การตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวสดเพื่อการส่งออกด้วยเทคนิค NIR

Worms Detection within Fresh Okra for Exporting by Near Infrared Technique

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[1, 2] ลลิตา ออมสิน[1] บุญยนุช ทองสงโสม[1] ศุทธหทัย โภชนากรณ์[1] และสุรีพร ณรงค์วงศ์วัฒนา[1]

Ronnarit Rittiron[1,2], Lalita Aomsin[1], Boonyanuch Thongsongsom[1], Suttahatai Pochanagorn[1] and Sureeporn Narongwongwattana[1]

Abstract

Fresh okra is an economic crop of Thailand for exporting. However, worms are the important problems in fresh okra. Current detection uses a randomly detect methods with naked eyes and destroying samples, which the decision of the examiner is probably incorrect and undermines product. So near infrared (NIR) spectroscopy technique is an alternative for non-destructive analysis of worm detection within fresh okra. The classification models could predict worms or no worm in fresh okra. Models are relationship between internal quality (worms or no worm) and absorbed energy in near infrared region measured by developed NIR spectrometer using transmittance mode in the wavelength region of 650-1100 nm. Then, the classification models were created by principle component analysis (PCA), soft independent modeling of class analogy (SIMCA) and partial least square discriminant analysis (PLSDA) techniques. The results showed that the PLSDA technique is the best for separation of defected fresh okra with an overall accuracy of 90%.

Keywords: Okra, Near Infrared, Worm

บทคัดย่อ

กระเจี๊ยบเขียวสดเป็นพืชส่งออกที่สำคัญชนิดหนึ่งของไทย แต่การส่งออกมักพบปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งคือตรวจพบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวสด ปัจจุบันการตรวจสอบใช้วิธีการสุ่มตรวจสอบด้วยสายตาและผ่าฝักกระเจี๊ยบเขียว ซึ่งอาจไม่มีความแม่นยำและเป็นการทำลายผลผลิต ดังนั้นเทคนิค near infrared (NIR) spectroscopy จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งสำหรับการตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวสด โดยสร้างแบบจำลองการคัดแยกกระเจี๊ยบเขียวที่มีหนอนและไม่มีหนอนจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนพลังงานแสงชุดวัดการดูดกลืนแสงย่าน NIR ในระบบส่องทะลุผ่าน (transmittance) ที่ถูกพัฒนาขึ้น บนฝักกระเจี๊ยบเขียวสดในช่วงความยาวคลื่น 650 – 1100 nm กับคุณภาพภายในของกระเจี๊ยบเขียวสดระหว่างมีหนอนและไม่มีหนอน แบบจำลองการคัดแยกคุณภาพภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวสดถูกสร้างขึ้นด้วยวิธี principle component analysis (PCA) , soft independent modeling of class analogy (SIMCA) และ partial least square discriminant analysis (PLSDA) ผลการทดลองพบว่าแบบจำลองการคัดแยกด้วยวิธี PLSDA มีความแม่นยำมากที่สุด สามารถคัดแยกกลุ่มได้มีความถูกต้องรวม 90%

คำสำคัญ: กระเจี๊ยบเขียวสด, อินฟราเรดย่านใกล้, หนอน

คำนำ

กระเจี๊ยบเขียวสด หรือกระเจี๊ยบเขียวมอญ *(Abelmoschus esculentus* L.Moench) สกุล Malvaceae (Mallow family) เป็นพืชเศรษฐกิจส่งออกที่สำคัญของประเทศไทย ในปี 2555 ประเทศไทยส่งออกกระเจี๊ยบเขียวสดคิดเป็นมูลค่ารวม 331,606,901 ล้านบาทหรือประมาณ 2,131.901 ตัน (กรมส่งเสริมการเกษตร,2556) ต่างประเทศนิยมบริโภคแพร่หลาย ตลาดสำคัญคือประเทศญี่ปุ่น แต่ปัญหาที่สำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตกระเจี๊ยบเขียวสดไม่ได้มาตรฐานการส่งออกคือ มีการตรวจพบหนอนในฝักกระเจี๊ยบเขียวสด จึงทำให้กระเจี๊ยบเขียวสดที่ถูกส่งออกไป ถูกตีกลับหรือถูกกักกันไว้เพื่อนำเข้าห้องรมยาทำลายหนอนที่ติดอยู่ในฝักกระเจี๊ยบเขียวสด ทำให้กระเจี๊ยบเขียวสดเกิดความเสียหายและมีมูลค่าสินค้าลดลง

[1]ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน, นครปฐม 73140

[1] Department of Food Engineering, Faculty of Engineering at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

[2] ศูนย์นวัตกรรมเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวสำนักงานคณะกรรมการอุดมศึกษา กรุงเทพฯ 10400

[2] Postharvest Technology Innovation Center, Office of the Higher Education Commission, Bangkok 10400

ปัจจุบันการตรวจสอบหนอนในกระเจี๊ยบเขียวสดนั้นใช้วิธีตรวจสอบด้วยตาเปล่า โดยการสังเกตดูว่าฝักมีร่องรอยหนอนหรือไม่ หากพบร่องรอยของหนอนจะทำการผ่าตรวจสอบ แต่วิธีการดังกล่าวนั้นยังคงไม่ละเอียดพอ เนื่องจากอาจจะมีฝักกระเจี๊ยบเขียวที่ไม่มีร่องรอยของหนอนแสดงให้เห็น จึงมีโอกาสที่จะมีหนอนปะปนไปกับการส่งออกด้วย เทคนิค NIR สามารถตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายและรวดเร็ว จึงเป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่เหมาะสมที่จะนำมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบคุณภาพของกระเจี๊ยวเขียวสดได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงต้องการสร้างแบบจำลอง การตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวสดแบบไม่ทำลาย โดยอาศัยเทคนิค NIR และสามารถพัฒนาแบบจำลองเพื่อนำไปสร้างเครื่องตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวอัตโนมัติบนสายพานลำเลียงต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

งานวิจัยนี้ได้สร้างอุปกรณ์การวัดการดูดกลืนของตัวอย่างในระบบการวัดแบบส่องทะลุผ่าน (Transmittance) ที่ช่วงความยาวคลื่น 650 – 1100 nm (Figure 1(a)) โดยให้แหล่งกำเนิดแสงทำมุม 180° กับ detector และใช้แท่นครอบตัวอย่างเพื่อกรองแสงไม่ให้โดนตัวอย่างโดยตรง (Figure 1(b)) โดยกำหนดเงื่อนไขในการวัดเส้นสเปกตรัมคือ Integration time 1000 ms และ Number of scan times 3

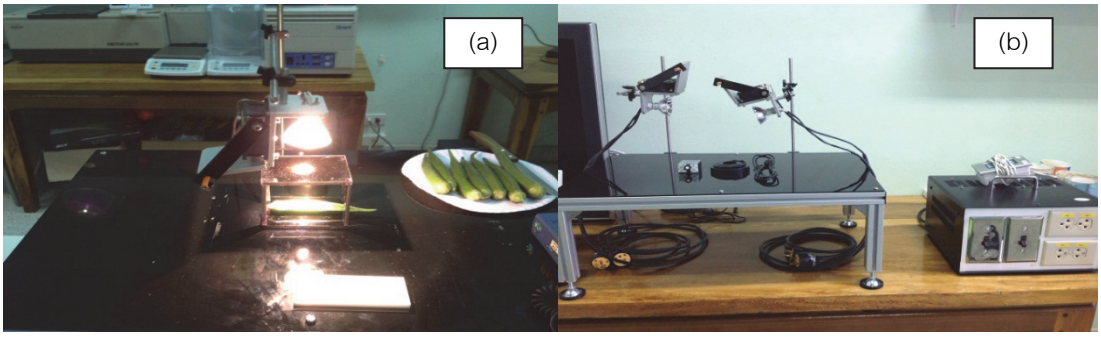

Figure 1 (a) Developed NIR system (b) Spectrum measurement of okra in transmittance mode

ในงานวิจัยนี้ได้รับตัวอย่างมาจากบริษัท ชัชวาล ออร์คิด จำกัด โดยบริษัทได้ทำการแยกกลุ่มตัวอย่างมาให้เป็น 2 กลุ่มจากการสังเกตลักษณะภายนอก คือกลุ่มมีหนอนและกลุ่มไม่มีหนอน จากนั้นทำการกำหนดตำแหน่งการวัดโดยการทำเครื่องหมายลงบนฝักกระเจี๊ยบเขียว (Figure 2) โดยกำหนดให้แต่ละตำแหน่งเป็นตัวแทนของตัวอย่าง และกำหนดให้แต่ละตัวอย่างบนฝักกระเจี๊ยบเขียวมีช่วงความยาว 1 เซนติเมตรเพื่อให้สอดคล้องกับขนาดของตัวตรวจวัดสัญญาณ (detector) จากนั้นนำตัวอย่างไปวัดสเปกตรัมตามตำแหน่งที่กำหนดไว้ และนำไปวิเคราะห์ผลเพื่อสร้างแบบจำลองการตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียว โดยมีตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 250 ตัวอย่าง

Figure 2 Measurement position of each okra pod

แบบจำลองการตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียว ถูกสร้างขึ้นจากสเปกตรัมของกระเจี๊ยบเขียวสดกลุ่มที่มีหนอนและกลุ่มที่ไม่มีหนอน โดยอาศัยโปรแกรม The Unscrambler (version 9.8) ด้วยวิธี Soft Independent Modeling Class Analogy (SIMCA), Principle Component Analysis (PCA) และ Partial Least Square Discriminant Analysis

(PLSDA) โดยวิธี PLSDA จะกำหนดค่ากลุ่มให้เป็นกลุ่ม 0 สำหรับกลุ่มไม่มีหนอน และกลุ่ม 1 สำหรับกลุ่มมีหนอน ซึ่งก่อนการวิเคราะห์สเปกตรัมของกระเจี๊ยบเขียวจะถูกปรับแต่งด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับหนึ่ง วิธีอนุพันธ์อันดับสอง และวิธี Standard Normal Variate (SNV) เพื่อกำจัดปัจจัยภายนอกที่ทำให้ค่าการดูดกลืนเบี่ยงเบนไป โดยตัวอย่างที่ใช้ในการทดลองทั้งหมด 250 ตัวอย่าง จะถูกแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่ม calibration set สำหรับสร้างแบบจำลองเทียบมาตรฐานจำนวน 130 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นกระเจี๊ยบเขียวที่มีหนอนจำนวน 30 ตัวอย่าง และกระเจี๊ยบเขียวที่ไม่มีหนอนจำนวน 100 ตัวอย่าง กลุ่ม validation set ถูกใช้สำหรับทดสอบความแม่นยำของแบบจำลองเทียบที่สร้างขึ้นจำนวน 120 ตัวอย่าง โดยแบ่งเป็นกระเจี๊ยบเขียวที่มีหนอนจำนวน 25 ตัวอย่าง กระเจี๊ยบเขียวที่ไม่มีหนอนจำนวน 95 ตัวอย่าง

ผล

ผลการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวสด แสดงดัง Table 1 จากแบบจำลองพบว่าการสร้างแบบจำลองที่ได้จากการวัดสเปกตรัมของกระเจี๊ยบเขียวสด ด้วยวิธี PLSDA ร่วมกับการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี First derivative (Number of smoothing points 17) และเลือกใช้ช่วงความยาวคลื่นที่ 700.27-950.13 nm ในการวิเคราะห์ให้ค่าความถูกต้องมากที่สุด ซึ่งมีความสามารถในการคัดแยกกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีหนอนได้ด้วยความถูกต้อง 94% กลุ่มมีหนอนได้ด้วยความถูกต้อง 93% ซึ่งคิดเป็นความถูกต้องรวมในกลุ่ม Calibration 94% และสำหรับกลุ่ม Validation set มีความสามารถในการคัดแยกกลุ่มตัวอย่างที่ไม่มีหนอนได้ด้วยความถูกต้อง 88% กลุ่มมีหนอนได้ด้วยความถูกต้อง 80% ซึ่งคิดเป็นความถูกต้องรวมในกลุ่ม Validation 87% และถูกต้องรวมทั้งสองกลุ่ม 90%

Table 1 Classification results of normal and worms destructed okra using discriminant analysis

Model (Pretreatment)	Correction of calibration set (%)		Correction of validation set (%)		Overall correction (%)
	Normal okra	Worm destruction	Normal okra	Worm destruction	
SIMCA (First derivative)	25	97	34	97	44
PCA	65	80	51	84	63
PLS-DA (First derivative)	94	93	88	80	90

วิจารณ์ผล

จากผลการสร้างแบบจำลองเพื่อการคัดแยกกระเจี๊ยบเขียวทั้งสามวิธีการพบว่า วิธีการวิเคราะห์แบบ PCA และ SIMCA นั้นไม่สามารถให้ผลการคัดแยกได้ดีเท่ากับการวิเคราะห์ด้วยวิธี PLSDA เนื่องจากการวิเคราะห์ด้วยวิธีการแบบ PCA และ SIMCA นั้นจะขึ้นอยู่กับความแตกต่างของเส้นสเปกตรัมที่ใช้ในการวิเคราะห์ ในขณะที่เส้นสเปกตรัมของกลุ่มมีหนอนและกลุ่มไม่มีหนอนมีลักษณะคล้ายกันมาก ดังนั้นผลการสร้างแบบจำลองเพื่อตรวจสอบหนอนในกระเจี๊ยบเขียวด้วยวิธี PLSDA นั้นสามารถให้ผลการคัดแยกได้ดีที่สุด เพราะนอกจากการวิเคราะห์จะขึ้นอยู่กับเส้นสเปกตรัมแล้วยังมีค่าสัมประสิทธิ์ (Regression Coefficient) เข้ามาเกี่ยวข้องเพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลสำหรับการวิเคราะห์กลุ่มตัวอย่าง กล่าวคือสัมประสิทธิ์ที่มีค่ามากจะมีอิทธิพลต่อแบบจำลองเทียบมาตรฐานทำนายกลุ่ม จาก Figure 3 สังเกตเห็นว่า ตำแหน่งการดูดกลืนที่สำคัญที่ใช้ในการคัดแยกกระเจี๊ยบเขียวที่มีหนอน คือที่ความยาวคลื่น 751.46 nm สอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของ CH_2 (กรดอะมิโน) ซึ่งเป็นหน่วยย่อยของโปรตีนและไขมัน และที่ความยาวคลื่น 777.42 nm, 793.52 nm สอดคล้องกับตำแหน่งการดูดกลืนของโปรตีน (Osborne et al.,1993) ผลการวิเคราะห์แบบจำลองของวิธีการ PLSDA แสดงดัง scatter plot (Figure 4) ซึ่งใช้เกณฑ์ในการคัดแยกระหว่างกลุ่มมีหนอนและกลุ่มไม่มีหนอนที่ 0.4 ทั้งกลุ่ม ตัวอย่าง Calibration set และ Validation set กล่าวคือกลุ่มไม่มีหนอนต้องมีค่าต่ำกว่า 0.4 และกลุ่มมีหนอนต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.4

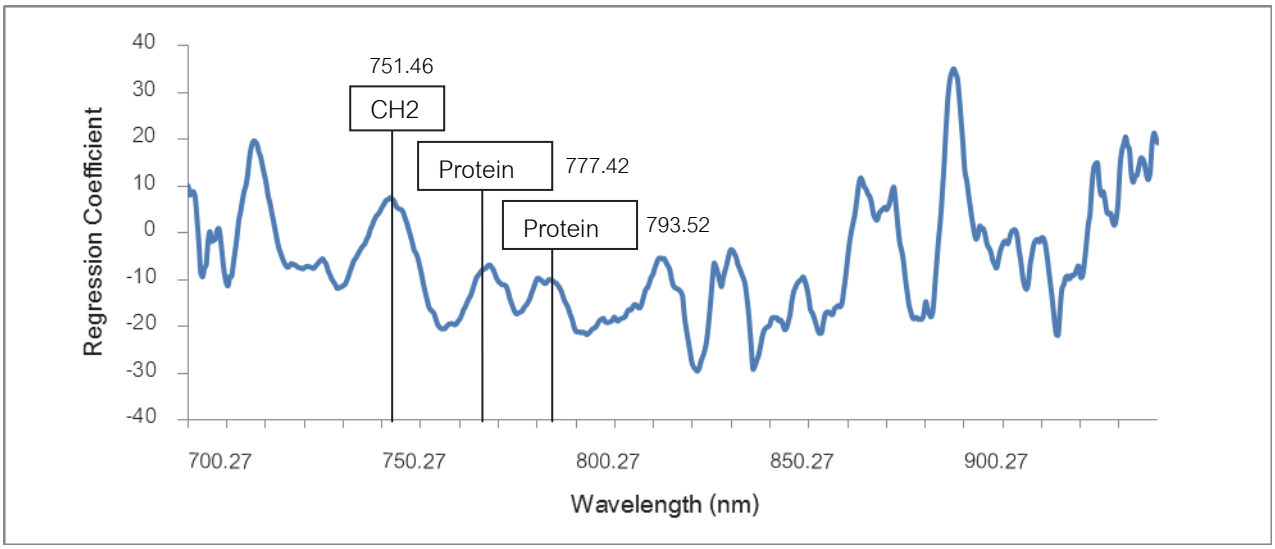

Figure 3 Regression coefficient plot of calibration model for worms detection in okra developed by Partial Least Square Discriminant Analysis (PLSDA)

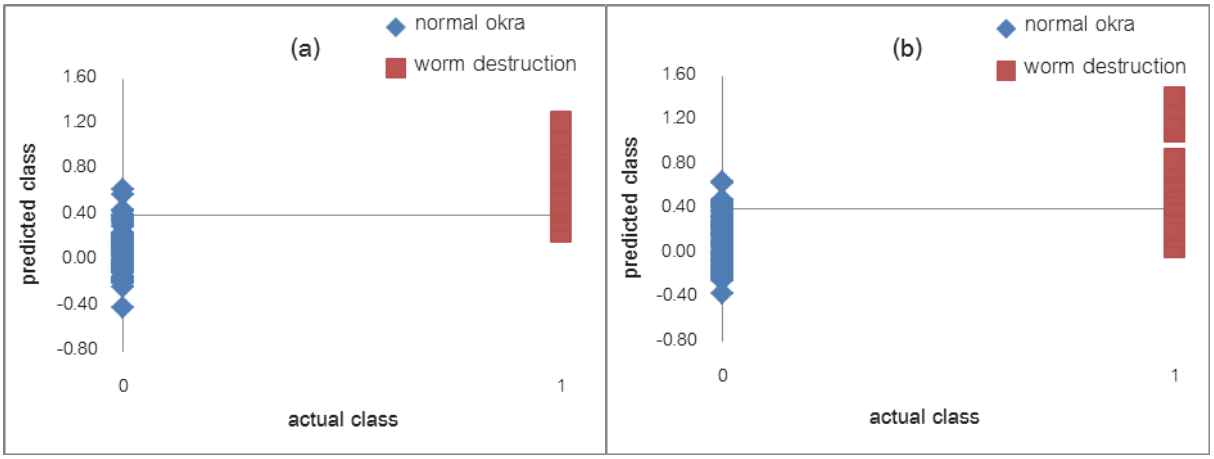

Figure 4 Scatter plots of Partial Least Square Discriminant Analysis (PLSDA) for worm detection within fresh okra of (a) Calibration set (b) Validation set

สรุป

แบบจำลองการตรวจสอบหนอนภายในฝักกระเจี๊ยบเขียวที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Partial Least Square Discriminant Analysis (PLSDA) ร่วมกับการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี First derivative โดยอาศัยเทคนิค NIR ในระบบส่องทะลุผ่าน สามารถตรวจสอบกระเจี๊ยบเขียวสดที่มีหนอนได้ถูกต้อง 90%

กิตติกรรมประกาศ

ขอขอบคุณ บริษัท ชัชวาล ออร์คิด จำกัด ที่สนับสนุนทุนและตัวอย่างในงานวิจัย

เอกสารอ้างอิง

กรมส่งเสริมการเกษตร. 2556. ปริมาณการส่งออกกระเจี๊ยบเขียวสดรายปี. [ระบบออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.doae.go.th/#. (30 กรกฎาคม 2556).

Osborne, B.G., T. Fearn and P.H. Hindle. 1993. Practical NIR spectroscopy : with application in food and beverage analysis. 2933. (2nd ed.). Singapore : Longman Singapore Publishers (Pte) Ltd.