture during the year 2015-18. It was found that NIRS technique was effective to evaluate moisture, protein, oil, ash in crop flour. In 4 equations, high correlation ($R=0.97, 0.95, 0.99$ and 0.98 , respectively in moisture, protein, oil and ash, respectively) were shown. Standard Error of Prediction (SEP) had shown $0.44, 1.75, 1.90$ and 0.002 %, respectively in moisture, protein, oil and ash. Meanwhile, standard deviation (SD) was higher. Appropriated wavelengths in range $400-2000$ nm and reflection mode were used in NIRS.

Key words: Near Infrared Spectroscopy (NIRS), non destructive, yield quality, moisture content, protein, oil, ash, flour

คำนำ

แป้งฟลาวพืชคือแป้งที่ได้จากการนำส่วนของพืชที่มีแป้งมาบดทำให้เป็นชิ้นบางแล้วลดความชื้นให้เหลือต่ำกว่า 14 เปอร์เซ็นต์ บดให้ละเอียดแล้ว องค์ประกอบทางเคมีหลักของแป้งฟลาวจะประกอบด้วย ความชื้น คาร์โบไฮเดรต โปรตีน น้ำมัน เถ้า เส้นใย และสารอาหารอื่นๆ อีกเล็กน้อย ปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีจะแตกต่างกันขึ้นกับชนิดพืช พันธุ์ และการจัดการในการปลูก การดูแล เช่นการ

ให้ปุ๋ย เป็นต้น ถึงเป็นพืชชนิดเดียวกัน แต่การจัดการต่างก็ทำให้องค์ประกอบทางเคมีในผลผลิตต่างกัน ได้ คุณภาพหรือองค์ประกอบทางเคมีของแป้งฟลาวของผลิตผลเกษตร คือ ปริมาณแป้งหรือคาร์โบไฮเดรท อมิโลส โปรตีน ไขมัน และคุณภาพแป้ง คือ ความหนืดแป้ง และ ค่า set back เป็นต้น การแตกต่างของ องค์ประกอบทางเคมีจะมีผลต่อคุณภาพของแป้งฟลาวได้ ทำให้มีผลต่อการนำไปใช้ประโยชน์ต่อไป ลักษณะเหล่านี้จะบอกถึงคุณภาพของแป้ง ซึ่งจะนำไปเป็นข้อมูลในการผลิตเป็นผลิตภัณฑ์ชนิดต่างๆ ได้ และ บอกถึงคุณภาพแป้งขณะนั้น การบอกถึงคุณภาพและองค์ประกอบทางเคมีต้องมีการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แต่การวิเคราะห์คุณภาพเหล่านี้มีวิธีการที่ยุ่งยาก ใช้เวลานาน ใช้สารเคมีและผู้ดำเนินการต้องมีความชำนาญ ถ้าสามารถหาวิธีการที่ให้ผลที่ถูกต้อง แม่นยำ ไม่ต่างจากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ใช้ ตัวอย่างจำนวนน้อย และไม่ทำลายตัวอย่าง ก็จะเป็นประโยชน์กับงานประเภทงานประจำมาก

เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIR Spectroscopy) เป็นวิธีที่ใช้กันอย่างแพร่หลาย เทคนิคนี้ใช้หลักการการดูดกลืนแสง NIR แล้วนำมาหาความสัมพันธ์กับค่าที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ ได้ สมการที่มีค่าความสัมพันธ์แบบถดถอย (Regression) สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินต่ำ ก็นำสมการที่ได้ไปประเมินตัวอย่างที่ต้องการ วิธีนี้ใช้กันอย่างแพร่หลายทั้งในสหรัฐอเมริกา ยุโรป ญี่ปุ่น เกาหลี และจีน ให้ความถูกต้อง แม่นยำ ใช้เวลาสั้น ไม่ใช้สารเคมี ตัวอย่างไม่ถูกทำลาย แต่สามารถใช้ประเมินได้เฉพาะ องค์ประกอบที่เป็นอินทรีย์สารเท่านั้น เทคนิคนี้ได้นำไปประเมินคุณสมบัติต่าง เช่น น้ำหนักแห้งในหัวหอม (Birth *et al.*, 1985), soluble solids ในแคนตาลูป (Dull *et al.*, 1989) ค่า °Brix ในพืช (Kawano *et al.* 1992) ปริมาณแป้ง ปริมาณโปรตีนในข้าวสาลี ความชื้นเมล็ด เป็นต้น

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคที่ใช้หลักการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสงในช่วง Near Infrared (800-2500 นาโนเมตร) ของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้หลักการทางสถิติ ถ้ามีความสัมพันธ์ (R) สูงมีความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์และการประเมินต่ำ ก็สามารถนำสมการที่ได้นำไปใช้ประเมินปริมาณและคุณภาพของตัวอย่างที่ต้องการวิเคราะห์ต่อไป ถ้าสามารถนำเทคนิค NIRS มาใช้ได้ ก็จะทำให้ไม่ต้องวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ประเมินผลได้ในเวลาสั้น ผลที่ได้ถูกต้องแม่นยำ ไม่ทำลายตัวอย่าง และมีค่าใช้จ่ายต่ำ

การทดลองนี้ เพื่อศึกษาประสิทธิภาพของเทคนิค NIR Spectroscopy ในการประเมินคุณภาพ แป้งฟลาวโดยไม่ทำลายตัวอย่าง แทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ

อุปกรณ์และวิธีการ

อุปกรณ์

- แป้งฟลาวจากผลิตผลเกษตรชนิดต่างๆ เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด เป็นต้น
- เครื่อง Near Infrared Spectrometer
- เครื่องชั่ง 4 ตำแหน่ง
- อุปกรณ์และเครื่องมือในการวิเคราะห์คุณภาพผลิตผล เช่น ความหนืดสูงสุด โปรตีน ไขมัน อมิโลส

เป็นต้น

วิธีการ

1. รวบรวมตัวอย่างแบ่งฟลาวของ ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด เป็นต้น จำนวนไม่ต่ำกว่า 100 ตัวอย่างในแต่ละประเภท โดยมีคุณภาพต่างๆ ตามตารางที่ 1
 2. นำตัวอย่างแต่ละตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนหนึ่งนำไปวัดค่าการดูดซับแสง ด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น FOSS6500 โดยใช้หลักการสะท้อนแสง (Reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร
 3. อีกส่วนหนึ่งไปวิเคราะห์หาปริมาณความชื้น โปรตีน ไขมัน ตามวิธีที่ใช้ในห้องปฏิบัติการ
 4. นำข้อมูลค่าการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ มาทำสมการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler (Camo, Oslo, Norway) โดยใช้หลักสถิติ Partial Least Square (PLS)
 5. เลือกสมการให้ได้สมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน โดยดูจากค่าสหสัมพันธ์ correlation coefficient (R) ให้ใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (Standard Error of Calibration: SEC) ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction: SEP) ต่ำเปรียบเทียบกับค่า standard deviation: (sd) จากการวิเคราะห์
 6. นำสมการไปทดสอบกับตัวอย่างอื่นๆว่ามีความถูกต้องหรือไม่
- เวลาดำเนินงาน ตั้งแต่ ต.ค. 2557 – ก.ย. 2558
- สถานที่ดำเนินงานที่ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

คุณสมบัติของตัวอย่างในการทำสมการ

นำตัวอย่างแบ่งฟลาวของพืชชนิดต่าง เช่น ถั่วเหลือง ถั่วเขียว ข้าวโพด และ อื่นๆ ที่มีคุณภาพระดับต่างๆ ดังตารางที่ 1

ปริมาณน้ำมันในแป้ง

จำนวนตัวอย่างที่ใช้ในการทำสมการ จำนวน 200 ตัวอย่าง มีค่าปริมาณน้ำมัน ตั้งแต่ค่าต่ำสุด คือ 0.027% จนถึงค่าสูงสุด คือ 28.46% ค่าเฉลี่ย เท่ากับ 4.23% โดยมีการกระจายตัวของค่าปริมาณน้ำมันดังภาพที่ 1 ตัวอย่างในบางช่วงยังน้อยอยู่ มีค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (standard deviation: sd) จากการวิเคราะห์ตัวอย่างในห้องปฏิบัติการ เท่ากับ 4.71%

ความชื้นแป้ง

ความชื้นแป้ง ใช้ตัวอย่างในรูปแป้งมีความชื้นตั้งแต่ 4.18-12.35% จำนวน 101 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 8.53% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ เท่ากับ 1.27% (ตารางที่ 1)

เถ้าในแป้ง

เถ้าของแป้ง ใช้ตัวอย่างในรูปแป้งมีปริมาณเถ้าตั้งแต่ 0.0043-0.051% จำนวน 36 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 0.027% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ เท่ากับ 0.0146% (ตารางที่ 1)

โปรตีนในแป้ง

โปรตีนของแป้ง ใช้ตัวอย่างในรูปแป้งมีความชื้นตั้งแต่ 4.86-40.867% จำนวน 152 ตัวอย่าง มีค่าเฉลี่ย 14.34% ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานในการวิเคราะห์ เท่ากับ 10.325% (ตารางที่ 1)

การสร้างสมการประเมินคุณภาพแป้งด้วยเทคนิค NIRS

ความชื้นในแป้ง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสง และค่าความชื้นในแป้ง คือ มีค่าสหสัมพันธ์สูง ($R = 0.97$) ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างสมการ (Standard Error of Calibration: SEC) มีค่าต่ำ เท่ากับ 0.31% ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินค่าความเป็นกรด (Standard Error of Prediction: SEP = 0.44%) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ค่าความมาตรฐานความเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (sd) จากการวิเคราะห์น้ำหนักแห้งในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่า 1.27% (ตารางที่ 2)

ปริมาณน้ำมัน (%) ในแป้ง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสงของแป้ง และปริมาณน้ำมัน (%) คือ มีค่าสหสัมพันธ์สูง ($R = 0.95$) ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างสมการ (SEC) มีค่าต่ำ เท่ากับ 1.52% ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินปริมาณน้ำมัน (SEP = 1.75%) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (sd) จากการวิเคราะห์ปริมาณน้ำมัน ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่า 4.71% (ตารางที่ 2)

ปริมาณโปรตีน (%) ในแป้ง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสงของแป้ง และปริมาณโปรตีน คือ มีค่าสหสัมพันธ์สูง ($R = 0.99$) ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างสมการ (SEC) มีค่าต่ำ เท่ากับ 1.72% ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินปริมาณโปรตีน (SEP = 1.90%) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (sd) จากการวิเคราะห์ปริมาณโปรตีน ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่า 10.33% (ตารางที่ 2)

ปริมาณเถ้า (%) ในแป้ง

ค่าสหสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดซับแสงของแป้ง และปริมาณเถ้า คือ มีค่าสหสัมพันธ์สูง ($R = 0.99$) ค่าความคลาดเคลื่อนในการสร้างสมการ (SEC) มีค่าต่ำ เท่ากับ 0.002% ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน

ปริมาณเก่า (SEP = 0.002%) ซึ่งมีค่าต่ำกว่า ค่าความเบี่ยงเบนจากค่าเฉลี่ย (sd) จากการวิเคราะห์ปริมาณเก่า ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งมีค่า 0.0146% (ตารางที่ 2)

ค่า Regression coefficient (ภาพที่ 3)

จาก Regression coefficient จากสมการที่วิเคราะห์ทางสถิติด้วยโปรแกรม The Unscrambler พบว่าคุณภาพผลผลิตที่ทำการวิเคราะห์ในรูปแบบพีชมีปัจจัยหลายชนิดที่มีส่วนเกี่ยวข้อง

ในสมการที่ใช้ประเมินความชื้นในแป้งจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 10 ปัจจัย พบว่า ค่า regression coefficient สูงที่ ความยาวคลื่น 948 1400 และ 1880 นาโนเมตร ในแป้ง

ในสมการที่ใช้ประเมินปริมาณน้ำมันในแป้งจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 15 ปัจจัย พบว่า ค่า regression coefficient สูงที่ ความยาวคลื่น 970 1095 1510 1720 และ 1980 นาโนเมตร ในแป้ง

ในสมการที่ใช้ประเมินปริมาณโปรตีนในแป้งจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 6 ปัจจัย ตามลำดับ พบว่า ค่า regression coefficient สูงที่ ความยาวคลื่น 1360 1528 1685 2000 และ 2242 นาโนเมตร ในแป้ง

ในสมการที่ใช้ประเมินปริมาณเก่าในเมล็ดและแป้งจะมีปัจจัยที่มีผลอยู่ 7 ปัจจัย พบว่า ค่า regression coefficient สูงที่ ความยาวคลื่น 970 1300 1660 1900 2000 และ 2220 นาโนเมตร ในแป้ง

Osborne (1993) รายงานว่า ความยาวคลื่น 990 1900 นาโนเมตร และความยาวคลื่น 760 970 1450 นาโนเมตร จะเกี่ยวข้องกับน้ำ 990 1440 1450 1528 1540 1580 1900 2000 2100 2252 2276 2461 จะเกี่ยวข้องกับแป้ง ความยาวคลื่น 910 1020 1510 1980 2050 2180 นาโนเมตร จะเกี่ยวข้องกับโปรตีน ความยาวคลื่น 928 1037 นาโนเมตร จะเกี่ยวข้องกับน้ำมัน ความยาวคลื่น 1490 1780 1820 2352 นาโนเมตร จะเกี่ยวข้องกับเซลลูโลส

สมการทั้ง 4 สมการสามารถใช้ประเมินคุณภาพผลผลิตในรูปแบบอย่างมีประสิทธิภาพ สามารถนำไปใช้ประเมินค่าความชื้น ปริมาณน้ำมัน โปรตีน และเก่า ได้ใกล้เคียงกับค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ (ตารางผนวกที่ 1 และ 2 สำหรับเก่าและโปรตีน ตามลำดับ) แต่จะเห็นได้ว่าสมการสำหรับประเมินเก่าจะมีความถูกต้องสูงกว่าสมการประเมินโปรตีน จึงควรปรับปรุงให้ดีขึ้นต่อไปเห็นได้ว่า

สรุปผลการทดลอง

-เทคนิค NIRS สามารถใช้ประเมินคุณภาพแป้งฟลาว คือ ค่าความชื้น ปริมาณน้ำมัน โปรตีน และเก่า ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยไม่ทำลายตัวอย่าง ให้ค่าการประเมินที่ถูกต้องในระยะเวลาสั้น

-ความยาวคลื่นที่ใช้ในเทคนิค NIRS เพื่อการประเมินคุณภาพผลผลิต คือ 400 - 2500 นาโนเมตร ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection)

เอกสารอ้างอิง

Birth, G.S., G.G. Dull, W.T. Renfore and S.J. Kays. 1985. Nondestructive spectrophotometric determination of dry matter in onions. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 110: 297-303.

Dull, G.G., G.S. Birth, D.A. Smittle and R.G. Leffler. 1989. Near infrared analysis of soluble solids in intact cantaloupe. *J. Food Sci.* 54: 393-395.

Kawano, S., H. Watanabe and M. Iwamoto. 1992. Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode. *J. Japan. Soc. Hort. Sci.* 61 (2): 445-451.

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 p.

ตารางที่ 1 ลักษณะของตัวอย่างแป้งฟลาวพีชที่มีคุณภาพระดับต่างๆ ที่ใช้ในการทำสมการ

รายการ	ปริมาณน้ำมัน	ความชื้น	เถ้า	โปรตีน
ค่าต่ำสุด-สูงสุด	0.027-28.46	4.18-12.35	0.0043-0.051	4.86-40.867
ค่าเฉลี่ย	4.23	8.53	0.027	14.34
Sd	4.71	1.27	0.0146	10.325
จำนวน	200	101	36	152
หน่วย	%	%	%	%

ตารางที่ 2 ค่าทางสถิติของสมการที่มีประสิทธิภาพจากเทคนิค NIRS ที่ใช้ในการประเมินคุณภาพแป้งฟลาวพีช

รายการ	ความยาวคลื่น (นาโนเมตร)	R	SEC	SEP	Bias	F	N	sd
ความชื้น	400-2500	0.97	0.31	0.44	-0.01	10	101	1.27
น้ำมัน	400-2500	0.95	1.52	1.75	0.032	15	200	4.71
โปรตีน	400-2500	0.99	1.72	1.90	-0.037	6	152	10.33
เถ้า	400-2500	0.99	0.002	0.002	-0.0002	7	36	0.0146

R : ค่าสหสัมพันธ์

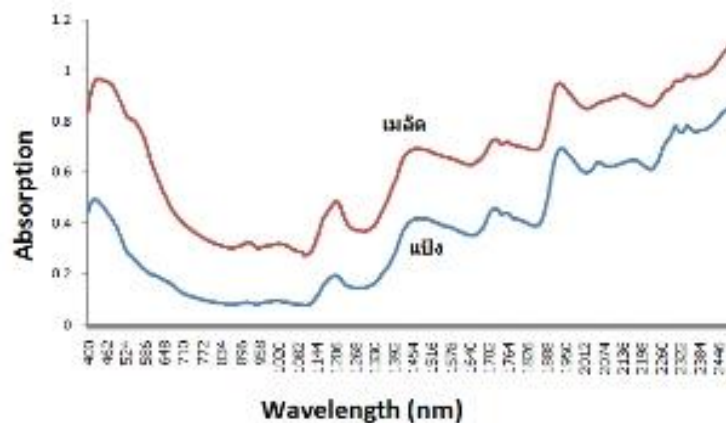
SEC: ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์

SEP: ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน

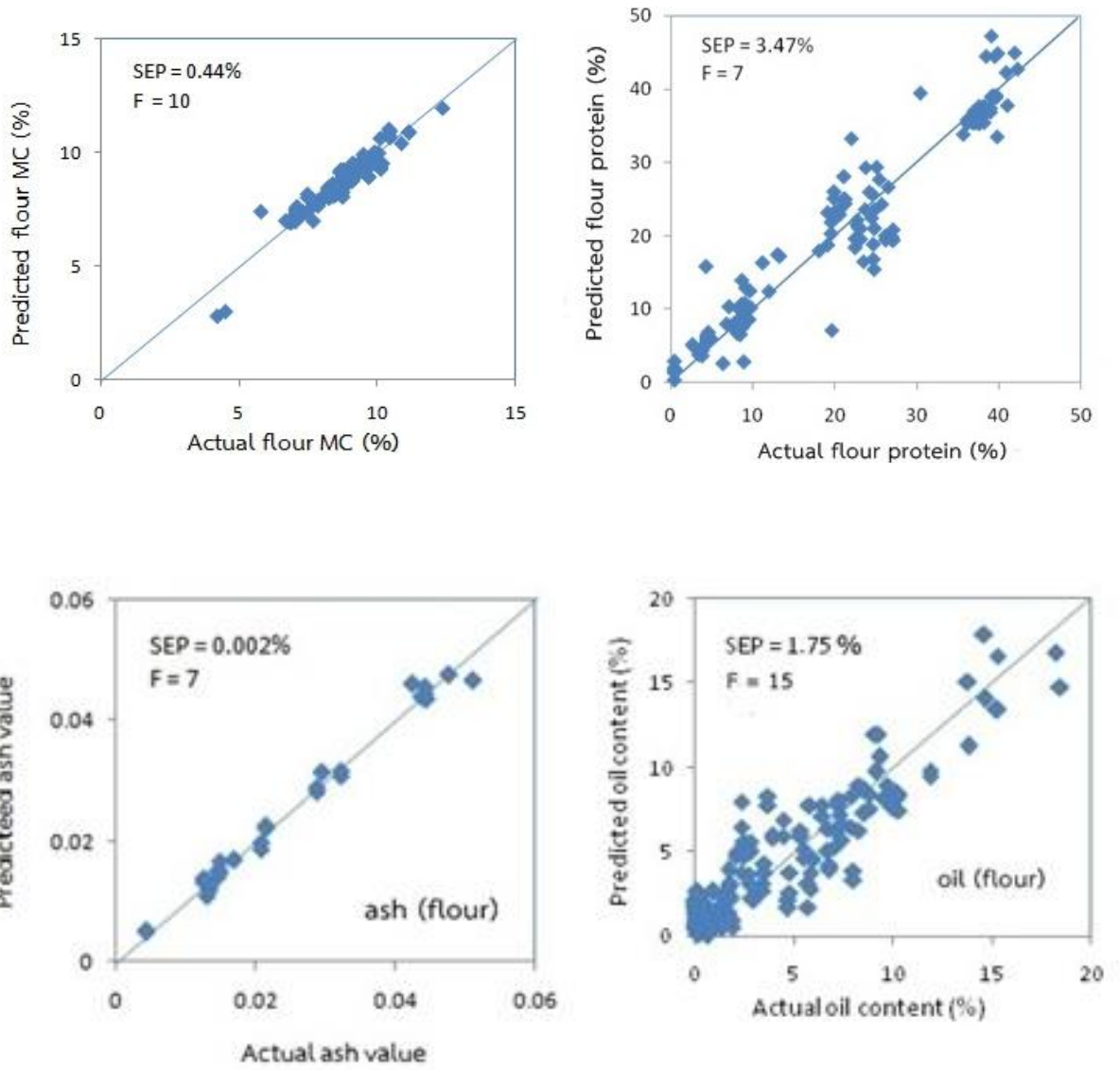
Bias: ค่าความผิดพลาด

F: ปัจจัยกระทบ

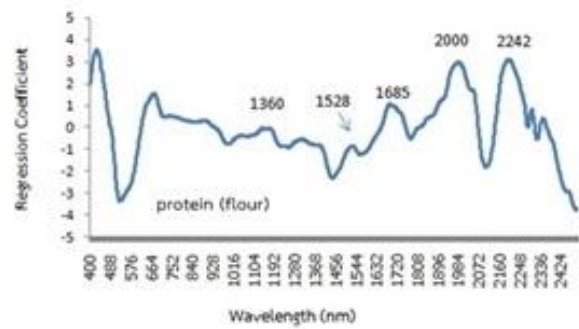
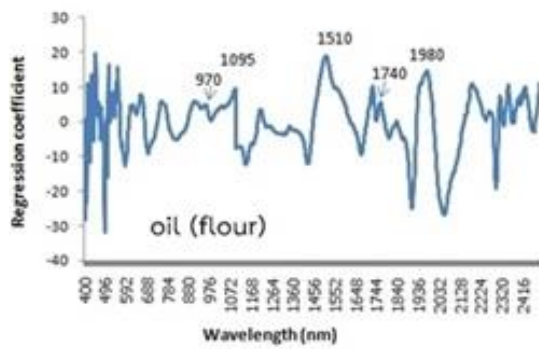
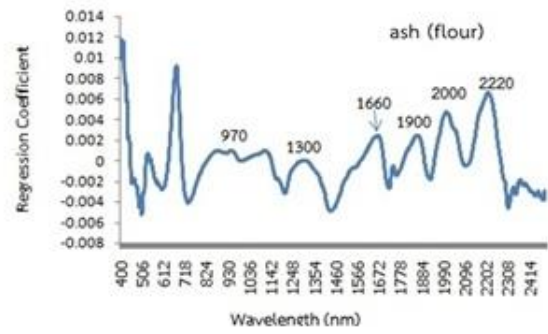
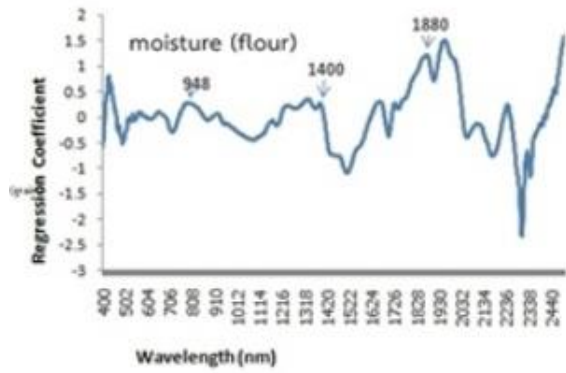
sd: ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานจากค่าเฉลี่ย



ภาพที่ 1. ค่าการดูดซับแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร



ภาพที่ 2. ค่าคุณภาพแป้งจากเทคนิค NIRS เปรียบเทียบกับค่าคุณภาพผลผลิตจากห้องปฏิบัติการ



ภาพที่ 3. Regression Coefficient ของค่าความชื้น เถ้า น้ำมัน และ โปรตีนในสมการที่ประเมินแบ่งของผลผลิตพืช

ตารางผนวกที่ 1 ตัวอย่างการใช้สมการจากเทคนิค NIRS ประเมินปริมาณน้ำในตัวอย่างแป้งพืช

ตัวอย่าง	ปริมาณน้ำ		
	จากห้องปฏิบัติการ	สมการ NIRS	ความแตกต่างของ 2 วิธี
1	0.01127	0.0261	-0.01482
2	0.011907	0.02607	-0.01341
3	0.010365	0.02548	-0.01641
4	0.012032	0.02515	-0.0117
5	0.01	0.02724	-0.01294
6	0.012003	0.02631	-0.01263
7	0.012565	0.02378	-0.01109
8	0.011278	0.02368	-0.01248
9	0.011476	0.02312	-0.01191
10	0.016215	0.02275	-0.00772
11	0.101041	0.02509	0.077331
12	0.01219	0.02418	-0.01029
13	0.011751	0.02362	-0.01216
14	0.010157	0.02369	-0.01354
15	0.011433	0.02393	-0.01284
16	0.016767	0.02359	-0.00897
17	0.011361	0.02371	-0.01224
18	0.01557	0.02306	-0.00763
19	0.011382	0.02433	-0.01651
20	0.010904	0.02353	-0.01264

ตารางผนวกที่ 2 ตัวอย่างการใช้สมการจากเทคนิค NIRS ประเมินปริมาณโปรตีนในตัวอย่างแป้งพืช

ตัวอย่าง	ปริมาณโปรตีน		ความแตกต่างของ 2 วิธี
	จากห้องปฏิบัติการ	สมการ NIRS	
1	7.40794	8.67	-1.26206
2	16.66906	16.347	0.322062
3	7.060479	5.23	1.830479
4	10.78292	9.651	1.131924
5	15.05744	15.754	-0.69656
6	9.146767	13.68	-4.53323
7	0.577823	9.3	-8.72218
8	9.492642	11.175	-1.68236
9	14.64083	14.545	0.095829
10	23.26558	23.27	-0.00442
11	24.46991	24.956	-0.48609
12	38.3601	40.293	-1.9329
13	39.77679	39.471	0.305791
14	39.77679	39.978	-0.20121
15	25.62869	28.872	-3.24331
16	4.274003	16.057	-11.783
17	30.04997	33.39	-3.34003
18	30.04997	33.051	-3.00103
19	11.94246	16.914	-4.97154
20	7.653876	9.37	-1.71612
21	7.388258	7.415	-0.02674
22	8.107024	5.849	2.258024
23	8.107024	6.38	1.727024
24	8.569901	9.274	-0.7041
25	7.959355	7.758	0.201355
26	25.2074	28.206	-2.9986
27	39.71178	38.353	1.358777
28	7.546344	5.358	2.188344

29	29.43472	59.18	-29.7453
30	8.394021	10.569	-2.17498
31	7.23299	6.78	0.45299
32	7.23299	6.216	1.01699
33	28.29779	66.848	-38.5502
34	10.06841	11.892	-1.82359
35	7.977853	7.018	0.959853
36	7.51386	13.447	-5.93314
37	9.042459	6.997	2.045459
38	8.265645	11.318	-3.05235
39	8.265645	10.447	-2.18135
40	7.069829	10.377	-3.30717