Agricultural Sci. J. 44 : 3 (Suppl.) : 462-465 (2013) ว. วิทย. กษ. 44 : 3 (พิเศษ) : 462-465 (2556)

ความแม่นยำในการตรวจวัดปริมาณความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาด้วย NIRS

Potential of Moisture Content Determination of Arabica Green Coffee by NIRS

กุลริศา เกตุนาค[1,2] ปาริชาติ เทียนจุมพล[1,2] และ วิบูลย์ ช่างเรือ[1,2,3]
Kunrisa Ketnark[1,2], Parichat Theanjumpol[1,2]and Viboon Changrue[1,2,3]

Abstract

The purpose of this research was to study the precision of near infrared spectroscopy (NIRS) to determine moisture content of Arabica green coffee. The samples from different growing area were packed into coarse sample cell and measured the spectral data in wavelength region from 1100 to 2500 nm by NIRSystem 6500 with transportation module. Then the moisture content was determined by standard method i.e. hot air oven at 105±1 °C for 16 ± 0.5 hours. The calibration equation obtained from the previous experiment was used to predict the moisture content from the spectra in this experiment. The prediction result obtained the values of averages of difference between actual and NIR values (bias) of 0.02%. Therefore, NIRS could be applied to determine the moisture content of Arabica green coffee packing in coarse sample cell with the high accuracy and it could be used for routine analysis.

Keywords: moisture content, green coffee, near infrared spectroscopy

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความแม่นยำในการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (NIRS) มาใช้ตรวจวัดความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกา โดยนำกาแฟเมล็ดจากต่างพื้นที่มาบรรจุใน coarse sample cell และวัดสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ด้วยชุดอุปกรณ์เสริม transportation module แล้วนำไปวิเคราะห์ความชื้นด้วยวิธีมาตรฐาน อบในตู้อบลมร้อนที่อุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ± 0.5 ชั่วโมง นำข้อมูลสเปกตรัมและเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกาแฟเมล็ดมาทดสอบความแม่นยำด้วยสมการเทียบมาตรฐานที่ได้จากการทดลองที่ผ่านมา พบว่า การทำนายเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกาแฟเมล็ดมีค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีมาตรฐานกับค่าที่ได้จากการวัดด้วย NIR (bias) เท่ากับ 0.02% ดังนั้น เทคนิค NIRS สามารถตรวจวัดความชื้นของกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาโดยบรรจุใน coarse sample cell ได้อย่างแม่นยำสูงและสามารถนำไปใช้ในการวิเคราะห์ทางปฏิบัติด้วย

คำสำคัญ : ความชื้น, กาแฟเมล็ด, เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

คำนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมหรือธุรกิจเครื่องดื่มมีการขยายตัวอย่างรวดเร็ว และเครื่องดื่มไม่มีแอลกอฮอร์ที่นิยมมาก ได้แก่ ชา กาแฟ และโกโก้ โดยเฉพาะกาแฟมีมูลค่าการนำเข้ามากกว่า 2,500 ล้านบาท และส่งออกมากกว่า 100 ล้านบาท ประเทศไทยถือว่าเป็นผู้ผลิตกาแฟส่งออก 1 ใน 20 ของโลก กาแฟเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทยอีกชนิดหนึ่ง ที่มีแนวโน้มความต้องการใช้ผลผลิตมากขึ้นทุกปี (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ดังนั้นทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานการซื้อ-ขายกาแฟ เพื่อใช้ในการควบคุมคุณภาพ ความชื้นถือว่าเป็นอีกปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดราคาการซื้อ-ขายเมล็ดกาแฟในอันดับต้นๆ เนื่องจากความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงน้ำหนักที่ผู้ซื้อและผู้ขายใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการกำหนดราคาซื้อขาย FAO (2008) รายงานว่า น้ำหนักกาแฟ 25,000 ตัน ที่ระดับความชื้น 12% เป็นส่วนของน้ำ 3,000 ตัน แต่ถ้าความชื้นเพิ่มเป็น 14.5% ส่วนของน้ำจะเท่ากับ 3,625 ตัน มีความแตกต่างทางมูลค่า 125,000 ดอลลาร์ ประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานการรับซื้อ-ขายกาแฟเมล็ด กำหนดคุณภาพทั่วไปของกาแฟ ต้องมีความชื้นไม่เกิน 12.5% โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธีการใช้ตู้อบลมร้อน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ซึ่งค่อนข้างใช้เวลานานและทำลายตัวอย่างที่

[1] สถาบันวิจัยเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[1] Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200
[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา กรุงเทพ 10400
[2] Postharvest Technology Innovation Center, Commission on Higher Education, Bangkok 10400
[3] ภาควิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ เชียงใหม่ 50200
[3] Mechanical Engineering Department, Engineering Faculty, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

ใช้ตรวจสอบ ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (near infrared spectroscopy, NIRS) ในการตรวจสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตผลเกษตร เป็นวิธีการตรวจสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว แม่นยำ และสามารถลดการใช้ปริมาณสารเคมีทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Shenk *et al*., 2001) ดังนั้นการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี จึงใช้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้แทนการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม เพื่อประโยชน์ต่อการตรวจสอบความชื้นของกาแฟเมล็ด และการซื้อขายกาแฟทั้งในประเทศและการส่งออกไปยังต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่าง

นำกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาเกรดเอ (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ที่รวบรวมจากเกษตรกรที่มีพื้นที่ปลูกทางภาคเหนือ ได้แก่ จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย แม่ฮ่องสอน เป็นต้น นำมาเตรียมตัวอย่างตามกรรมวิธีและบรรจุในเซลล์ชนิดต่างๆ ใช้ตัวอย่างจำนวน 30 ตัวอย่างต่อชนิดเซลล์ (Figure 1) ดังนี้

1) นำกาแฟเมล็ดทั้งเมล็ดน้ำหนัก 150 กรัมต่อตัวอย่าง บรรจุใน coarse sample cell ในชุดอุปกรณ์เสริม transportation module

2) นำกาแฟเมล็ดบดด้วยเครื่องบด (sample mill) ให้มีอนุภาคใหญ่ (บดหยาบ) แล้วบรรจุตัวอย่างลงใน standard cup (4 กรัม) ในชุดอุปกรณ์เสริม transportation module และบรรจุลงใน rotating cup (7 กรัม) ในชุดอุปกรณ์เสริม spinning module

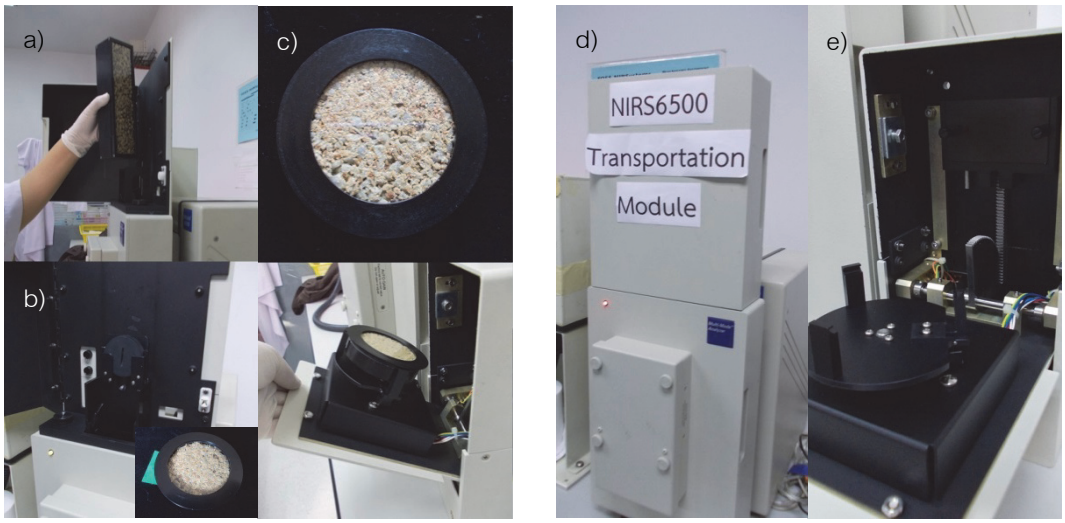

Figure 1 Green coffee were packed in various types of sample cell, a) coarse sample cell b) standard cup and c) rotating cup, and were measured the spectra by NIRSystem using transportation (d) and spinning (e) modules.

2. การวัดสเปกตรัมและการตรวจสอบความชื้นของกาแฟเมล็ด

1) การวัดสเปกตรัม นำตัวอย่างกาแฟเมล็ดที่บรรจุในเซลล์ชนิดต่างๆ มาวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร

2) การตรวจสอบเปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture content) นำตัวอย่างกาแฟเมล็ดที่วัดสเปกตรัมแล้วมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีมาตรฐาน ด้วยการอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ± 0.5 ชั่วโมง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) คำนวณหาเปอร์เซ็นต์ความชื้น ด้วยสมการ

$$\text{เปอร์เซ็นต์ของความชื้น (\%wet basis)} = [(B - C) / (B - A)] X\ 100$$

เมื่อ A = น้ำหนักกระป๋องอลูมิเนียมพร้อมฝา, B = น้ำหนักกระป๋องอลูมิเนียมพร้อมฝาและเมล็ดกาแฟก่อนอบ C = น้ำหนักกระป๋องอลูมิเนียมพร้อมฝาและเมล็ดกาแฟหลังอบ

และนำผลที่ได้มาคำนวณค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น

3. การทดสอบความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้น

นำข้อมูลสเปกตรัมและเปอร์เซ็นต์ความชื้นของกาแฟเมล็ดมาทำนายเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยสมการเทียบมาตรฐานที่สร้างขึ้นจากการทดลองที่ผ่านมา ด้วยโปรแกรม The Unscrambler® version 9.8 (Camo, Oslo, Norway) และเปรียบเทียบความแตกต่างระหว่างเปอร์เซ็นต์ความชื้นที่วิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานกับค่าที่ทำนายด้วยสมการเทียบมาตรฐาน ด้วยวิธีทางสถิติ

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อวัดสเปกตรัมของกาแฟเมล็ดจากแหล่งอื่นที่บรรจุในเซลล์ชนิดต่างๆ ได้แก่ coarse sample cell, standard cup และ rotating cup ด้วยเครื่อง NIRSystem6500 ในช่วงคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร พบว่าสเปกตรัมดั้งเดิม (original spectrum) ของตัวอย่างกาแฟเมล็ดที่บรรจุในเซลล์ทั้ง 3 ชนิด พบพีกฐานกว้างที่เด่นชัดที่ความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร เช่นเดียวกับชุดสร้างสมการ ซึ่งสัมพันธ์กับพันธะ O-H ในโมเลกุลของน้ำ เช่นเดียวกับ Shenk *et al*.(2001) รายงานว่า ตำแหน่งพีกในสเปกตรัม NIR ของผลิตผลทางการเกษตรพบพีกน้ำ (ความชื้น) ชัดเจนที่ความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร (ปาริชาติและคณะ, 2549) นำข้อมูลสเปกตรัมที่ได้จากกาแฟเมล็ดชุดใหม่ที่บรรจุใน coarse sample cell, rotating cup และ standard cup มาแปลงข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ เพื่อลดอิทธิพลของตัวอย่างด้วยวิธีเดียวกับที่ใช้กับชุดสร้างสมการ คือ second derivative, smoothing และ MSC ตามลำดับ พบโมเลกุลของน้ำชัดเจนที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 1908 และ 1924 นาโนเมตร ตามลำดับ

Table 1 SEP and bias of samples in the calibration and prediction sets which were packed in coarse sample cell, rotating cup and standard cup.

Type of sample cell	Pre-treatment	SEP previous exp.[1] (calibration set)	SEP (prediction set)	Bias previous exp.[1] (calibration set)	Bias (prediction set)
coarse sample cell	2^{nd}derivertive	0.25	-0.11	0^{ns}	-0.02 *
rotating cup	smoothing	0.23	-0.18	0^{ns}	-0.03 *
standard cup	MSC	0.30	-0.33	0^{ns}	-0.06 *

SEP: standard error of prediction, Bias: average of difference between actual value and NIR value, ns: no significant difference ($p \geq 0.05$) test by independent sample t-test, *: significant difference ($p < 0.05$) test by independent sample t-test

[1] กุลริศา (2555)

ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของกาแฟเมล็ดที่บรรจุในเซลล์ coarse sample cell, rotating cup และ standard cup เท่ากับ 11.71, 10.12 และ 12.93% ตามลำดับ และปริมาณความชื้นที่ได้จากการวิเคราะห์โดยวิธีมาตรฐานเท่ากับ 11.09% จากผลสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้นของกาแฟเมล็ดที่บรรจุในเซลล์ชนิดต่างๆ มีค่า SEP เท่ากับ 0.25, 0.23 และ 0.30% ตามลำดับ เมื่อนำมาทดสอบความแม่นยำของสมการ พบว่า กลุ่มทดสอบสมการมีค่า SEP เท่ากับ 0.11, -0.18 และ 0.33% ตามลำดับ สำหรับความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้นที่สร้างขึ้น William and Norris (2001) กล่าวว่า สามารถพิจารณาได้จากค่า SEP ซึ่งหากค่า SEP ที่ทำนายได้ของกลุ่มตัวอย่างชุดใหม่ (unknown) มีค่าใกล้เคียงกับค่า SEP ของกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐาน แสดงว่าสมการที่สร้างขึ้นมีความแม่นยำสูง Kawano and Saranwong (2007) กล่าวว่า ถ้าหากค่า SEP ของตัวอย่างกลุ่มทดสอบสมการมีค่าต่ำกว่ากลุ่มสร้างสมการ และมีค่าไม่เกิน 1 เท่าของค่า SEP ของกลุ่มสร้างสมการเทียบมาตรฐาน สามารถนำสมการที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค NIRS ทำนายปริมาณองค์ประกอบทางเคมีได้

เมื่อพิจารณาค่า bias ที่ได้จากการทำนายปริมาณความชื้นของกลุ่มตัวอย่างชุดใหม่ ในเซลล์บรรจุตัวอย่าง coarse sample cell, rotating cup และ standard cup มีค่าเท่ากับ 0.02, -0.03 และ 0.06% ตามลำดับ พบว่า แต่ละชนิดเซลล์ที่ใช้บรรจุตัวอย่างมีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับความเชื่อมั่น 95 เปอร์เซ็นต์ ($P \geq 0.05$) เปรียบเทียบกับกลุ่มสมการเทียบมาตรฐานที่มีค่าเท่ากับ 0% พบว่า ค่า bias ของกลุ่มตัวอย่างชุดใหม่ของ rotating cup มีค่าเพิ่มขึ้นในทางลบ หมายถึง ค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการมีค่าต่ำกว่าค่าทางเคมีที่วัดได้ ส่วน coarse sample cell และ standard cup

มีค่าเพิ่มขึ้นในทางบวก อาจเกิดจากเก็บเกี่ยวในฤดูกาลที่แตกต่างกัน ทำให้คุณภาพของกาแฟที่นำมาทดสอบแตกต่างกัน เนื่องจากกาแฟเมล็ดที่ได้มาจากแต่ละจังหวัดมีพื้นที่ปลูกและสภาพภูมิอากาศที่แตกต่างกันทำให้ได้คุณภาพกาแฟแตกต่างกัน โดยค่า bias ที่มีค่าต่างกันมากสามารถแก้ไขด้วยการทำ bias correction คือ นำค่า bias ขององค์ประกอบทางเคมีแต่ละค่าไปบวกกับค่าที่ทำนายด้วยสมการ

สรุป

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (NIRS) สามารถตรวจสอบปริมาณความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาที่มีระดับความชื้นระหว่าง 8-14% ได้อย่างรวดเร็ว และแม่นยำสูง โดยไม่ต้องทำลายตัวอย่าง เมื่อบรรจุลงใน coarse sample cell

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวและคณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ และอาจารย์มานพ หาญเทวี นักวิชาการเกษตร กลุ่มพืชศาสตร์ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนวัตถุดิบในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: เมล็ดกาแฟอะราบิกา ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ.2551. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ราชกิจจานุเบกษา. 126: หน้า 6

กุลริศา เกตุนาค, ปาริชาติ เทียนจุมพล และวิบูลย์ ช่างเรือ. 2555. การหาปริมาณความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร 43(3 พิเศษ): 131-134.

ปาริชาติ เทียนจุมพล, รณฤทธิ์ ฤทธิรณ, สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ และสุชาดา เวียรศิลป์. 2549. การหาปริมาณความชื้นอย่างแม่นยำสูงในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี. วารสารเกษตร 22: 213-222.

สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2555: กาแฟ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 93-100.

Food and Agriculture Organization (FAO). 2008. Determination of Moisture Content. Good Hygiene Practices Along the Coffee Chain. 6 pp.

Kawano, S., and S.Saranwong. 2007. Near Infrared Spectroscopy Application on Industrial Agricultural Products. NIR Short course. August 29-31, 2007. Postharvest Technology Institute, Chiang Mai University. Chiang Mai, 138 pp.

Shenk, J.S., J.J. Workman and M.O. Westerhaus. 2001. Application of NIR spectroscopy to agricultural products. pp 419-474. *In*: D.A. Burns and E.W. Ciurczak, (eds.), *Handbook of Near-Infrared Spectroscopy 2nd ed*. Marcel Dekker Inc., New York.

Williams, P. and K. Norris. 2001. Near infrared technology in agricultural and food industries. *2nd ed.* American Association of Cereal Chemists, Inc. St. Paul, Minnesota, USA. 296 pp.