การวัดค่าความหวานของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรด

Determination of Commercial Cane Sugar (CCS) using Near Infrared Spectroscopy

กาญจนา กิระศักดิ์ [1/] ทักษิณา ศันสยะวิชัย [1/] วีระพล พลรักดี [1/] อัมราวรรณ ทิพยวัฒน์ [1/]

Kanjana Kirasak [1/] Taksina Sansayawichai [1/] Werapon Ponragdee [1/] Amarawan Thipyawat [1/]

ABSTRACT

Determination of Commercial Cane Sugar (CCS) is commonly calculated from three factors viz. total soluble solid (°Brix), polarization (Pol) values and fiber content. This study investigated the use of Fourier transform near-infrared (FT-NIR) spectroscopy techniques for the rapid detection of CCS. Calibration models of total soluble solid, polarization (Pol) values and fiber content 1) sugarcane juice and 2) fiber were developed using standards of varying concentrations. Sugarcane of 1,150 samples from different growing areas in the Northeastern part of Thailand were analyzed for 1) total soluble solid and polarization and 2) fiber spectrum before being analyzed for CCS by TQ Analyst software. CCS predicted equation from sugarcane juice spectrum showed correlation coefficient (R), root mean square error of calibration (RMSEC) and root mean square error of prediction (RMSEP) of 0.996, 0.610 and 0.573, respectively. Whist sugarcane fiber showed 0.840, 1.510 and 1.050 respectively. The average percentage of precision difference between sugarcane juice and fiber was not statistically different. Therefore, FT-NIR was an effective technique to estimate the values of °Brix, Pol and CCS from sugar cane juice for quality assurance, whereas analysis from fiber content was suitable for only primary screening.

Key words: Commercial Cane Sugar, Pol, Brix, Near Infrared Spectroscopy

[1/] ศูนย์วิจัยพืชไร่ขอนแก่น กรมวิชาการเกษตร 180 ถนนมิตรภาพ อ.เมือง จ.ขอนแก่น 40000 โทรศัพท์ 043 203505

[2/] Khon Kean Field Crop Research Center, Department of Agriculture, 180 mitraphap rd. Muang district, Khon Kaen. Tel. 043 203505

บทคัดย่อ

การวัดค่าความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar ; CCS) ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปีแบบฟูเรียร์ทรานส์ฟอร์ม (Fourier-transform near-infrared; FT-NIR) ใช้ตัวอย่างอ้อยจากแหล่งปลูกต่าง ๆ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 1,150 ตัวอย่าง วิเคราะห์หาปริมาณของแข็งทั้งหมดที่ละลายน้ำได้ (บริกซ์) ร้อยละน้ำตาลซูโครส (โพล) และเปอร์เซ็นต์เส้นใยอ้อย เพื่อนำมาใช้คำนวณค่า CCS และนำค่าเคมีวิเคราะห์ทั้งหมดมาสร้างสมการถดถอยร่วมกับค่าสเปคตราของน้ำอ้อย และเส้นใย โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป (TQ analyst software) เพื่อให้ได้สมการประเมินค่า CCS เมื่อเปรียบเทียบค่าบริกซ์ โพล และ CCS ที่ได้จากสมการของน้ำอ้อย และสมการของเส้นใย พบว่าสมการทำนายค่า CCS สมการของน้ำอ้อยให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบประสิทธิภาพ และค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนายที่ 0.996, 0.610 และ 0.573 ตามลำดับ และค่าสมการของเส้นใยที่ 0.840, 1.51 และ 1.05 ตามลำดับ หลังการทดสอบพบว่า สมการทั้ง 2 มีค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของความแม่นยำไม่แตกต่างกัน ดังนั้นการตรวจสอบคุณภาพของอ้อยด้วยค่า CCS โดยการใช้เทคนิค NIRs ให้ผลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณค่าบริกซ์ โพล และ CCS ของน้ำอ้อย ในระดับการทำนายเพื่อการประกันคุณภาพ และสมการจากเส้นใยให้การทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณค่าเบื้องต้นได้

คำหลัก: ความหวานอ้อย โพล เส้นใย CCS แสงย่านใกล้อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี

คำนำ

ประเทศไทยมีการผลิตอ้อย และส่งออกในรูปของน้ำตาลทรายเป็นอันดับสองของโลก ในปี พ.ศ. 2557 ผลผลิตรวมของอ้อยทั้งหมด 103.7 ล้านตันอ้อย มีการส่งออก 7,363,004 ตัน โดยมีค่าเฉลี่ยความหวานของอ้อย (Commercial Cane Sugar; CCS) เท่ากับ 12.56 CCS โดยทั่วไปค่ามาตรฐานความหวานของอ้อยที่นำมาใช้ในการกำหนดราคาน้ำตาลจะอ้างอิงที่ 10 CCS แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่ทำให้ราคาน้ำตาลในตลาดโลกเปลี่ยนแปลง เช่น ราคาน้ำมันในตลาดโลก ค่าความผันผวนของเงินดอลลาร์สหรัฐฯ และสต๊อกน้ำตาลโลก เป็นต้น (สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร, 2557) เนื่องจากราคาน้ำตาลโลกเคลื่อนไหวตามปัจจัยดังกล่าว ส่งผลกระทบต่อราคาอ้อย และน้ำตาลในประเทศตามมาด้วย จากข้อมูลดังกล่าว แสดงให้เห็นว่าราคาการซื้อขายอ้อยนอกจากอิงราคาตลาดโลก และอัตราแลกเปลี่ยนเงินตราต่างประเทศแล้ว ต้องกำหนดมาตรฐานค่าความหวาน (CCS) ประกอบด้วยเสมอ

CCS หมายถึงปริมาณน้ำตาลที่มีอยู่ในอ้อย ที่สามารถหีบสกัดออกมาเป็นน้ำตาลทราย

ขาวบริสุทธิ์ได้ ราคาอ้อยถูกกำหนดจากคณะกรรมการตาม พรบ.อ้อยและน้ำตาลทราย พ.ศ. 2527 และอิงกับค่า CCS โดยกำหนดที่ 10 CCS และราคาเพิ่มขึ้น 6% ต่อ 1 CCS หรือราคาเพิ่มขึ้นหรือลดลง 57 บาทต่อ 1 CCS (สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย, 2558) ดังนั้น ค่า CCS ที่สูงขึ้นราคาขายอ้อยก็ย่อมสูงตามไปด้วย โดยค่า CCS คำนวณมาจาก 3 ส่วนคือ ค่าโพล (ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของน้ำตาลซูโครสที่ละลายอยู่ในน้ำอ้อย) วัดค่าโดยใช้เครื่องโพลาริมิเตอร์ ค่าบริกซ์ (ปริมาณร้อยละโดยน้ำหนักของของแข็งทั้งหมดที่ละลายอยู่ในน้ำอ้อย) วัดค่าโดยใช้เครื่องรีแฟกโตมิเตอร์ และเปอร์เซ็นต์เส้นใยอ้อย (ชานอ้อย) ใช้เครื่องบดชานอ้อยและนำไปผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ ซึ่งวิธีการหาค่าของทั้ง 3 ส่วนนี้ ค่อนข้างมีความยุ่งยากและใช้เวลาอย่างน้อย 1 สัปดาห์กว่าจะได้ผลค่าวิเคราะห์ทางเคมีมาใช้ในการคำนวณค่า CCS รวมถึงต้องใช้เครื่องมือและอุปกรณ์หลายชนิด ปัจจุบันได้มีการนำเครื่อง NIRS (Near-Infrared Spectrometer) เข้ามาใช้ในการวิเคราะห์ความหวานอ้อย ซึ่งเป็นวิธีการที่ไม่ยุ่งยาก ใช้เวลาน้อยกว่าวิธีการเดิม

Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเครื่องมือที่ใช้เทคนิคแสงย่านใกล้อินฟาเรดในการวิเคราะห์โมเลกุล และไม่ทำลายตัวอย่าง โดยให้คลื่นแสงส่องผ่านตัวอย่างแล้ววัดปริมาณแสงที่ถูกดูดกลืนในช่วงความยาวคลื่นประมาณ 400-2,500 นาโนเมตร เป็นการเกิดอันตรกิริยาระหว่างรังสีอินฟราเรดย่านใกล้กับสสาร โดยเฉพาะสสารที่เป็นของโมเลกุลสารอินทรีย์ ที่ประกอบด้วยพันธะไฮโดรเจน (X-H) อะตอม X ได้แก่ C, O, N, S และอื่น ๆ เช่น หมู่ฟังก์ชัน O-H, C-H, N-H และ O=H อันตรกิริยาดังกล่าวคือการที่โมเลกุลดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้เข้าไป ส่งผลต่อการสั่นของพันธะต่าง ๆ ในโมเลกุล พลังงานถูกดูดกลืนไว้โดยองค์ประกอบทางเคมีของสารอินทรีย์ ความเข้มของแสงที่ผ่านออกมา โดยทั่วไปจะเป็นสัดส่วนกับปริมาณขององค์ประกอบทางเคมีนั้น ซึ่งระดับการดูดกลืนรังสีอินฟราเรดย่านใกล้ของสสารที่ความยาวคลื่นต่าง ๆ ปรากฏให้เห็นในรูปสเปกตรัมที่มีแกนนอนแสดงค่าความยาวคลื่นแสง NIR และแกนตั้งแสดงค่าการดูดซับแสงของวัตถุ เพื่อนำไปใช้ในการประมวลผลการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และเชิงคุณภาพ (รณฤทธิ์, 2552) มีงานวิจัยที่ใช้ประโยชน์จากเครื่อง NIR เพื่อหาค่าความหวานประกอบงานวิจัยเช่น การใช้ NIR ในการประเมินเชื้อจุลินทรียในน้ำล้างผัก (จารุวรรณ, 2555) การใช้ NIR ในการวิเคราะห์ความหวานเพื่อหาคุณภาพเบื้องต้นของอ้อยลูกผสม (Nawi *et al*., 2012) การวิเคราะห์ปริมาณเส้นใยในอ้อยสำหรับการทำนายผลผลิต (Boer, 2007) และการวิเคราะห์คุณภาพองค์ประกอบของน้ำอ้อยอย่างรวดเร็ว (Berding *et al*., 1991) เป็นต้น ดังนั้นงานวิจัยนี้จึงได้นำเทคนิค NIR มาใช้ในการวัดค่าความหวานอ้อย (CCS) เพื่อนำมาใช้ประโยชน์กับงานวิจัยอ้อยด้านต่าง ๆ ในปัจจุบันและสามารถพัฒนาใช้ในการหาค่าความหวานอ้อยระดับอุตสาหกรรมต่อไป

อุปกรณ์และวิธีการ

1. การเตรียมตัวอย่างและการวิเคราะห์ค่าทางเคมี

เตรียมตัวอย่างอ้อยพันธุ์ขอนแก่น 3 จากแปลงปลูกอ้อยงานวิจัยด้านเขตกรรมแหล่งต่าง ๆ ในเขตภาคตะวันออกเฉียงเหนือจำนวน 1,150 ตัวอย่าง ในช่วงเวลาเก็บเกี่ยว 2 ปี เดือนธันวาคม พ.ศ. 2555-เดือนมีนาคม พ.ศ. 2557) เพื่อวิเคราะห์ค่าความหวาน มีขั้นตอนการดำเนินงานดังนี้

1.1 ลอกกาบและใบอ้อยออกจากลำให้สะอาด ใช้อ้อย 6 ลำ/ตัวอย่าง แล้วสุ่มตัดอ้อย 3 ส่วน คือส่วนโคน กลาง และปลาย อย่างละ 2 ลำ นำไปฝนเส้นใยละเอียด และสุ่มแบ่งตัวอย่างใส่ถ้วย สำหรับใช้กับเครื่อง NIR Spectrometer (FT-NIR; Antaris II Analyzer, Themo Scientific, USA.) ที่ต่อกับคอมพิวเตอร์ และเส้นใยอีกส่วนนำไปใช้หาค่าปริมาณเส้นใย โดยแบ่งชั่งน้ำหนักตัวอย่างละ 100 ก. ใส่ลงในถุงผ้ามัดปากถุงให้แน่น นำถุงของแต่ละตัวอย่างลงซักในน้ำเปล่า 1 ครั้ง จากนั้นนำไปต้มในน้ำเดือดนาน 30 นาที ย้ายมาซักในน้ำสะอาด 2 ครั้ง บิดน้ำทิ้ง ผึ่งไว้พอหมาดเป็นเวลา 1-2 วัน อบให้แห้งด้วยอุณหภูมิ 80 °ซ เป็นเวลา 3-5 วัน นำมาชั่งน้ำหนักแห้งของเส้นใย (Fiber)

1.2 นำอ้อยส่วนที่เหลือไปเข้าเครื่องหีบน้ำอ้อย แล้วนำน้ำอ้อยผ่านตะแกรงกรองสิ่งสกปรกออก คนน้ำอ้อยให้รวมเป็นเนื้อเดียวกัน นำน้ำอ้อยตัวอย่างละ 100 มล. มาทำให้ใสด้วยการเติมสารแคลเซียมไฮดรอกไซด์ 2 ก. และอะลูมิเนียมคลอไรด์ 4.66 ก. คนให้สารเคมีละลาย กรองสารละลายผ่านกระดาษกรอง นำน้ำอ้อยที่กรองได้ไปวัดค่าบริกซ์ (Brix) ด้วยเครื่องรีแฟกโตมิเตอร์ (3T, ATAGO Co. LTD., Japan) วัดค่าโพล (Pol) ด้วยเครื่องโพลาริมิเตอร์ (Polax-2L, ATAGO Co. LTD., Japan) และอีกส่วนใส่หลอดแก้ว (cuvette) สำหรับใช้กับเครื่อง NIR Spectrometer

1.3 คำนวณค่า CCS ตามสูตรดังนี้

CCS = 0.9433Pol (100-Fiber)/100 - 1/2[0.9660 Brix (100-Fiber)/100-0.9433 Pol(100-F)/100]

2. การวัดค่าสเปคตรัมด้วยเครื่อง NIR Spectrometer

นำตัวอย่างน้ำอ้อยในหลอดแก้ว และเส้นใยอ้อยที่บรรจุในถ้วยที่เตรียมจากข้อ 1 มาเข้าเครื่อง NIR Spectrometer เพื่อหาค่าสเปคตรัม โดยส่วนของตัวอย่างน้ำอ้อยใช้วิธีการวัดแบบแสงส่องผ่าน (transmission module) ที่ความยาวคลื่น 970-1,450 นาโนเมตร (ขวัญตรี และ Taira, 2557) ขณะที่ส่วนของเส้นใยอ้อยใช้การวัดแบบการสะท้อนแสง (integrating sphere) ความยาวคลื่น 1,100-2,500 นาโนเมตร (ศุมาพร และคณะ, 2553)

3. การสร้างสมการความสัมพันธ์

นำค่าสเปคตรัม และค่าวิเคราะห์ทางเคมีมาใช้สร้างสมการถดถ้อยเชิงเส้น ((Partial Least Squares Regression (PLSR)) โดยมี

ตัวแปรอิสระ (X) คือ ข้อมูลคลื่นที่ดูดกลืนแสงที่มีความสัมพันธ์กับค่าที่ต้องการหา และตัวแปรตาม (Y) คือค่าวิเคราะห์เชิงปริมาณที่ประกอบด้วยค่า บริกซ์ โพล เส้นใย โดยวิธีการทางสถิติของโปรแกรมสำเร็จรูป TQ Analyst ที่เป็น Chemometric software ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) พิจารณาจากค่าสูงที่เข้าใกล้ 1 ค่า Root Mean Square Error of Calibration (RMSEC) ซึ่งเป็นค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบประสิทธิภาพ และค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย ที่เป็นค่าแตกต่างเข้าใกล้ 0

4. การทดสอบสมการ

ทดสอบสมการแบบ Prediction testing โดยนำตัวอย่างจากแปลงอ้อยจำนวน 20 ตัวอย่าง มาวิเคราะห์หาค่า CCS ด้วยวิธีทางเคมี วิธีการเช่นเดียวกันกับข้อ 1 และนำตัวอย่างเดียวกันมาวัดค่า CCS ด้วยเครื่อง NIR Spectrometer จากสมการที่สร้างได้ในข้อ 3 เปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างระหว่างค่าวิเคราะห์ที่ได้จากเครื่อง NIR Spectrometer และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมี

ผลการทดลองและวิจารณ์

1. การสร้างสมการความสัมพันธ์

1.1 การวัดค่า CCS จากน้ำอ้อย

นำค่าสเปคตรัมที่วัดได้ (Figure 1) และค่าวิเคราะห์ทางเคมี สร้างสมการสำหรับวัดค่า CCS โดยใช้น้ำอ้อย ได้สมการที่มีค่า R= 0.972 (Figure 2) ซึ่งมีค่าที่เข้าใกล้ 1 แสดงว่าตัวแปรตามและตัวแปรอิสระมีความสัมพันธ์กันมาก โดยตัวแปรตามกับตัวแปรอิสระจะเปลี่ยนแปลงในทิศทางเดียวกัน ซึ่งมาจากค่าของบริกซ์ และโพล ให้ค่า R ที่เข้าใกล้ 1 (Table 1) ค่า RMSEC คือค่าความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบประสิทธิภาพ และ RMSEP คือค่าความคลาดเคลื่อนจากการทำนาย (จิราพรและคณะ, 2553) มีค่าต่ำกว่า 1 และทั้งสองค่า มีค่าที่ใกล้เคียงกัน ถ้ามีค่าต่ำกว่า 1 เข้าใกล้ 0 มาก และมีค่าแตกต่างกันน้อย แสดงว่าสมการมีความแม่นยำในการทำนายมาก เนื่องมาจากในน้ำอ้อยมีปริมาณของเส้นใยปนอยู่น้อย แม้ว่าการใช้น้ำอ้อยจะไม่สามารถวิเคราะห์ค่าของไฟเบอร์ได้ แต่ตัวอย่างมีความสม่ำเสมอในงานวิเคราะห์สูง และเหมาะกับงานที่ใช้ในการคัดเลือกพันธุ์อ้อยเบื้องต้น (Berding *et al*., 1991)

1.2 การวัดค่า CCS จากเส้นใย

ใช้ค่าสเปคตรัมที่ความยาวคลื่น 1100 – 2500 นาโนเมตร (Figure 1) และค่าวิเคราะห์ทางเคมี นำมาสร้างสมการสำหรับวัดค่า CCS โดยใช้เส้นใย เมื่อเปรียบเทียบกับค่า R ของตัวอย่างที่มาจากเส้นใยพบว่า CCS มีค่า R= 0.840 (Table 1) ต่ำกว่าค่า R ของตัวอย่างมาจากน้ำอ้อย ขณะที่ค่า R ของตัวแปรอื่น ๆ มีความสัมพันธ์กันน้อยกว่าด้วยเช่นกัน เฉพาะค่า R ของเส้นใยเท่านั้น ที่มีค่าสูงและเข้าใกล้ 1 มากกว่าค่า R ของตัวอย่างที่มาจากน้ำอ้อย แต่สมการยังคงมีค่าความคาดเคลื่อนสูงเกิน 1 ดูได้จากค่า RMSEC และ RMSEP นอกจากนี้พบว่าทั้ง 2 ค่ามีความแตกต่างกัน (Figure 2 and 3)

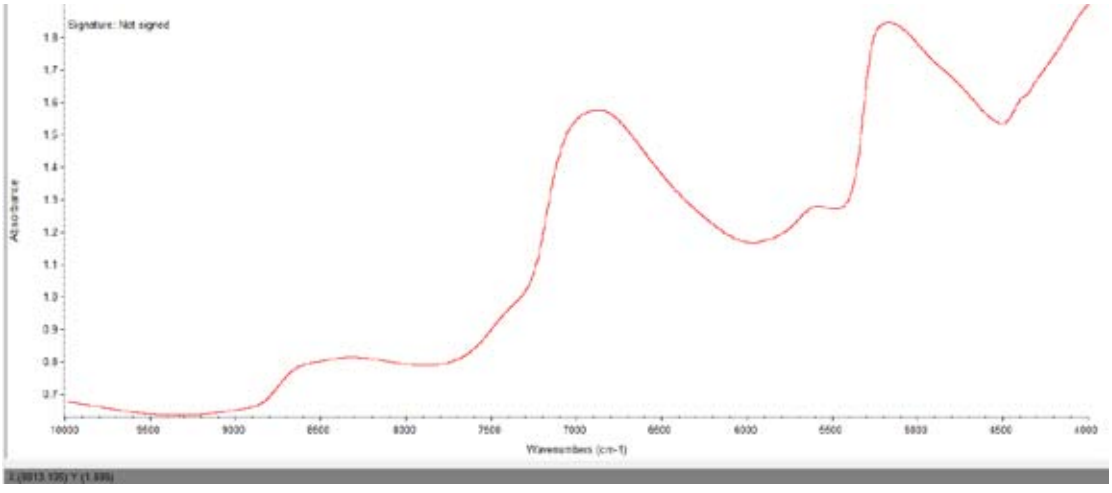

Figure 1 Absorbance and wavelength of sugarcane juice and fiber at 970-2500 nm.

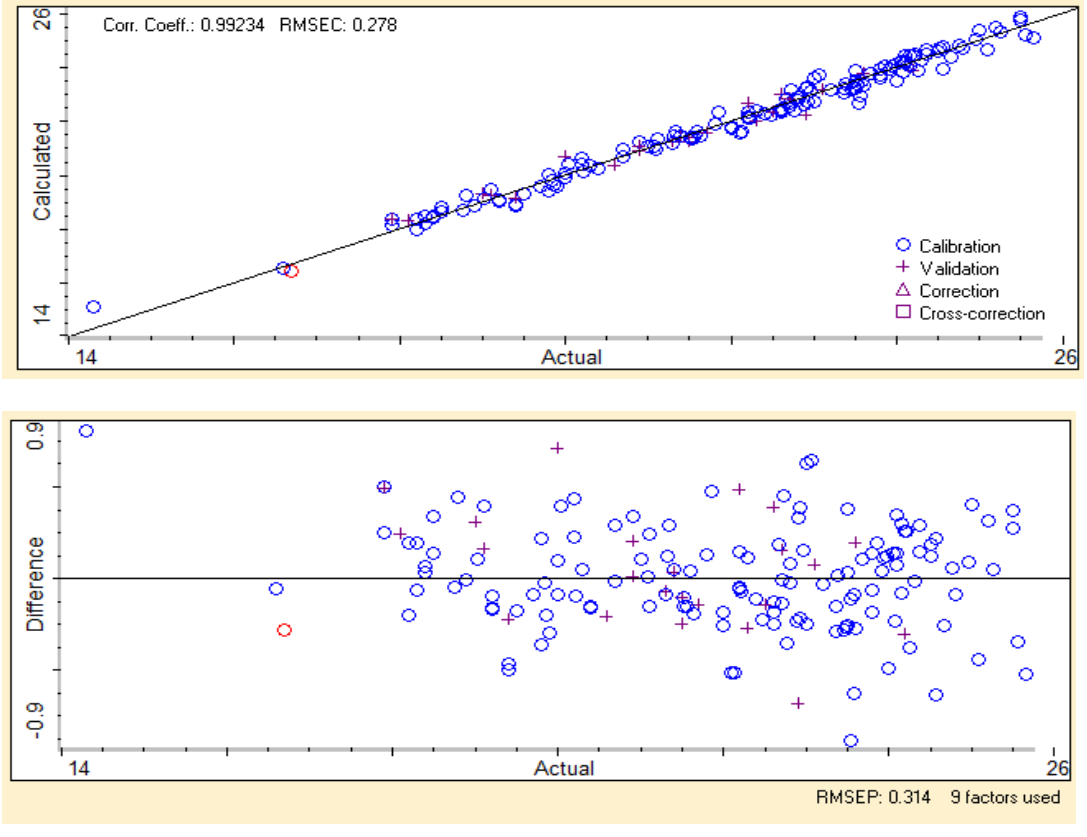

Figure 2 Prediction model for CCS using sugarcane juice

Table 1 Predicted quality components obtained from sugarcane juice and fiber samples

Components	Sugarcane juice			Sugarcane ber		
	R	RMSEC	RMSEP	R	RMSEC	RMSEP
Brix	0.996	0.205	0.242	0.855	1.05	1.04
Pol	0.991	0.336	0.364	0.844	1.45	1.05
Fiber	0.287	3.090	2.390	0.928	0.976	1.06
CCS	0.972	0.610	0.573	0.840	1.51	1.05

R = coefficient of determination; RMSEC = Root Mean Square Error of Calibration; RMSEP = Root Mean Square Error of Prediction

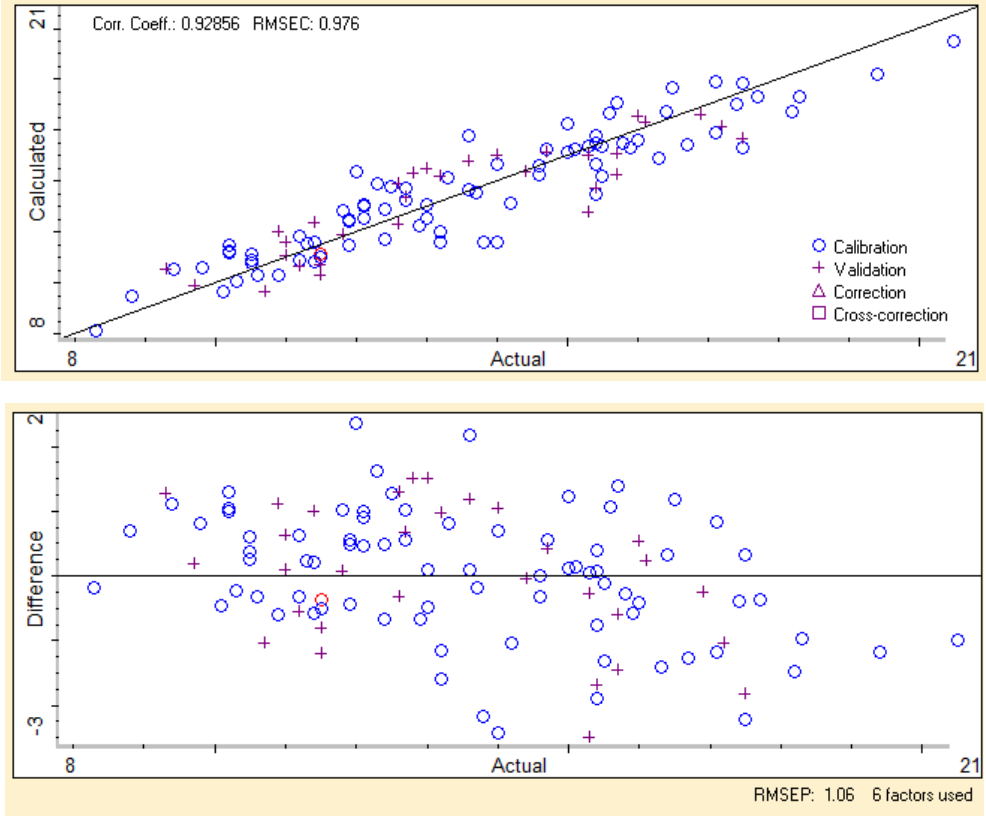

Figure 3 Prediction model for CCS using sugarcane fiber

การวิเคราะห์ความสามารถของการทำนายจากสมการ CCS ที่ได้มาโดยใช้ความสามารถของสมการ Calibration ด้วยค่า R อธิบายได้ว่าสมการที่สร้างจากตัวอย่างน้ำอ้อยให้ระดับการทำนายเพื่อการประกันคุณภาพได้ แต่สมการจากตัวอย่างที่มาจากเส้นใยให้การทำนายได้เพียงเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประมาณค่าเบื้องต้นเท่านั้น ซึ่งถ้าต้องการปรับสมการให้มีระดับการทำนายที่สูงขึ้น ควรเพิ่มประมาณตัวอย่างและค่าวิเคราะห์ทางเคมี แล้วจึงนำผลไปปรับกับสมการที่มีอยู่เดิม

Table 2 Comparison CCS characteristic of sugarcane juice determined by chemical method and NIR spectroscopy

Samples No.	CCS		% different	Samples No.	CCS		% different
	Chemical analyze	NIR analyze			Chemical analyze	NIR analyze	
1	13.5	13.7	1.33	11	14.9	14.0	5.93
2	13.5	14.3	5.56	12	13.0	13.7	5.48
3	14.6	14.9	2.23	13	12.9	13.5	4.44
4	13.7	13.9	0.93	14	14.1	14.0	0.95
5	14.1	14.4	1.47	15	13.9	13.6	2.13
6	13.9	13.6	2.13	16	14.5	13.6	5.8
7	13.9	14.7	5.24	17	13.4	14.6	9.03
8	13.5	13.7	1.33	18	13.9	14.6	5.19
9	13.9	14.7	5.24	19	13.5	14.7	8.49
10	15.0	13.9	7.61	20	13.7	14.8	8.12
Average			**4.43**				

Table 3 Comparison CCS characteristic of sugarcane fiber determined by chemical method and NIR spectroscopy

Samples No.	CCS		% different	Samples No.	CCS		% different
	Chemical analyze	NIR analyze			Chemical analyze	NIR analyze	
1	14.2	13.4	5.89	11	16.9	15.4	8.99
2	13.3	13.4	0.61	12	14.9	15.8	5.78
3	16.3	15.1	7.21	13	10.4	9.90	4.36
4	16.0	14.8	7.57	14	12.9	12.4	3.85
5	14.4	13.9	3.60	15	12.6	13.3	6.05
6	11.6	11.0	5.00	16	13.0	12.2	6.08
7	12.8	12.8	0.06	17	12.5	12.0	3.97
8	11.1	11.3	1.81	18	15.2	14.1	7.32
9	11.9	11.8	0.84	19	12.5	11.7	6.93
10	11.4	11.2	1.58	20	9.8	10.3	4.69
Average			**4.61**				

2. การทดสอบความแม่นยำของสมการ

นำสมการที่ได้จากน้ำอ้อย และจากเส้นใยมาใช้ทดสอบความแม่นยำกับตัวอย่างใหม่ 20 ตัวอย่าง เปรียบเทียบค่า ความแม่นยำของค่า CCS โดยใช้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของผลการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีและวิเคราะห์ด้วยสมการที่สร้างขึ้นจาก NIR เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าวิเคราะห์ทางเคมีและจาก NIR ที่ได้ค่า CCS ไม่ควรเฉลี่ยเกิน 5% ของความแตกต่าง จากการทดสอบพบว่าสมการที่สร้างขึ้นจากน้ำอ้อยให้เปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่า CCS จากการวิเคราะห์ทางเคมีและจาก NIR spectrophotometer อยู่ในช่วงระหว่าง 0.93-9.03 ได้ค่าความแตกต่างเฉลี่ย 4.43% (Table 2) ขณะที่สมการจากเส้นใยมีเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างอยู่ในช่วงระหว่าง 0.06-8.99 ได้ค่าความแตกต่างเฉลี่ย 4.61% (Table 3) จากนั้นจึงทำการเปรียบเทียบเปอร์เซ็นต์ความแตกต่างของค่าเฉลี่ยด้วยการวิเคราะห์ทางสถิติแบบ t-test พบว่า เปอร์เซ็นต์ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ แสดงให้เห็นว่าการวัดค่าความหวานอ้อย (CCS) โดยการใช้สมการที่สร้างขึ้นจากน้ำอ้อย และเส้นใยกับเครื่อง NIR ไม่มีความแตกต่างกัน สามารถนำน้ำอ้อยจากตัวอย่างผลผลิตรวมทั้งตัวอย่างผลผลิตที่ฝนเป็นเส้นใยมาใช้วัดค่า CCS จากเครื่อง NIR ได้ให้ผลความแม่นยำไม่แตกต่างกัน

สรุปผลการทดลอง

การตรวจสอบคุณภาพของอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรดสเปกโตสโกปี Fourier-transform near-infrared (FT-NIR; Antaris II Analyzer, Thermo Scientific, USA.) โดยการสร้างสมการถดถอย ให้ผลที่มีประสิทธิภาพในการประเมินปริมาณค่า CCS จากน้ำอ้อย อยู่ในระดับการทำนายเพื่อการประกันคุณภาพได้ และสมการจากเส้นใยให้การทำนายเพื่อการแบ่งระดับปริมาณหรือประเมินค่าเบื้องต้น ซึ่งสามารถนำน้ำอ้อยและเส้นใยอ้อยมาใช้วัดค่า CCS โดยใช้เครื่อง NIR แทนการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีได้

เอกสารอ้างอิง

ขวัญตรี แสงประชาธนารักษ์ และ E. TAIRA. 2557. การพัฒนาระบบการจ่ายค่าตอบแทนอ้อยนำส่งโรงงานน้ำตาลจากการวัดคุณภาพ ด้วย NIR ในจังหวัดโอกินาว่า ประเทศญี่ปุ่น. *Postharvest Newsletter.* 13(12) : p 5.

จิราพร อนุสรณ์วงศ์ชัย ศุมาพร เกษมสำราญ วีระพล พลรักดี ทักษิณา ศันสยะวิชัย วารุณี ธนะแพสย์ และซาโตรุ มิยาตะ. 2553. การตรวจสอบคุณภาพอ้อยด้วยแสงย่านใกล้อินฟราเรด. *ว.วิทย์. กษ.* 4(3/1)(พิเศษ): 85-88.

จารุวรรณ บางแวก. 2555. *การประเมินเชื้อจุลินทรีย์ในน้ำล้างผัก.* เอกสารประกอบการฝึกอบรม. 13 หน้า สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. 2552. เอกสารประกอบการฝึกอบรม เรื่อง “การตรวจสอบสินค้าเกษตรโดยไม่ทำลายตัวอย่างด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR Workshop)” วันที่ 20-24 เมษายน 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

รณฤทธิ์ ฤทธิรณ. 2552. การสร้างระบบ NIR สำหรับการวิเคราะห์ประจำวัน. เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้ ในอุตสาหกรรมเกษตร. สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรมเกษตร. สำนักงานคณะกรรมการอ้อยและน้ำตาลทราย. [6 สิงหาคม 2558] แหล่งที่มา: http://www.ocsb.go.th/th/webboard/detail.php?ID=2209&

ศุมาพร เกษมสำราญ ณัฐภรณ์ สุทธิวิจิตรภักดี จริยา ประศาสน์ศรีสุภาพ วารุณี ธนะแพสย์ และซาโตรุ มิยาตะ. 2553. การวิเคราะห์ปริมาณองค์ประกอบทางเคมีในวัสดุเหลือทิ้งทางการเกษตรเพื่อใช้เป็นพลังงานทดแทนด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี. *ว. วิทย์. กษ.* 41(3/1)(พิเศษ): 65-68.

Berding, N. Brotherton, G. A. Brocq le, D. G. and J. C. Skinner. 1991. Near Infrared Reflectance Spectroscopy for Analysis of Sugarcane from Clonal Evaluation Trials: II. Expressed Juice. *Crop Science*. 31 (4): 1024-1028.

Boer, de H. G. 2007. *Experience with high fibre cane in Barbados.* Barbados Agricultural Management Co. Ltd. p. 1-8

Nawi, N.M. Jensen, T. and G. Chen 2012. The Application of Spectroscopic Methods to Predict Sugarcane Quality Based on Stalk Cross-sectional Scanning. *Journal American Society of Sugar Cane Technologists*. 32: 16-27.