Agricultural Sci. J. 39 : 3 (Suppl.) : 363-366 (2008) ว. วิทย. กษ. 39 : 3 (พิเศษ) : 363-366 (2551)

การประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเพื่อหาความชื้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง

Application of Near Infrared Spectroscopy for Determining Moisture Content in Soybean Seeds

วรินทร มณีวรรณ[1] ศุภศักดิ์ ลิมปิติ[1] และ ปาริชาติ เทียนจุมพล[1]

Warintorn Maneewan,[1] Supasark Limpiti[1] and Parichat Theanjumpol[1]

Abstract

The objective of this study was to determine the moisture content of soybean seeds during storage by near infrared spectroscopy (NIRS). Soybean seeds cv. Chiangmai 60 were storaged for 6 months. Seeds were sampled every months to measure the spectrum using NIRSystem 6500 in wavelength region from 1100 nm to 2500 nm and determined the moisture content by hot air oven method. Partial least square regression (PLSR) was used to develop the calibration equation. It was found that the moisture content of samples was 10.55-12.79%. The correlation coefficient (R), standard error of calibration (SEC), standard error of prediction (SEP) and ratio of standard deviation of reference data in validation set to SEP (RPD) equaled to 0.94, 0.30 %, 0.36 % and 2.36, respectively. Therefore, NIRS could decidedly be used to determine the moisture content of soybean seeds during storage.

Keywords: soybean seed, moisture content, near infrared spectroscopy

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อตรวจหาปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองระหว่างการเก็บรักษา ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยนำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง พันธุ์เชียงใหม่ 60 มาเก็บรักษาเป็นระยะเวลา 6 เดือน สุ่มตัวอย่าง ทุกหนึ่งเดือน มาวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ในช่วงความยาวคลื่น 1100 - 2500 นาโนเมตร และนำมาตรวจวัดความชื้นด้วยวิธี hot air oven และสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) พบว่าความชื้นของถั่วเหลืองที่ใช้ในการศึกษามีค่าระหว่าง 10.55-12.79 % สมการทำนายมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณความชื้นในกลุ่ม calibration (SEC) ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณความชื้นในกลุ่ม validation (SEP) และสัดส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความชื้นในกลุ่ม validation ต่อค่า SEP (RPD) เท่ากับ 0.94, 0.30 %, 0.36 % และ 2.36 ตามลำดับ ซึ่งแสดงว่าเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี สามารถนำมาใช้หาปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษาได้

คำสำคัญ: เมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง ปริมาณความชื้น เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

คำนำ

เมล็ดพันธุ์มีบทบาทสำคัญมากในการเกษตร เนื่องจากเป็นวัตถุดิบที่จำเป็นในการปลูกพืช (จวงจันทร์, 2529) ปัจจัยหนึ่งที่ส่งผลต่อคุณภาพของเมล็ดพันธุ์ในระหว่างการเก็บรักษาของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง คือ ความชื้นภายในเมล็ด เมล็ดที่เก็บเกี่ยวในขณะที่มีความชื้นสูง ถ้าไม่มีการลดความชื้นลงจะทำให้เกิดความร้อน ทำให้เชื้อราและแมลงเข้าทำลายได้ง่าย ทำให้เมล็ดเสื่อมคุณภาพอย่างรวดเร็ว (นงลักษณ์, 2529) ดังนั้นจะเห็นได้ว่าความชื้นมีความสำคัญต่อการเก็บรักษาเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง หากสามารถตรวจวัดความชื้นได้อย่างรวดเร็วและแม่นยำ จะช่วยให้การจัดการหลังการเก็บเกี่ยวดีขึ้น

วิธีการวัดความชื้นมาตรฐานคือ การอบด้วยความร้อน (hot air oven) ซึ่งเป็นการทดสอบที่ทำลายตัวอย่าง การใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy) เข้ามาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ความชื้นมีข้อดี คือ สามารถให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว โดยไม่ทำลายตัวอย่าง ไม่ใช้สารเคมีหรือทิ้งสารตกค้างไว้ในตัวอย่าง อีกทั้งสามารถตรวจวัดองค์ประกอบหรือตัวแปรต่างๆได้พร้อมๆกัน Takahashi *et al.* (1997) ได้ทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองทั้งเมล็ด โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดรีเฟลกแทนซ์สเปกโทรสโกปี ถั่วเหลืองที่ใช้ทดลองมีจำนวน 47 ตัวอย่าง ซึ่งถูกเก็บเกี่ยวใน Kyushu National Agriculture Experiment Station ในปี 1992 และ 1993 โดยแบ่งตัว

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว / ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200

[1] Postharvest Technology Research Institute /Postharvest Technology Innovation Center, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

อย่างออกเป็น 2 ชุด ใช้ความยาวคลื่น 1100 – 2500 นาโนเมตร ที่ช่วงห่าง 2 นาโนเมตร ทำการตรวจวัด 8 ครั้ง/ตัวอย่าง เพื่อหาค่าเฉลี่ยของสเปกตรัมในแต่ละเมล็ดถั่วเหลือง พบว่าที่ช่วงความยาวคลื่นที่ 1450 และ 1940 นาโนเมตร ใช้ได้ดีสำหรับการตรวจสอบปริมาณน้ำในตัวอย่าง

อุปกรณ์และวิธีการ

นำเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองพันธุ์เชียงใหม่ 60 ที่ผ่านการปรับปรุงสภาพแล้วมาเก็บรักษาตั้งแต่เดือน มิถุนายน – พฤศจิกายน 2550 ตัวอย่างถูกเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 6 เดือน ในสภาพห้องปรกติ สุ่มตัวอย่างทุกหนึ่งเดือน จำนวน 30 ตัวอย่าง ตัวอย่างละ 200 กรัม ในเซลล์บรรจุตัวอย่างสำหรับเมล็ดธัญพืช (coarse sample cell) นำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ในช่วงความยาวคลื่น 1100 - 2500 นาโนเมตร โดยวัดการสะท้อนกลับของแสง (reflectance) และนำตัวอย่างมาตรวจวัดความชื้นด้วยวิธี hot air oven ที่อุณหภูมิ 103 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 17 ชั่วโมง (ISTA, 2007) นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ข้อมูลโดยการแปลงข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ Savitzky-Golay smoothing (5 nm averaging for left and right side) จากนั้นแปลงรูปด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง (second derivative: 20 nm averaging for left and right side) และสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรม the Unscrambler® version 7.6 (CAMO, Oslo, Norway) ข้อมูลถูกแบ่งออกเป็นสองกลุ่ม คือ calibration set เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการสร้างสมการถดถอยเชิงเส้นระหว่างข้อมูลความชื้นที่วัดโดยวิธีมาตรฐาน กับข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงของถั่วเหลืองในช่วงความยาวคลื่น 1100 - 2500 นาโนเมตร อีกกลุ่มคือ validation set เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบประสิทธิภาพหรือความสามารถของสมการถดถอยเชิงเส้น ในการทำนายความชื้นของตัวอย่างอีกกลุ่มที่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการทดลองและวิจารณ์

จากสเปคตรัมของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองเชียงใหม่ 60 ทั้ง 180 ตัวอย่าง พบจุดยอด (peak) ชัดเจนที่สุดที่ความยาวคลื่น 1474 และ 1936 นาโนเมตร (ภาพที่ 1) และเมื่อเฉลี่ยข้อมูลสเปคตรัมด้วยเทคนิค Savitzky-Golay smoothing เพื่อกำจัดสัญญาณรบกวนแทรก จากนั้นแปลงรูปด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง พบว่า เส้นสเปคตรัมเลื่อนมาชิดกันสามารถลดอิทธิพลของ scattering และพบ peak หัวกลับที่ความยาวคลื่น 1440 และ 1930 นาโนเมตร สำหรับการแปลงรูปด้วยอนุพันธ์อันดับสอง (ภาพที่ 2) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Iwamoto *et al*. (1995) ที่รายงานว่าน้ำในสภาวะปกติจะดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 1150, 1350, 1440, 1790 และ 1930 นาโนเมตร ส่วน Williams and Norris (2001) พบว่า peak น้ำชัดเจนที่ความยาวคลื่น 1450 และ 1940 นาโนเมตร อาจเกิดจากการที่น้ำเกิด weak band ในช่วงคลื่นแสง NIR นอกจากนี้ peak น้ำอาจเลื่อนไปเล็กน้อยจากการแปลงข้อมูลหรือแปลงรูปด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์

ผลการสร้างสมการถดถอยในการทำนายความชื้นของตัวอย่างในกลุ่ม calibration (SEC) และ validation (SEP) (ตารางที่ 1) พบว่าการใช้การแปลงรูปสเปคตรัมทั้งสองวิธีให้ความแม่นยำของสมการทำนายใกล้เคียงกัน แต่สมการทำนายที่สร้างด้วยข้อมูลสเปคตรัมที่แปลงด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ Savitzky-Golay smoothing จากนั้นแปลงรูปด้วยอนุพันธ์อันดับสอง จะให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient; R) สูงสุดเท่ากับ 0.94 ที่ช่วงความยาวคลื่น 1260-2360 นาโนเมตร ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณความชื้นในกลุ่ม calibration (SEC) เท่ากับ 0.30% ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในการทำนายปริมาณความชื้นในกลุ่ม validation (SEP) เท่ากับ 0.36% และสัดส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของปริมาณความชื้นในกลุ่ม validation ต่อค่า SEP (RPD) เท่ากับ 2.36 แสดงว่าสมการทำนายนี้สามารถใช้สำหรับการคัดแยกความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองได้ สมการทำนายปริมาณความชื้นของเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองใช้สมการทำนายที่สร้างในตัวอย่าง calibration และ validation (ภาพที่ 3)

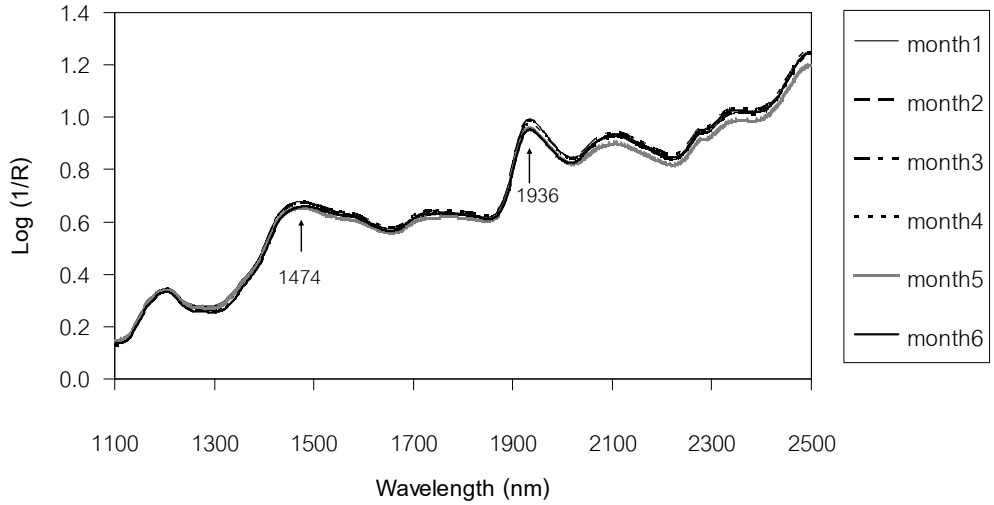

Figure 1 The original spectra of soybean seeds (CM 60)

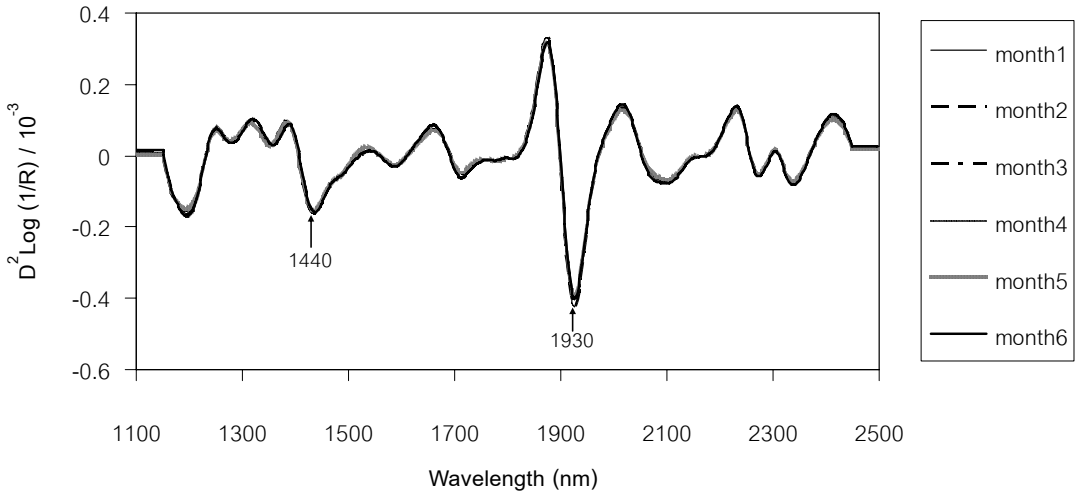

Figure 2 Soybean seeds spectra treated with Savitzky-Golay smoothing and second derivative

Table 1 PLSR calibration results for moisture content using spectra treated with smoothing, second derivative, multiplicative scatter correction (MSC) – Second derivative and Smoothing – Second derivative

Pre-treatment	Wavelength region (nm)	F	R	SEC	SEP	Bias	RPD
Smoothing	1100-1950	10	0.91	0.36	0.48^{ns}	0.04	1.77
Second derivative	1100-1950	9	0.92	0.35	0.40^{ns}	0.02	2.13
MSC-Second derivative	1250-2350	5	0.91	0.37	0.40^{ns}	0.02	2.13
Smoothing-Second derivative	1260-2360	9	0.94	0.30	0.36^{ns}	0.01	2.36

F: number of factors used in the calibration equation. **R**: multiple correlation coefficients
SEC: standard error of calibration. **SEP**: standard error of prediction, tested by the method of Fearn (1996)
Bias: average of difference between actual value and NIR value. **RPD**: ratio of standard deviation of reference data in validation set to SEP.
^{ns}: mean no significant difference at 95% confidence. *: indicate significant difference at 95% confidence

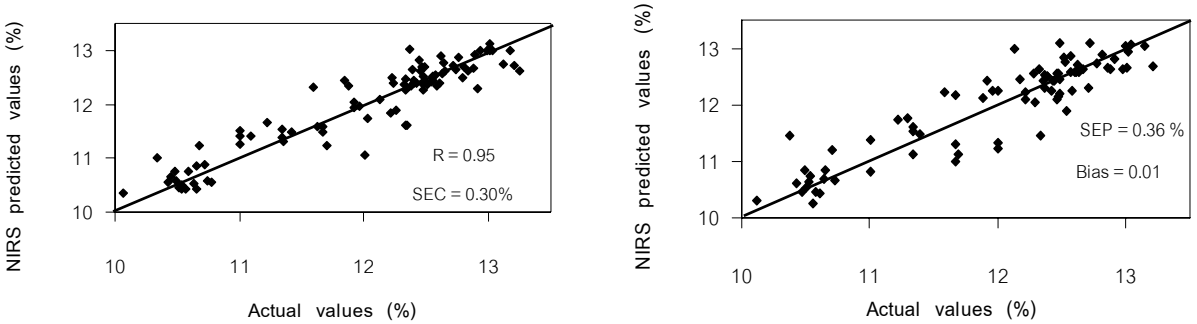

Figure 3 Scatter plots for predicting moisture content in the calibration sample set (a) and validation sample set (b) using PLSR calibration equation.

สรุป

การประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เพื่อหาปริมาณความชื้นในเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลือง สามารถตรวจวัดความชื้นได้อย่างแม่นยำ ซึ่งสามารถนำมาปรับใช้ให้เกิดประโยชน์ต่อการจัดการเมล็ดพันธุ์ถั่วเหลืองภายหลังการเก็บเกี่ยวได้ในอนาคต ความถูกต้องและความแม่นยำของสมการขึ้นอยู่กับวิธีการลดอิทธิพลของข้อมูลสเปคตรัม และการเลือกช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสม

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณสถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว และบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนงบประมาณ, อุปกรณ์และเครื่องมือต่างๆ ในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

จวงจันทร์ ดวงพัตรา. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่นา, คณะเกษตร, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, กรุงเทพฯ. 192 หน้า.

นงลักษณ์ ประกอบบุญ. 2529. เทคโนโลยีเมล็ดพันธุ์. ภาควิชาพืชไร่, คณะเกษตรศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่. 316 หน้า.

Fearn, T. 1996. Comparing standard deviations. NIR News 7: 5-6.

ISTA. 2007. *International Rules for Seed Testing, Seed Science and Technology* The International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.

Iwamoto, M., S. Kawano and Y. Ozaki. 1995. An overview of research and development of near infrared spectroscopy in Japan. J. Near Infrared Spectroscopy 3: 179-189.

Takahashi, M., M. Hajika, K. Igita and T. Sato. 1997. Rapid estimation of protein, oil and moisture contents in whole-grain soybean seeds by near infrared reflectance spectroscopy. pp. 457-461. *In*: A.M.C. Davies and P. Williams, (eds.), *Near infrared spectroscopy: the Future Waves*. NIR Publications, Chichester, UK.

Williams, P.C. and K. Norris. (eds.). 2001. Near-infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. 2nd ed. American Association of Cereal Chemists, St. Paul, Minnesota. 296 pp.