Agricultural Sci. J. 37 : 5 (Suppl.) : 220-223 (2006) ว. วิทย. กษ. 37 : 5 (พิเศษ) : 220-223 (2549)

ระบบการประเมินคุณภาพข้าวเปลือกทีละเมล็ดด้วยเทคนิค NIRS

A system for quality evaluation of single rough-rice kernels using NIRS

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[1], **ศิรินนภา ศรัณย์วงศ์**[2] **และ ซูมิโอ คาวาโน**[2]
Ronnarit Rittiron[1], Sirinnapa Saranwong[2] and Sumio Kawano[2]

Abstract

The Near Infrared Spectroscopy (NIRS) shows promise in carrying out the non-destructive quality determination for agricultural product. Generally, the NIRS analysis of grain bulk (whole grain analysis) has become progressively employed for moisture determination of rough rice, which define the moisture content of all kernels are same. However for some application, the information of moisture content would be clarified for each kernel. Therefore, the utilization of NIRS single-kernel analysis must be useful. The analysis of single kernels has the advantage of detecting quality parameters that may only be present in a few kernels in a sample. It can also give the distribution of measured parameters.

The objective of this research is to establish a measuring system for quality evaluation of single rough-rice kernels using NIRS. The ability of three measuring systems; transmittance mode in the short wavelength region, transmittance mode in the long wavelength region, and reflectance mode in the long wavelength region were examined. Moisture content, the major quality of rough rice, was used as model constituent. Accuracy of the system was evaluated using rough rice kernels having various types of moisture distribution. The results indicated that the transmittance analysis could precisely predict moisture content in a kernel either the moisture distribution in kernel was even or not. Using this system, sufficient accurate calibration equation with standard error of prediction of 0.27% w/w wet basis could be obtained.

Keywords: Single kernel analysis, rough rice, moisture distribution

บทคัดย่อ

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคการวิเคราะห์แบบไม่ทำลายวิธีหนึ่ง ที่ถูกนำมาใช้กับผลิตผลทางการเกษตรหลายชนิด ข้าวเปลือกก็เป็นธัญพืชชนิดหนึ่งที่นำเทคนิคนี้มาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น ซึ่งโดยทั่วไปมักวิเคราะห์ข้าวทีละกองเล็กๆ โดยกำหนดให้ข้าวทั้งกองนั้นมีความชื้นเท่ากับค่าหนึ่งเท่ากันทุกเมล็ด แต่ในกรณีที่ต้องการทราบความชื้นของข้าวเปลือกทีละเมล็ดการวิเคราะห์ทีละหนึ่งเมล็ดจึงเข้ามาแทนที่ วิธีการนี้มีข้อดีคือ สามารถทราบพารามิเตอร์คุณภาพของตัวอย่างในแต่ละเมล็ด ซึ่งสามารถคัดแยกข้าวตามความต้องการ อีกทั้งยังสามารถทราบการกระจายค่าพารามิเตอร์คุณภาพดังกล่าวของข้าวในกองนั้นได้

ในงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อสร้างระบบการวัด NIRS สำหรับการประเมินคุณภาพข้าวเปลือกทีละหนึ่งเมล็ด โดยทดสอบความสามารถของระบบการวัด 3 แบบคือ การวัดแบบ Transmittance ช่วงความยาวคลื่นสั้น, การวัดแบบ Transmittance ช่วงความยาวคลื่นยาว และการวัดแบบ Reflectance ช่วงความยาวคลื่นยาว โดยเปรียบเทียบความแม่นยำของการวัดความชื้นด้วยระบบทั้ง 3 แบบ ซึ่งข้าวเปลือกที่ใช้ในแต่ละเมล็ดจะถูกจำลองให้มีการกระจายความชื้นภายในเมล็ดหลายๆแบบ ผลการทดลองชี้ให้เห็นว่าการวัดแบบ Transmittance มีความเหมาะสมสามารถวิเคราะห์ความชื้นข้าวเปลือกทีละเมล็ดได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ไม่ว่าความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกจะมีการกระจายสม่ำเสมอทั้งเมล็ดหรือไม่ ระบบนี้ให้ค่าผิดพลาดมาตรฐาน (standard error of prediction) ในการทำนายความชื้น 0.27 % ฐานเปียก

คำสำคัญ: การวิเคราะห์ทีละหนึ่งเมล็ด, ข้าวเปลือก, การกระจายความชื้น

[1] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน 73140
[1] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Kamphaengsaen campus 73140
[2] National Food Research Institute, Tsukuba 305-8642, Japan, Tel: 81-29-838-8088, Fax: 81-29-838-7996

คำนำ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (Near infrared spectroscopy; NIRS) เป็นการทดสอบแบบไม่ทำลายวิธีหนึ่งที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้เป็นวิธีมาตรฐานสำหรับการวัดปริมาณความชื้นของข้าวเปลือกทั้งก่อน และระหว่างกระบวนการอบแห้ง การวิเคราะห์ในปัจจุบันจะเป็นการวิเคราะห์ตัวอย่างทีละกองเล็กหลายๆ เมล็ด แบบ bulk sample โดยสมมติให้ข้าวเปลือกทุกเมล็ดในตัวอย่างนั้นมีค่าความชื้นเท่ากับค่าหนึ่ง การวิเคราะห์ลักษณะนี้จะมีความถูกต้อง แม่นยำ เมื่อการกระจายความชื้นระหว่างเมล็ดนั้นเท่ากัน อย่างไรก็ดีในหลายกรณีที่ความชื้นในแต่ละเมล็ดของข้าวเปลือกกองนั้นมีความแตกต่างกันมาก และถ้าอบแห้งด้วยอุณหภูมิและระยะเวลาเดียวกัน ก็จะทำให้ภายหลังการอบ เมล็ดที่มีความชื้นมากจะยังคงมีความชื้นไม่เหมาะสม ส่งผลให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ ในขณะที่เมล็ดที่มีความชื้นต่ำ อาจทำให้เมล็ดแตกร้าวหรือเป็นผงระหว่างการขัดสี แต่การวิเคราะห์ทีละหนึ่งเมล็ด สามารถวัดปริมาณความชื้นของแต่ละเมล็ดและสามารถคัดแยกเมล็ดเป็นกลุ่มตามความชื้น ทำให้สามารถกำหนดสภาวะการอบแห้งอย่างเหมาะสมสำหรับข้าวเปลือกในแต่ละกลุ่ม

อุปกรณ์และวิธีการ

การวัดสเปคตรัม

ในงานวิจัยนี้ จะใช้ระบบการวัดสเปคตรัม 3 แบบคือ การวัดแบบการส่องผ่าน (Transmittance) ช่วงความยาวคลื่นสั้นและยาว กับการวัดแบบการสะท้อน (Reflectance) ช่วงความยาวคลื่นยาว โดยการวัดระบบส่องผ่านจะใช้เครื่อง spectrometer “NIRSystems 6500” โดยใช้ ceramic disk เป็น reference (Figure 1a) สำหรับการวัดแบบการสะท้อนจะใช้เครื่อง “InfraProver II” (Figure 1b) เครื่อง spectrometer ทั้งสองจะประกอบอุปกรณ์เสริม fibre optics และเซลใส่ตัวอย่างที่ออกแบบมาพิเศษสำหรับข้าวเปลือกทีละหนึ่งเมล็ด (Rittiron *et al*., 2004)

(a) (b)

Figure 1 Equipment for NIR spectral acquisition of a single rough-rice kernel. (a) “NIRSystems 6500” equipped with the specially designed fibre optics, sample cell and ceramic disc used as reference material, (b) “InfraProver II” equipped with a reflectance fibre-optic probe and sample cell covered with a light-tight bag.

ตัวอย่าง

ในแต่ละระบบการวัด จะใช้ข้าวเปลือกพันธุ์ Koshihikari จำนวน 150 เมล็ด ก่อนการวัดสเปคตรัมข้าวเปลือกจะถูกแบ่งเป็น 5 กลุ่ม จากนั้นนำไปอบเพื่อขยายช่วงความชื้นของตัวอย่างให้กว้างขึ้นที่อุณหภูมิ 45°C เป็นเวลา 20 60 180 และ 360 นาที และอีก 1 กลุ่มไม่ผ่านการอบ ข้าวเปลือกที่ผ่านการอบจะนำมาบรรจุในถุงโพลีเอทธิลีน และเก็บในตู้ดูดความชื้น เป็นเวลา 1 เดือน เพื่อทำให้การกระจายความชื้นภายในเมล็ดของข้าวเปลือกมีค่าเท่ากัน

การวิเคราะห์ความชื้น

ปริมาณความชื้นของข้าวเปลือก ถูกวัดโดยวิธีการอบในตู้อบแห้งลมร้อน ที่อุณหภูมิ 135°C เป็นเวลา 15 ชั่วโมง และคำนวณความชื้นในหน่วยเปอร์เซ็นต์ฐานเปียก

การสร้างสมการทำนาย

สเปคตรัมข้าวเปลือกจะถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่มคือ Calibration sample set เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้สำหรับการสร้างสมการความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนของแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ กับค่าความชื้น และ Validation sample set เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ทดสอบความสามารถในการทำนายของสมการ

ก่อนการสร้างสมการทำนาย สเปคตรัมข้าวเปลือกจะถูกแปลงรูปด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์อนุพันธ์อันดับสอง (Savitzkey-Golay second derivatives) และสร้างสมการทำนายด้วยวิธี Partial least squares (PLS) regression ด้วยโปรแกรม Unscrambler

ผลและวิจารณ์

การสร้างสมการทำนายความชื้น

ในแต่ละระบบการวัด ช่วงความยาวคลื่นที่เหมาะสมจะถูกตรวจสอบเพื่อให้ได้สมการทำนายความชื้นที่มีความแม่นยำ โดยการสร้างสมการทำนาย PLS ที่ช่วงความยาวคลื่นต่างๆกัน ผลการสร้างสมการทำนาย PLS พบว่าทุกระบบการวัดสามารถทำนายความชื้นด้วยความถูกต้องแม่นยำไม่ต่างกันอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

อิทธิพลของการกระจายความชื้นในเมล็ดกับความแม่นยำของสมการทำนาย

สมการทำนายความชื้นที่ได้จากการวัดเสปคตรัมในระบบการวัดแบบส่องผ่านในช่วงความยาวคลื่นสั้น และระบบการวัดแบบการสะท้อนในช่วงความยาวคลื่นยาว ถูกนำมาทดสอบความแม่นยำในกรณีที่การกระจายความชื้นในเมล็ดไม่สม่ำเสมอ ระบบแรกถูกเลือกเพราะมีต้นทุนในการสร้างต่ำ ในขณะที่ระบบหลังถูกเลือกเพราะลักษณะการสะท้อนของแสงคล้ายกับระบบการวัด NIRS ในปัจจุบันที่ใช้เซลใส่ตัวอย่างแบบ whole grain

เมล็ดข้าวเปลือกที่มีการกระจายความชื้นภายในเมล็ด 3 แบบคือ Sample A, B และ C (Figure 2) ถูกจำลองขึ้น เพื่อเป็นตัวแทนของเมล็ดข้าวเปลือกในสถานะต่างๆดังนี้

Sample A - มีความชื้นที่ผิวน้อยกว่าที่แกนกลางเมล็ด เป็นการจำลองเมล็ดที่อยู่ระหว่างการอบแห้ง

Sample B - มีความชื้นที่ผิวมากกว่าที่แกนกลางเมล็ด เป็นการจำลองเมล็ดเปียกน้ำภายหลังการเก็บเกี่ยว หรือเก็บในที่มีความชื้นสูง

Sample C - มีการกระจายความชื้นสม่ำเสมอภายในเมล็ด เป็นการจำลองเมล็ดที่เก็บในสภาพที่เหมาะสมเป็นระยะเวลานาน

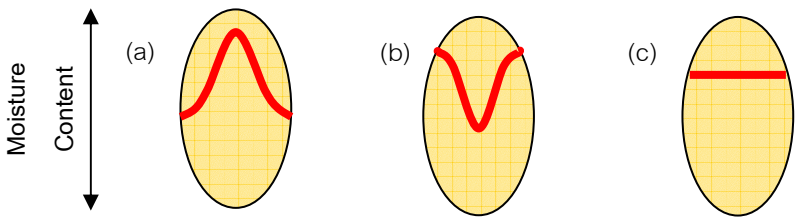

Figure 2 Profiles of moisture distribution in kernels. (a) sample A: moisture content is low at the surface of the kernels, (b) sample B: moisture content is high at the surface of the kernels, (c) sample C: moisture content is moderate and evenly distributed within the kernels.

จากนั้นนำสมการทำนายที่สร้างมาทำนายปริมาณความชื้นใน Sample A, B, C จากผลการทำนาย (Table 1) พบค่าเฉลี่ยของค่าผิดพลาดในการทำนาย (bias) สูง ในระบบการวัดแบบการสะท้อน สำหรับการทำนายความชื้นใน Sample A และ B ในขณะที่ไม่พบ bias ในระบบการวัดแบบการส่องผ่านสำหรับทุกกลุ่มตัวอย่าง สาเหตุที่พบค่าผิดพลาดในการทำนายสูงเพราะในระบบการวัดแบบการสะท้อน แสงจะส่องทะลุลงไปใต้ผิวเมล็ดเพียงเล็กน้อยแล้วสะท้อนกลับ ดังนั้นสเปคตัมที่วัดได้จะมีข้อมูลเฉพาะที่ผิวของเมล็ด ในขณะที่ระบบการส่องผ่าน สเปคตรัมที่วัดได้จะมีข้อมูลทั้งเมล็ด เพื่อใช้สำหรับการทำนายปริมาณความชื้นเฉลี่ยในเมล็ดนั้น

Table 1 Prediction results of rough rice kernels having various types of moisture distribution.

Sample condition	Bias (%)	
	Transmittance mode	Reflectance mode
Sample A	-0.02 ^{ns}	-1.38 *
Sample B	-0.02 ^{ns}	0.84 *
Sample C	0.04 ^{ns}	-0.04 ^{ns}

Biases were tested by the pair t-test. Superscript ns indicates no significant difference between the chemical values and NIR predicted values at 95% confidence, * means significant difference at 95% confidence.

สรุป

ระบบการวัดแบบส่องผ่าน (Transmittance measurement) มีความเหมาะสมสำหรับระบบการประเมินคุณภาพข้าวเปลือกทีละหนึ่งเมล็ด โดยเฉพาะอย่างยิ่งสามารถทำนายความชื้นได้อย่างถูกต้องแม่นยำ ไม่ว่าความชื้นภายในเมล็ดข้าวเปลือกจะมีการกระจายสม่ำเสมอทั้งเมล็ดหรือไม่

เอกสารอ้างอิง

Rittiron, R., Saranwong, S. and Kawano, S. 2004. Useful tips for constructing a near infrared-based quality sorting system for single brown-rice kernels. *J. Near Infrared Spectrosc.* 12, 133-139.