Agricultural Sci. J. 42 : 1 (Suppl.) : 559-562 (2011) ว. วิทย. กษ. 42 : 1 (พิเศษ) : 559-562 (2554)

ระบบคัดแยกความหวานผลไม้อย่างอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง

Automatic Fruits Sweetness Grading System on Conveyor

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ[1] บุญวัฒนา พุ่มมาลี[1] ปานเทพ ศรศิลป์[1] ศศิธร ลิบลับ[1] และอุณารุจ บุญประกอบ[2]

Ronnarit Rittiron, Boonwattana Poommalee, Parntep Sornsil, Sasitorn Liblub and Unaruj Boonprakob

Abstract

The Royal Project Foundation is currently grading the agricultural products (fruits) by weighing and by randomly determining the sweetness of the fruits. After a random inspection of fruits, the fruits had to be thrown away due to the destructive method of sweetness determination. Moreover, the grading method could not assure the quality of every single fruit. Furthermore, the current grading method required too many workers for inspection process to inspect large amount of fruits, also took too much time. Therefore, nondestructive method of determination of sweetness of fruit with an automatic grading on conveyor would play an important role to grading. The method also improved fruit sweetness efficiently, swiftly and reduced the number of workers greatly. A calibration equation was developed by the relationship of sweetness value (°Brix) and the near infrared (NIR) absorbance of guava fruits on the conveyor. Pneumatic system was used for grading mechanism with automatically controlled by microcontroller program. A result showed that the system was sufficiently accurate to determine the sweetness value of fruit with correlation coefficient (R) 0.87, Standard Error of Prediction (SEP) 0.46 °Brix, and average error (Bias) 0.05 °Brix. Sweetness values predicted by NIR were not significantly different from the actual values at 95% confidence. The capacity of the grading system is 600 fruits per hour.

Keywords: Automatic grading system, sweetness, near infrared, guava

บทคัดย่อ

ปัจจุบันมูลนิธิโครงการหลวงใช้วิธีการคัดแยกเกรดผลไม้โดยการชั่งน้ำหนัก และตรวจสอบความหวานของผลไม้โดยวิธีการสุ่มตรวจ ซึ่งวิธีดังกล่าวจะทำลายผลไม้ทำให้ไม่สามารถนำไปขายได้ และไม่สามารถประกันคุณภาพผลไม้ได้ทุกผล อีกทั้งยังจำเป็นต้องใช้แรงงานคนในการตรวจสอบและคัดแยกผลไม้เป็นจำนวนมาก การทำงานจึงเป็นไปอย่างล่าช้า ดังนั้นการวิเคราะห์ความหวานของผลไม้แบบไม่ทำลายพร้อมทั้งทำการคัดแยกเกรดแบบอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง จึงมีบทบาทสำคัญ เพราะผู้ผลิตสามารถคัดแยกความหวานของผลไม้ได้อย่างอัตโนมัติ รวดเร็ว ช่วยลดแรงงานคนในการตรวจสอบและคัดแยกผลไม้ อีกทั้งยังสามารถประกันคุณภาพของผลไม้ให้มีรสชาติตรงตามความต้องการของผู้บริโภคได้ ระบบคัดแยกความหวานแบบไม่ทำลายถูกสร้างขึ้นโดยสร้างสมการเทียบมาตรฐานความสัมพันธ์ค่าความหวานกับการดูดกลืนพลังงานย่าน Near Infrared (NIR) ของผลฝรั่งบนสายพานลำเลียง ระบบคัดแยกแบบนิวเมติกส์ และอาศัยไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นระบบควบคุมถูกนำมาประยุกต์เพื่อใช้คัดแยกความหวานบนสายพานลำเลียง ผลการสร้างระบบพบว่าสามารถทำนายปริมาณความหวานได้อย่างแม่นยำด้วยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ 0.87 ความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนาย 0.46 °Brix และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย 0.05 °Brix โดยค่าความหวานที่ทำนายได้ไม่แตกต่างอย่างมีนัยสำคัญกับค่าความหวานจริงที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ความสามารถในการคัดแยกของระบบคือ 600 ผลต่อชั่วโมง และจากการทดสอบพบว่าระบบควบคุมและคัดแยกผลไม้ที่พัฒนาขึ้น สามารถทำงานได้ถูกต้องสอดคล้องกับค่าความหวานที่ทำนายด้วยเครื่อง NIR สเปกโตรมิเตอร์

คำสำคัญ: ระบบคัดแยกอัตโนมัติ ความหวาน อินฟราเรดย่านใกล้ ฝรั่ง

[1] ภาควิชาวิศวกรรมการอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์ กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

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

[2] ภาควิชาพืชสวน คณะเกษตร กำแพงแสน มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน

[2] Department of Horticulture, Faculty of Agriculture at Kamphaengsaen, Kasetsart University, Nakhon Pathom 73140

คำนำ

มูลนิธิโครงการหลวงได้นำผลไม้เข้ามาทดลองปลูกบนที่สูงเป็นจำนวนมากมายหลายชนิดหลายพันธุ์ ในแต่ละปีจะมีการผลิตและจัดจำหน่ายผลไม้ออกสู่ตลาดเป็นจำนวนมาก จึงต้องใช้แรงงานคนในการตรวจสอบและคัดแยกผลไม้จำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบปัญหาไม่สามารถคัดแยกความหวานให้ตรงตามความต้องการของผู้บริโภค เนื่องจากมีข้อจำกัดของวิธีการตรวจสอบคุณภาพเป็นแบบทำลาย จึงทำให้ต้องสุ่มตรวจ ดังนั้นการวิเคราะห์ความหวานของผลไม้โดยวิธีไม่ทำลาย และคัดแยกอย่างอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง จะทำให้ผู้ผลิตสามารถคัดเกรด และขายได้ในราคาที่สูงขึ้น วยสร้างระบบการซื้อ-ขายที่เป็นธรรมต่อผู้ผลิตและผู้บริโภค

เทคนิค Near infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นวิธีการตรวจสอบคุณภาพแบบไม่ทำลายวิธีหนึ่ง ที่มีศักยภาพสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายความหวานของผลไม้หลายชนิด เช่น ท้อ (Kawano *et al*., 1992) แอปเปิล (McGlone and Martinsen (2004) ส้ม (Kawano *et al*., 1993) มะม่วง (Saranwong *et al*., 2001) สาลี่ (รณฤทธิ์ และคณะ, 2551) ดังนั้นงานวิจัยนี้ต้องการที่จะสร้างระบบคัดแยกความหวานของผลไม้อย่างอัตโนมัติแบบไม่ทำลายโดยใช้เทคนิค NIRS บนสายพานลำเลียง

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การออกแบบสายพานลำเลียงผลไม้และระบบควบคุมคัดแยกผลไม้อย่างอัตโนมัติ

สายพานลำเลียงที่ใช้จะใช้วัสดุแบบ Food Grade และโครงสร้างของสายพานลำเลียงและรางรับผลไม้ที่คัดแยกแล้วจะใช้ Stainless Steel สำหรับระบบคัดแยกจะต้องมีความสะอาด จึงจะใช้ระบบนิวเมติกส์ สำหรับระบบควบคุมจะใช้ Micro Controller โดยเขียนโปรแกรมควบคุมด้วยภาษา C

2. การวัดสเปกตรัมของผลไม้

ตัวอย่างผลไม้ในงานวิจัยนี้จะใช้ผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง สำหรับการวัดการดูดกลืนพลังงาน (สเปกตรัม) ย่าน NIR จะนำผลฝรั่งวางบนถาดรองรับผลไม้ที่ออกแบบขึ้นเฉพาะ เพื่อใช้สำหรับการวัดสเปกตรัมบริเวณแก้มของผล ซึ่งตัวถาดที่ออกแบบขึ้นนั้นมีลักษณะเป็นวงแหวน ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางภายนอกและภายใน เท่ากับ 100 และ 50 มิลลิเมตร ตามลำดับ วัสดุที่ใช้ทำ คือ แผ่น Acrylic หนา 3 มิลลิเมตร และ Cushion หนา 15 มิลลิเมตร การวัดสเปกตรัมบนสายพานลำเลียงจะวัดในระบบสะท้อนกลับ (Reflectance) ด้วยเครื่อง NIR สเปกโตรมิเตอร์ (NIR-Online, Germany) ในช่วงความยาวคลื่น 450 - 950 nm High Sensitivity mode และ Integration time เท่ากับ 4 ms

3. การสร้างสมการเทียบมาตรฐานทำนายความหวาน

ภายหลังจากวัดสเปกตรัมของผลฝรั่งพันธุ์แป้นสีทอง จำนวน 170 ผล แล้วผลฝรั่งแต่ละผลจะวัดปริมาณของแข็งหรือน้ำตาล ที่ละลายน้ำได้ โดยใช้เครื่อง Digital Refractometer (Atago PR-32α, Japan) จากนั้นนำข้อมูลสเปกตรัมของผลฝรั่งมาหาความสัมพันธ์กับปริมาณความหวาน โดยการสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธีการถดถอยเชิงเส้นตรงแบบพหุ (Multiple linear regression) ในช่วงความยาวคลื่น 450-950 nm

4. ความสามารถในการคัดแยกของระบบ

กำหนดเกรดการคัดแยก 3 เกรด คือ ช่วงที่ความหวานมีค่า 10.5 °Brix ขึ้นไป เป็นเกรด A ตั้งแต่ 5 - 10.4 °Brix เป็นเกรด B และถ้าต่ำกว่า 5 °Brix เป็นเกรด C นำฝรั่งจำนวน 20 ผล วางบนถาดรองรับอย่างต่อเนื่องบนสายพานเพื่อประเมินความหวานโดยเครื่อง NIR ที่มีสมการเทียบมาตรฐานที่สร้าง จากนั้นระบบนิวเมติกส์จะคัดแยกความหวานผลไม้อย่างอัตโนมัติ

ผล

1. การออกแบบสายพานลำเลียงผลไม้และระบบควบคุมคัดแยกผลไม้อย่างอัตโนมัติ

จากการศึกษาพบว่าการใช้สายพานลำเลียงแบบ Belt PVC Food grade สีขาวมีความเหมาะสมกับผลไม้ สำหรับระบบนิวเมติกส์สำหรับคัดแยกจะใช้ความดันลมที่เหมาะสมกับการทำงานอยู่ที่ 30 psi โดยระบบควบคุมการคัดแยกจะใช้สัญญาณที่ส่งออกจากเครื่อง NIR Spectrometer ผ่าน I/O Analog output module ได้สัญญาณ Analog ขนาด 12-bit อยู่ในช่วง 4-20 mA เพื่อแปลงสัญญาณ Analog เป็น Digital (A/D) สำหรับไปใช้ควบคุมการทำงานของกระบอกลมตามช่วงของค่าความหวานที่กำหนด

2. การวัดสเปกตรัมของผลไม้

จากการทดสอบการตอบสนองของระบบประมวลผล และรับ-ส่งข้อมูลของเครื่อง NIR Spectrometer พบว่าความเร็วของสายพานลำเลียงที่เหมาะสมต่อการทำงานของระบบ เท่ากับ 3.41 เมตรต่อนาที สเปกตรัมของฝรั่งที่วัดได้จะสังเกตเห็นสเปกตรัมเกิดการเลื่อนตัว (Baseline drift) ซึ่งเกิดจากความแตกต่างของความแน่นเนื้อในแต่ละผล (Figure 1a) จึงต้องปรับปรุงสเปกตรัมก่อนการสร้างสมการเทียบมาตรฐานด้วยวิธี Vector normalization ซึ่งจะสังเกตเห็นว่าสเปกตรัมเลื่อนตัวชิดกัน (Figure 1b) สามารถกำจัดอิทธิพลดังกล่าวได้

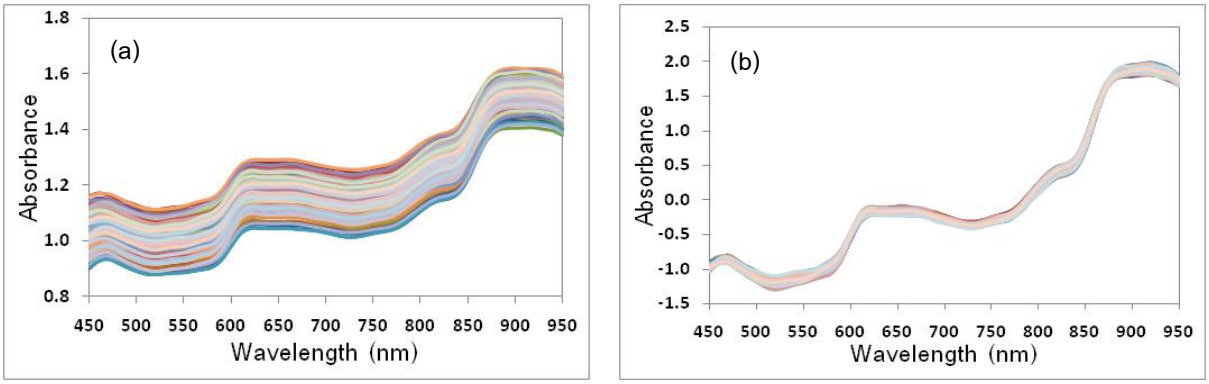

Figure 1 Original Spectrum (a) and vector normalization spectrum (b) of guava in the region of 450-950 nm

3. การสร้างสมการเทียบมาตรฐานทำนายความหวาน

ในการสร้างสมการเทียบมาตรฐานจะแบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่ม Calibration set สำหรับสร้างสมการเทียบมาตรฐานจำนวน 120 ผล และกลุ่ม Validation set ใช้สำหรับทดสอบความแม่นยำของสมการเทียบมาตรฐาน จำนวน 50 ผล ผลการสร้างภายหลังจากตัดตัวอย่าง Outliners ออกแสดงดัง Scatter plots แสดงการเปรียบเทียบค่าที่ทำนาย และค่าจริงของปริมาณความหวานในกลุ่ม Calibration set (Figure 2a) และ Validation set (Figure 2b) ตามลำดับ จะเห็นว่า ค่าที่ทำนายปริมาณความหวานอยู่ใกล้เส้นทแยงมุม บ่งบอกถึงการทำนายได้อย่างแม่นยำ ได้ผลของสมการมีค่า Correlation coefficient (R) = 0.87, Standard Error of Calibration (SEC) = 0.43 °Brix , Standard Error of Prediction (SEP) = 0.46 °Brix และค่าความผิดพลาดเฉลี่ย (Bias) = 0.05 ° Brix

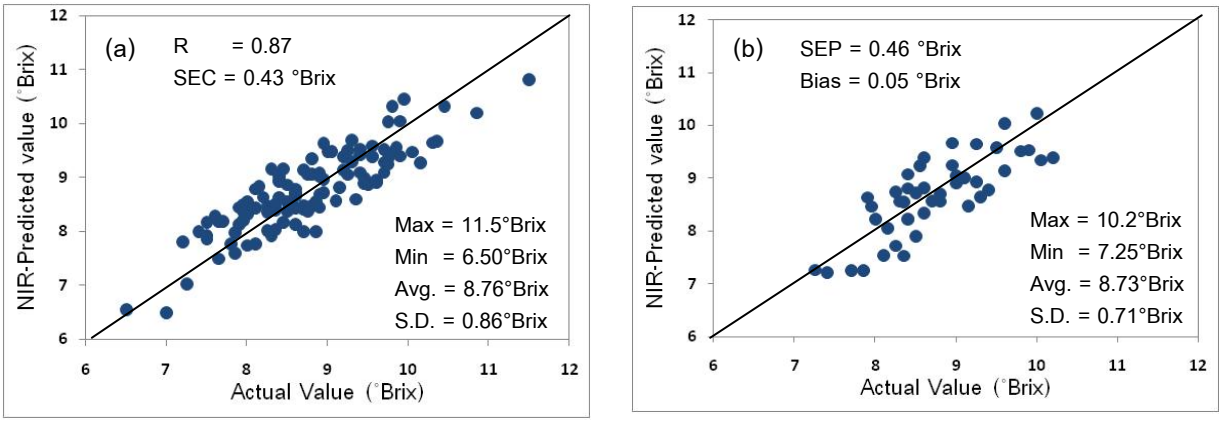

Figure 2 Scatter plot of calibration result for determination of total soluble solid by NIRS

4. ความสามารถในการคัดแยกของระบบ

จากผลการวัดสเปกตรัมอย่างต่อเนื่องพบว่าจะใช้เวลาในการวัดสเปกตรัม 1.93 วินาทีต่อครั้ง และเวลาการเคลื่อนที่ของฝรั่งจนถึงกระบอกลมทำงานครบ 1 รอบ จะใช้เวลา 3.69 วินาที ดังนั้นเวลารวมที่ใช้ในการคัดแยกผลไม้ 1 ผลจะเท่ากับ 5.62 วินาที หรือมีความสามารถในการคัดแยกได้ 10 ผลต่อนาที หรือ 600 ผลต่อชั่วโมง (Figure 3) ผลการทดสอบการคัดแยกผลฝรั่งจำนวน 20 ผล พบว่าสามารถคัดแยกเกรดตามปริมาณความหวานได้ถูกต้อง

Figure 3 Automatic fruits sweetness grading system on conveyor

วิจารณ์ผล

การใช้นิวเมติกส์ช่วยในการคัดแยกผลไม้มีความเหมาะสม เนื่องจากควบคุมได้ง่ายอีกทั้ง มีความสะอาด นอกจากนี้ได้ติดฟองน้ำตรงบริเวณแผ่นดันผลไม้ เพื่อป้องกันไม่ให้ผลไม้ช้ำอีกด้วย สำหรับถาดรองรับผลไม้ที่ออกแบบในงานวิจัยนี้ก็สามารถป้องกันผลไม้กลิ้ง และลื่นไถลขณะเคลื่อนที่อยู่บนสายพานลำเลียง อีกทั้งยังช่วยให้ผลไม้เคลื่อนที่ลงสู่รางรับผลไม้ได้อย่างราบเรียบและป้องกันการเกิดรอยช้ำอีกด้วย

สเปกตรัมของผลไม้ที่วัดได้จะมีอิทธิพลภายนอกที่ทำให้ค่าการดูดกลืนเบี่ยงเบน ดังนั้นก่อนการสร้างสมการเทียบมาตรฐานจะต้องปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อกำจัดอิทธิพลเหล่านั้น ก็จะทำให้ได้สมการเทียบมาตรฐานทำนายความหวานได้อย่างแม่นยำ จากผลการทดสอบ Paired - t - test ของสมการที่สร้างพบว่าค่าความหวานที่ทำนายด้วยวิธี NIR ไม่แตกต่างจากค่าความหวานจริงอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่น 95%

สรุป

ระบบคัดแยกความหวานของผลไม้อย่างอัตโนมัติบนสายพานลำเลียง สามารถทำนายปริมาณความหวาน และคัดแยกเกรดของผลไม้ได้อย่างถูกต้อง

คำขอบคุณ

โครงงานนี้ได้รับทุนอุดหนุนจากสำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัยฝ่ายอุตสาหกรรมโครงการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับปริญญาตรี ประจำปี 2552 และขอขอบคุณบริษัท The science and educational จำกัด ที่ให้ความอนุเคราะห์เครื่อง NIR-Online

เอกสารอ้างอิง

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ, เขมณัฏฐ์ พุกพูล, วิระพงศ์ ชูนุ้ย, สุรีพร ณรงค์ วงศ์วัฒนา และอุณารุจ บุญประกอบ. 2551. การประเมินคุณภาพภายในผลสาลี่อย่างไม่ทำลาย. การประชุมวิชาการโครงงานอุตสาหกรรมและวิจัยสำหรับนักศึกษาปริญญาตรี ระดับชาติ ครั้งที่ 1. กรุงเทพ. น 246-249.

Kawano, S., H. Watanbe and M. Iwamoto. 1992. Determination of sugar content in intact peaches by near infrared spectroscopy with fiber optics in interactance mode. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 61(2): 445-451.

Kawano, S., T. Fujiwara and M. Iwamoto. 1993. Nondestructive determination of sugar content in Satsuma mandarin using near infrared (NIR) transmittance. J. Japan. Soc. Hort. Sci. 62(2): 465-470.

McGlone, V.A. and P.J. Martinsen. 2004. Transmission measurements on intact apples moving at high speed. J. Near Infrared Spectrosc. 12: 37-43.

Saranwong, S., J. Sornsrivichai and S. Kawano. 2001. Improvement of PLS calibration for Brix value and dry matter of mango using information from MLR calibration. J. Near Infrared Spectrosc. 9: 287-295.