

การหาปริมาณความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Moisture Content Determination of Arabica Green Coffee by Near Infrared Spectroscopy

กุลริศา เกตุนาค^{1,2} ปาริชาติ เทียนจุมพล^{1,2} และ วิบูลย์ ช่างเรือ^{1,2,3}Kunrisa Ketnark^{1,2}, Parichat Theanjumol^{1,2} and Viboon Changrue^{1,2,3}

Abstract

The purpose of this research were to study the possibility of using near infrared (NIR) spectroscopy to determine moisture content of Arabica green coffee and to find the suitable sample preparation. The samples were packed into four types of sample cell consisted of coarse sample cell, pasting cell, standard cup and rotating cup. Then measured the spectral data in wavelength region from 1100 to 2500 nm by NIRSystem 6500 with transportation module and spinning module. The calibration equation were developed by partial least squares regression (PLSR). The result showed clear water absorption band at wavelength of 1940 nm. The calibration equation obtained has the values of correlation of determination (R^2) 0.99. The value of standard error of calibration (SEC) of sample preparation in coarse sample cell, pasting cell, standard cup and rotating cup were 0.20, 0.20, 0.14 and 0.13%, respectively. The value of standard error of prediction (SEP) were 0.21, 0.26, 0.15 and 0.15%. The ratio of standard deviation of reference data in validation set to SEP (RPD) were equal to 9.62, 7.64, 13.60 and 13.54. Therefore, near infrared spectroscopy could be used to determine the moisture content of arabica green coffee with the high accuracy by packing into coarse sample cell.

Keywords: moisture content, green coffee, near infrared spectroscopy, sample cell

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมาใช้ตรวจวัดความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาและหารูปแบบที่เหมาะสมในการเตรียมตัวอย่าง โดยการบรรจุตัวอย่างกาแฟเมล็ดในเซลล์บรรจุตัวอย่าง 4 ชนิด คือ coarse sample cell, pasting cell, standard cup และ rotating cup นำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ด้วยชุดอุปกรณ์เสริม คือ transportation module และ spinning module ในช่วงความยาวคลื่น 1100- 2500 นาโนเมตร สร้างสมการเทียบมาตรฐาน ด้วยวิธี partial least squares regression (PLSR) ผลการทดลอง พบพิกัดชัดเจนที่ความยาวคลื่นประมาณ 1940 นาโนเมตร บนสเปกตรัมดั้งเดิมของกาแฟเมล็ด สมการเทียบมาตรฐานมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (correlation of determination, R^2) เท่ากับ 0.99 ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (standard error of calibration, SEC) เท่ากับ 0.20, 0.20, 0.14 และ 0.13% สำหรับการเตรียมตัวอย่างแบบ coarse sample cell, pasting cell, standard cup and rotating cup ตามลำดับ ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (standard error of prediction, SEP) เท่ากับ เท่ากับ 0.21, 0.26, 0.15 และ 0.15% ตามลำดับ และสัดส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกลุ่ม validation set กับ SEP (ratio of standard deviation of reference data in validation set to SEP, RPD) เท่ากับ 9.62, 7.64, 13.60 และ 13.54 ตามลำดับ ดังนั้น เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสามารถตรวจวัดความชื้นของกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาได้อย่างแม่นยำสูง โดยการบรรจุตัวอย่างใน coarse sample cell

คำสำคัญ: ความชื้น กาแฟเมล็ด เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เซลล์บรรจุตัวอย่าง

คำนำ

กาแฟเป็นเครื่องดื่มที่นิยมบริโภคกันทั่วโลกและเป็นพืชเศรษฐกิจที่มีความสำคัญของประเทศไทย มี 2 ชนิด คือ กาแฟโรบัสตา ประมาณ 85% และกาแฟอะราบิกา ประมาณ 15% กาแฟมีแนวโน้มความต้องการใช้ผลผลิตมากขึ้น (สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร, 2555) ดังนั้นทั้งภาครัฐและภาคเอกชน จึงต้องมีการกำหนดมาตรฐานการซื้อ-ขายกาแฟเพื่อ

¹ สถาบันเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่, เชียงใหม่ 50200

¹ Postharvest Technology Research Institute, Chiang Mai University, Chiang Mai 50200

² ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว, สำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา, กรุงเทพฯ 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

ใช้ในการควบคุมคุณภาพ และเป็นการเพิ่มโอกาสในการกำหนดราคาที่ใช้ในการซื้อขายในตลาดทั้งภายในและต่างประเทศ ความชื้นเป็นปัจจัยหนึ่งที่สำคัญในการกำหนดราคาซื้อขายเมล็ดกาแฟ เนื่องจากความชื้นสามารถบ่งชี้ถึงน้ำหนัก ที่ผู้ซื้อและผู้ขายใช้เป็นเกณฑ์มาตรฐานในการกำหนดราคาซื้อขาย สำหรับประเทศไทยได้มีการกำหนดมาตรฐานความชื้นไม่เกิน 12.5% โดยวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธีการใช้ตู้อบลมร้อน (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) ซึ่งใช้เวลานานและทำลายตัวอย่างที่ใช้ตรวจสอบ ปัจจุบันมีการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการตรวจสอบสมบัติต่างๆ ของผลิตภัณฑ์เกษตร เนื่องจากเป็นวิธีการตรวจสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ให้ผลการวิเคราะห์ที่รวดเร็ว แม่นยำ และสามารถลดการใช้ปริมาณสารเคมีทำให้ประหยัดค่าใช้จ่าย และไม่ก่อให้เกิดมลพิษต่อสิ่งแวดล้อม (Shenk *et al.*, 2001) ดังนั้นการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี จึงใช้เป็นทางเลือกที่น่าสนใจที่จะนำมาใช้แทนการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม เพื่อประโยชน์ต่อการตรวจสอบความชื้นของกาแฟเมล็ด และการซื้อขายกาแฟทั้งในประเทศและการส่งออกไปยังต่างประเทศ

อุปกรณ์และวิธีการ

1. ขั้นตอนการเตรียมตัวอย่าง

นำกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาเกรดเอ ตามมาตรฐานสินค้าเกษตร : เมล็ดกาแฟอะราบิกา มกษ. 5701-2552 (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) มาปรับระดับความชื้น 2 ระดับ คือ 8 และ 12% จำนวน 30 ตัวอย่างต่อระดับความชื้น ตัวอย่างละ 150 กรัม นำบรรจุในเซลล์ชนิดต่างๆ (Figure 1) ดังนี้

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

2) นำกาแฟเมล็ดบดด้วยเครื่องบด (sample mill) ให้มีอนุภาคใหญ่ (บดหยาบ) แล้วบรรจุตัวอย่างลงใน pasting cell ในชุดอุปกรณ์เสริม transportation module, บรรจุลงใน standard cup ในชุดอุปกรณ์เสริม transportation module และบรรจุลงใน rotating cup ประมาณ 10 กรัม ในชุดอุปกรณ์เสริม spinning module

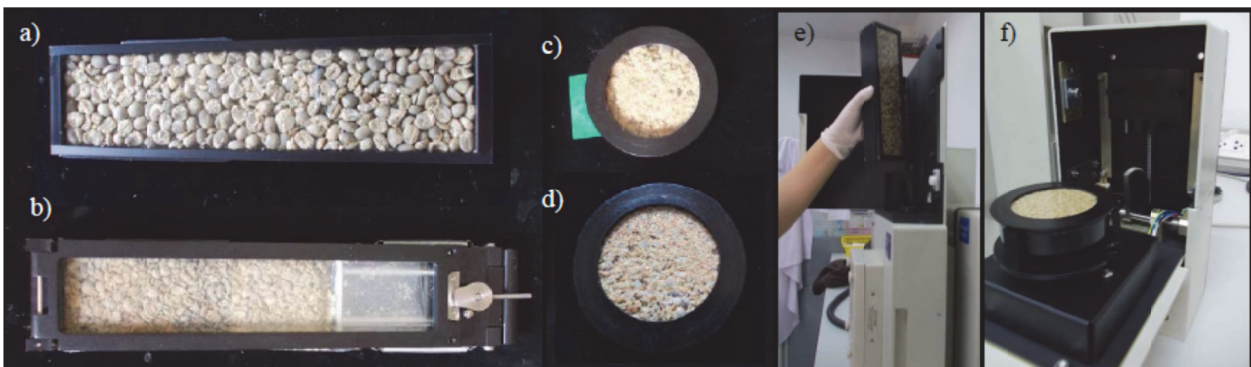


Figure 1 Green coffee samples were packed in the a) coarse sample cell, b) pasting cell, c) standard cup measure the spectra with transportation module, (e) and d) rotating cup to measure the spectra with spinning module, (f).

2. การวัดสเปกตรัมและการตรวจสอบความชื้นของกาแฟเมล็ด

1. การวัดสเปกตรัม นำตัวอย่างกาแฟเมล็ดแต่ละระดับความชื้นที่บรรจุด้วยเซลล์ชนิดต่างๆ มาวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystem 6500 ที่มีความยาวคลื่น 1100 -2500 นาโนเมตร

2. การวัดเปอร์เซ็นต์ความชื้น (moisture content) นำตัวอย่างกาแฟเมล็ดมาวิเคราะห์ปริมาณความชื้น โดยวิธีมาตรฐาน ด้วยวิธีการอบในตู้อบลมร้อนอุณหภูมิ 105 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 16 ± 0.5 ชั่วโมง (กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, 2552) คำนวณหาปริมาณความชื้นของการวิเคราะห์แต่ละครั้ง และนำผลที่ได้มาหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความชื้น จากสมการ

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

เมื่อ A = น้ำหนักกล่องอลูมิเนียมพร้อมฝา, B = น้ำหนักกล่องอลูมิเนียมพร้อมฝาและเมล็ดกาแฟก่อนอบ

C = น้ำหนักกล่องอลูมิเนียมพร้อมฝาและเมล็ดกาแฟหลังอบ

3. การสร้างสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้น

สร้างสมการเทียบมาตรฐานโดยหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลสเปกตรัมของตัวอย่างกาแฟเมล็ดที่ระดับความชื้นต่างๆ ที่บรรจุลงในเซลล์ต่างชนิดกันกับเปอร์เซ็นต์ความชื้นด้วยเทคนิค partial least square regression (PLSR) ด้วยโปรแกรม The unscrambler® version 9.8 (Camo, Oslo, Norway)

ผลและวิจารณ์ผลการทดลอง

เมื่อวัดสเปกตรัมของกาแฟเมล็ดที่ระดับความชื้น 8 และ 12% ด้วยเซลล์บรรจุตัวอย่างชนิดต่างๆ coarse sample cell, pasting cell, standard cup และ rotating cup ด้วยเครื่อง NIRSystem6500 ในช่วงคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร พบว่าสเปกตรัมดั้งเดิม (original spectrum) ของตัวอย่างที่บรรจุในเซลล์ทั้ง 4 ชนิด มีลักษณะคล้ายคลึงกัน และสามารถแบ่งได้สองกลุ่ม เป็นผลจากระดับความชื้นที่แตกต่างกันของกาแฟเมล็ด โดยสเปกตรัมดั้งเดิมของกาแฟเมล็ดที่ระดับความชื้น 8% มีค่าการดูดกลืนแสง (absorbance) ต่ำกว่าที่ระดับความชื้น 12% (Williams and Sobering, 1993) สอดคล้องกับการพบพีกฐานกว้างที่เด่นชัดที่ความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร (Figure 2) ซึ่งสัมพันธ์กับพันธะ O-H ในโมเลกุลของน้ำ เช่นเดียวกับ Shenk *et al.* (2001) รายงานว่า ตำแหน่งพีกในสเปกตรัม NIR ของผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรพบพีกน้ำ(ความชื้น) ชัดเจนที่ความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร (ปาริชาติ และคณะ, 2549)

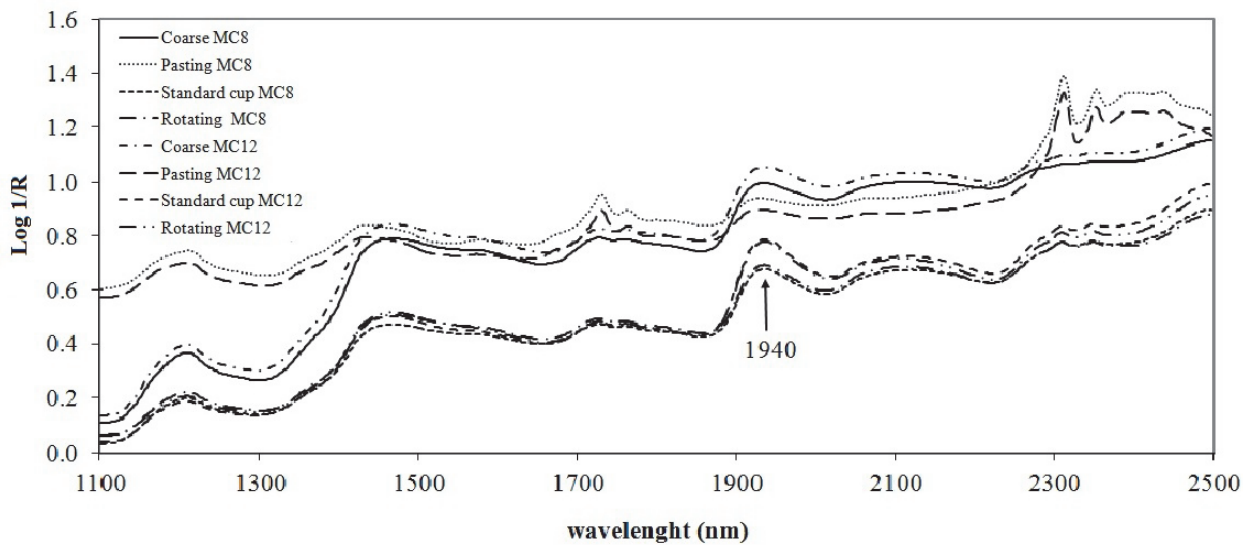


Figure 2 Means original spectra of green coffee at 8 and 12% of moisture content packing in four different types of sample cell, coarse sample cell, pasting cell, standard cup and rotating cup, were measured by NIRSystem 6500 in wavelength range 1100-2500 nm.

การสร้างสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้นด้วยเทคนิค PLSR ของตัวอย่างกาแฟเมล็ดที่บรรจุในเซลล์ทั้ง 4 ชนิด พบว่า ผลของสมการเทียบมาตรฐานของตัวอย่างที่บรรจุใน coarse sample cell, standard cup และ rotating cup มีความแม่นยำใกล้เคียงกัน โดยมีค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.99 ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (standard error of calibration, SEC) มีค่าระหว่าง 0.13-0.20% ค่าคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (standard error of prediction, SEP) มีค่าระหว่าง 0.15-0.21% และสัดส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานในกลุ่ม validation set กับ SEP (RPD) เท่ากับ 9.6 – 13.60 ตามลำดับ และให้ผลดีกว่าตัวอย่างที่บรรจุใน pasting cell ค่า SEC, SEP และ RPD เท่ากับ 0.20, 0.26, 8.97 ตามลำดับ (Table 1) เมื่อพิจารณาผลของสมการเทียบมาตรฐานทั้งหมด จะเห็นว่าในการตรวจวัดความชื้นของกาแฟเมล็ดด้วยเทคนิค NIRS ควรนำตัวอย่างบรรจุใน coarse sample cell เนื่องจากไม่ทำลายตัวอย่างและไม่ต้องแปลงข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ก่อนนำไปสร้างสมการเทียบมาตรฐาน ในขณะที่ข้อมูลสเปกตรัมของตัวอย่างที่บรรจุใน pasting cell ต้องแปลงข้อมูลด้วยอนุพันธ์อันดับที่สอง (second derivative) เพื่อลดผลของกระแทกของการเลื่อนตัวของสเปกตรัม (base line shift) ซึ่งมีความสัมพันธ์กับการกระเจิงแสง (scattering) ที่เป็นปรากฏการณ์ทำให้แสงเปลี่ยนทิศทางมีผลกระทบต่อการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นแตกต่างกัน (Osborne *et al.*, 1993) ส่วนข้อมูลสเปกตรัมของ standard cup

และ rotating cup ไม่ต้องแปลงข้อมูลเปกตรัมด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์สามารถให้ค่าที่แม่นยำสูง แต่ต้องมีการทำลายตัวอย่างในการตรวจวัดเช่นเดียวกับ pasting cell

Table 1. PLSR calibration results for prediction of moisture content of green coffee with 4 types of sample cell, coarse sample cell, pasting cell, standard cup and rotating cup.

Type of sample cell	Pre-treatment	Wavelength region (nm)	F	R ²	SEC	SEP	RPD	Bias
Coarse sample cell	Log 1/R	1100-2500	3	0.99	0.20	0.21	9.62	0.00
Pasting cell	2 nd derivative	1110-2488	5	0.98	0.20	0.26	8.97	0.00
Standard cup	Log 1/R	1100-2500	3	0.99	0.14	0.15	13.60	0.00
Rotating cup	Log 1/R	1100-2500	3	0.99	0.13	0.15	13.54	0.00

F: number of factors used in the calibration equation, R²: correlation of determination, SEC: standard error of calibration, SEP: standard error of prediction, Bias: average of difference between actual value and NIR value

เมื่อพิจารณา กราฟค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (regression coefficient plot) ของสมการเทียบมาตรฐานปริมาณความชื้นของตัวอย่างที่บรรจุในเซลล์ทั้ง 4 ชนิด พบว่ามีค่าสูงที่ความยาวคลื่น 1940 นาโนเมตร ซึ่งคือแถบการดูดกลืนแสงของน้ำนั่นเอง

สรุป

จากการนำเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีมาใช้ในการตรวจสอบหาความชื้นในกาแฟเมล็ดพันธุ์อะราบิกาที่มีระดับความชื้นระหว่าง 8 และ 12% สามารถตรวจวัดได้อย่างแม่นยำสูงและไม่ต้องทำลายตัวอย่าง โดยบรรจุลงในเซลล์ coarse sample cell วัดด้วยความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร

คำขอบคุณ

ขอขอบคุณ สถาบันเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว คณะบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ที่สนับสนุนทุนในการทำวิจัยนี้ ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยว สำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา ที่สนับสนุนอุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ และอาจารย์มานพ หาญเทวี นักวิชาการเกษตร กลุ่มพืชศาสตร์ สถาบันวิจัยพืชสวน กรมวิชาการเกษตร ที่สนับสนุนวัสดุดิบในการทำงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

- กระทรวงเกษตรและสหกรณ์. 2552. กำหนดมาตรฐานสินค้าเกษตร: เมล็ดกาแฟอะราบิกา ตามพระราชบัญญัติมาตรฐานสินค้าเกษตร พ.ศ.2551. ประกาศกระทรวงเกษตรและสหกรณ์. ราชกิจจานุเบกษา. 126: หน้า 6
- ปาริชาติ เทียนจุมพล, รณฤทธิ ฤทธิธรม, สงวนศักดิ์ ธนาพรพูนพงษ์ และสุชาดา เวียรศิลป์. 2549. การหาปริมาณความชื้นอย่างแม่นยำสูงในข้าวสารพันธุ์ขาวดอกมะลิ 105 ด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี. วารสารเกษตร 22: 213-222.
- สำนักวิจัยเศรษฐกิจการเกษตร. 2555. สถานการณ์สินค้าเกษตรที่สำคัญและแนวโน้ม ปี 2555: กาแฟ. สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, กระทรวงเกษตรและสหกรณ์, กรุงเทพฯ. หน้า 93-100.
- Osborne, B.G., T. Fearn and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy: with Applications in Food and Beverage Analysis. 2nd ed. Longman Singapore Publisher (Pte) Ltd, Singapore. 227 p.
- Shenk, J.S., J.J. Workman and M.O. Westerhaus. 2001. Application of NIR spectroscopy to agricultural products. In: D.A. Burns and E.W. Ciurczak, (eds.), Handbook of Near-Infrared Spectroscopy 2nded. Marcel Dekker Inc., New York. pp 419-474.
- Williams, P.C. and D.C. Sobering, 1993. Comparison of commercial Near-Infrared Transmittance and Reflectance Instruments for analysis of whole grains and seeds. Journal Near Infrared Spectroscopy. pp 25-32.