



การตรวจติดตามปริมาณความชื้นในพริกแกงเขียวหวานระหว่างกระบวนการผัด โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Monitoring of Moisture Content During Stir-Fried of Green Curry Paste using Near-Infrared Spectroscopy

พัชรนันท์ สุขแสงพนมรุ่ง¹ ปิติพร ฤทธิเรืองเดช^{1*} อริสรา หิริโอดัปยะ¹ และ ปิยะมาศ คงแถม²

¹ภาควิชาพัฒนาผลิตภัณฑ์ คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพฯ 10900

²บริษัท อำพลฟู้ดส์ โพรเซสซิง จำกัด นครปฐม 73220

Patcharanun Suksangpanomrung¹ Pitiporn Ritthiruangdej^{1*} Arisara Hiriotappa¹ and Piyamart Khongkhaem²

¹Department of Product Development, Faculty of Agro-Industry, Kasetsart University, Bangkok, 10900 Thailand.

²Ampol Food Processing Ltd. Nakornpathom, 73220 Thailand.

*Corresponding Author, E-mail: pitiporn@gmail.com

Received: 18 July 2019 | Revised: 5 December 2019 | Accepted: 26 December 2019

บทคัดย่อ

ในกระบวนการผลิตพริกแกงจำเป็นต้องมีการควบคุมปริมาณความชื้นของพริกแกงในระหว่างการผัดเพื่อรักษากลิ่นรสเฉพาะตัวของพริกแกง ดังนั้นจึงทำให้อุตสาหกรรมต้องการเครื่องมือที่มีความรวดเร็วในการวิเคราะห์ เช่น การใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near-Infrared spectroscopy, NIRs) ในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น งานวิจัยนี้ได้ผัดพริกแกงเขียวหวานที่อุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส เป็นเวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที และทำการสุ่มเก็บตัวอย่างพริกแกงทุก ๆ 15 นาที เพื่อนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR spectrometer ที่ช่วงความยาวคลื่น 950 – 1650 นาโนเมตร ที่อุณหภูมิ 25 องศาเซลเซียส และทำการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในตัวอย่างโดยใช้ข้อมูลที่ได้มาสร้างสมการโดยใช้เทคนิค Partial least squares (PLS) regression ร่วมกับ Full-cross validation ตัวอย่างพริกแกงทั้งหมด (n=90) ถูกแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คือกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างสมการแคลิเบรชัน (n=70) และกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบความถูกต้องในการทำนายของสมการ (n=20) จากผลการทดลองพบว่าปริมาณความชื้นของตัวอย่างพริกแกงอยู่ระหว่าง 14.72 – 53.38% และเมื่อพิจารณาสเปกตรัมของค่าการดูดกลืนแสงพบว่ามีตำแหน่งของการดูดกลืนแสงที่เด่นชัด (Peak) ที่ความยาวคลื่น 1210 และ 1450 นาโนเมตร ซึ่งมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบของน้ำมันและน้ำตามลำดับ และเมื่อพิจารณาค่าการดูดกลืนแสงในช่วงความยาวคลื่น 1000 – 1450 นาโนเมตร พบว่ามีความผันแปรของค่าการดูดกลืนแสงกับปริมาณน้ำในตัวอย่างพริกแกงที่เป็นผลมาจากระยะเวลาในการผัด และผลจากการสร้างสมการ PLS พบว่าการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Standard Normal Variate ให้สมการที่ดีที่สุด โดยมีค่า Correlation coefficient และ Root mean square error of prediction เท่ากับ 0.996 และ 0.899% ตามลำดับ

ABSTRACT

In the instant curry production process, the moisture content of curry paste during stir-frying with oil must be controlled to conserve the authentic flavor. Therefore, the manufacturers require a rapid method, such as near-infrared (NIR) spectroscopy, to determine the moisture content. In this study, the stir-frying of green curry with oil at 90°C was cooked for 3 hours 30 minutes. The stir-fried curry sample was taken every 15 minutes and subsequently scanned with an NIR spectrometer in the range of 950 - 1650 nm at 25°C and then analyzed for moisture content by oven method. Partial least squares (PLS) regression with full-cross validation method was applied to develop the NIR calibration model. A total of ninety samples was randomly selected to be part of the calibration set (N = 70 samples) and validation set (N = 20 samples). The result showed that the moisture content ranged between 14.72 and 53.38%. The NIR spectra region shows the signal peaks at wavelengths of 1210 and 1450 nm which was associated with oil and water, respectively. It is clear that in the 1000 –1450 nm range the absorptivity depends on the amount of water, which was affected by the stir-frying time. With the aids of Standard Normal Variate, a spectral pretreatment method, the PLS model yielded a good prediction of moisture content with correlation coefficient and root mean square error of prediction values of 0.996 and 0.899%, respectively.

คำสำคัญ: พริกแกงเขียวหวาน ความชื้น สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ การถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน

Keywords: Green curry paste, Moisture, Near-Infrared spectroscopy (NIRs), Partial Least Squares (PLS) Regression

บทนำ

ในปัจจุบันอุตสาหกรรมเครื่องแกงสำเร็จรูปมีการพัฒนาสู่อุตสาหกรรมขนาดใหญ่ และมีแนวโน้มขยายตัวเพิ่มขึ้นตามกระแสความนิยมของอาหารไทยในต่างประเทศจากการสืบค้นข้อมูลพบว่าในปี พ.ศ. 2558 การส่งออกพริกแกงสำเร็จรูปมีปริมาณการส่งออก 15,568.57 ตัน ซึ่งคิดเป็นมูลค่ากว่า 1,662.11 ล้านบาท โดยเมื่อเทียบกับปี พ.ศ. 2557 ปริมาณการส่งออกมีการขยายตัวเพิ่มขึ้น ร้อยละ 9.68 (ธนาภรณ์ และวรรณชมพู, 2558)

แกงเขียวหวานเป็นแกงที่ได้รับความนิยมมากในต่างประเทศ ซึ่งจัดอยู่ 1 ใน 10 อันดับของอาหารไทยยอดนิยม (วลัยและคณะ, 2550) เป็นแกงที่มีลักษณะสีเขียว ซึ่งเกิดจากการใช้พริกที่มีสีเขียวมาทำพริกแกง ในการทำแกงเขียวหวานจะใช้กะทิผสมกับเครื่องแกงได้ออกมาเป็นน้ำแกงสีเขียวเรียกว่า “แกงเขียวหวาน” โดยพริกแกงเขียวหวานจัดอยู่ในประเภทพริกแกงเปียก ซึ่งมีความชื้นสูง จึงมีผลทำให้เกิดการเสื่อมเสียได้ง่าย และเก็บไว้ได้ไม่นาน ดังนั้นจึงมีการนำพริกแกงเขียวหวานมาแปรรูปในรูปแบบต่าง ๆ เพื่อเพิ่มมูลค่า ยืดอายุการเก็บและเพิ่มความสะดวกในการบริโภค เช่น น้ำพริกแกงเขียวหวานสำเร็จรูปบรรจุ

ในซองปิดสนิท พริกแกงเขียวหวานผงสำเร็จรูป และน้ำแกงเขียวหวานพร้อมปรุงบรรจุกล่อง เป็นต้น

พริกแกงเขียวหวานโดยทั่วไปมีส่วนประกอบของพืชสมุนไพรและเครื่องเทศ เช่น พริกสด พริกแห้ง ตะไคร้ ผิวมะกรูด หัวหอม กระเทียม ขิง และข่า เป็นต้น (กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) ซึ่งวัตถุดิบเหล่านี้ทำให้เกิดเป็นกลิ่นรสที่เป็นเอกลักษณ์เฉพาะตัวของพริกแกง โดยทั่วไปในการปรุงแกงเขียวหวานมักมีการผัดเครื่องแกงเพื่อเพิ่มกลิ่นรสของสมุนไพรและเครื่องเทศ ดังนั้นการผลิตน้ำแกงเขียวหวานสำเร็จรูปในระดับอุตสาหกรรมจึงได้ควบคุมระยะเวลาในการผัดเครื่องแกงให้เหมาะสมโดยการวิเคราะห์และตรวจติดตามปริมาณความชื้นก่อนนำไปทำน้ำแกงให้อยู่ในช่วงที่กำหนดไว้ของแต่ละโรงงาน การวิเคราะห์ความชื้นในพริกแกงทำได้โดยวิธีการอบแห้งด้วยตู้อบลมร้อนจนได้น้ำหนักคงที่ ใช้ระยะเวลาในการวิเคราะห์ประมาณ 16 ชั่วโมง (ธรรรัตน์, 2546) และการใช้เครื่องวัดปริมาณความชื้นด้วยรังสีอินฟราเรดซึ่งใช้ระยะเวลาวิเคราะห์ประมาณ 20 นาที อย่างไรก็ตามการวิเคราะห์ด้วยวิธีการดังกล่าวยังไม่ตอบโจทย์ของอุตสาหกรรมที่ต้องการความรวดเร็ว ดังนั้นหากมีเครื่องมือที่มีความรวดเร็วและถูกต้องในการวิเคราะห์จะ

ช่วยให้อุตสาหกรรมสามารถลดระยะเวลาและต้นทุนในการผลิตลงได้

เทคนิค Near-Infrared Spectroscopy (NIRs) เป็นเทคนิคที่มีความรวดเร็วในการวิเคราะห์ค่าองค์ประกอบทางเคมีของตัวอย่าง เป็นเทคนิคที่รู้จักกันอย่างแพร่หลายสามารถนำมาใช้ในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีและกายภาพของผลิตภัณฑ์ โดยช่วงคลื่น NIR เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าอยู่ในช่วงความยาวคลื่น 800 ถึง 2500 นาโนเมตร เมื่อตัวอย่างได้รับพลังงานในช่วงคลื่นนี้จะเกิดการดูดกลืนคลื่นแสงทำให้เกิดการสั่นสะเทือนของโมเลกุล C-H, O-H และ N-H (Patel, 2017) จากการสืบค้นข้อมูลงานวิจัยพบว่าเทคนิค NIRs สามารถใช้ในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ได้หลากหลายรูปแบบทั้งในผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะเปียก เช่น ฝรั่งและเสาวรส เพียวเร่แช่เยือกแข็ง (Alamar et al., 2016) และผลิตภัณฑ์ที่มีลักษณะแห้ง เช่น มันฝรั่งทอด (Shiroma and Rodriguez-Saona, 2009) ออริกาน (Novo et al., 2016) และแอปเปิ้ลแผ่นอบแห้ง (Guan et al., 2019) เป็นต้น แต่อย่างไรก็ตามยังไม่มีมีการนำเทคนิค NIRs มาใช้ในการตรวจคุณภาพของพริกแกงในระหว่างกระบวนการผลิต

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือเพื่อศึกษาสมรรถนะของเทคนิค NIRs ในการตรวจวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในพริกแกงเขียวหวานที่ผัดด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน โดยมีการสร้างสภาวะจำลองการผัดเครื่องแกงเขียวหวานในระดับห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นการเลียนแบบการผลิตในอุตสาหกรรม ซึ่งข้อมูลที่ได้จากงานวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางให้อุตสาหกรรมได้ใช้เครื่องมือที่มีความถูกต้องแม่นยำ และรวดเร็วสำหรับการวิเคราะห์ความชื้นในอุตสาหกรรมพริกแกงได้ต่อไป

วิธีการดำเนินการวิจัย

1. การเตรียมตัวอย่างพริกแกงเขียวหวาน

ในงานวิจัยนี้ได้รับการสนับสนุนตัวอย่างพริกแกงเขียวหวาน และน้ำมันปาล์มจาก บริษัท อำพลฟู้ดส์ โพรเซสซึ่งจำกัด ทำการเตรียมตัวอย่างพริกแกงผัดโดยใช้พริกแกงเขียวหวาน 7 กิโลกรัม และน้ำมันปาล์ม 2.8 กิโลกรัม เริ่มทำการผัดตัวอย่างพริกแกงโดยใส่น้ำมันลงในกระทะและให้ความร้อนจนน้ำมันมีอุณหภูมิ 90 องศาเซลเซียส แล้วใส่พริกแกงที่เตรียมไว้ข้างต้นลงไปผัดผสมให้เข้ากัน ผัดพริกแกงเป็นระยะเวลา 3

ชั่วโมง 30 นาที ทำการสุ่มเก็บตัวอย่างทุก ๆ 15 นาที โดยแบ่งออกเป็น 2 ถัง ถังละ 250 กรัม แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR Spectrometer และวิเคราะห์ปริมาณความชื้นด้วยวิธีมาตรฐาน ทำการทดลองทั้งหมด 3 ซ้ำ การทดลองจะได้จำนวนตัวอย่างทั้งหมด 90 ตัวอย่าง

2. การวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR spectrometer

นำตัวอย่างพริกแกงที่เตรียมได้จากข้อ 1 มาควบคุมอุณหภูมิที่ 25 องศาเซลเซียส โดยใช้เครื่อง water bath (Memmert, WNB 14, Germany) จากนั้นชั่งน้ำหนักพริกแกงประมาณ 160 กรัม ใส่ในถาด small sample dish เกลีสผิวตัวอย่างให้เรียบเสมอกัน วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR Spectrometer (Perten Instruments, DA 7250, Sweden) ที่ช่วงความยาวคลื่น 950 – 1650 นาโนเมตร ด้วยระบบการวัดแบบ Reflectance mode ควบคุมการวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยโปรแกรม Results Plus Version 3.6.14270 (Perten Instruments, Sweden) โดยแต่ละตัวอย่างทำการวัดค่าการดูดกลืนคลื่นแสง 2 ครั้ง แล้วหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้ในการสร้างสมการทำนายปริมาณความชื้นต่อไป

3. การวิเคราะห์ปริมาณความชื้นของตัวอย่างพริกแกงเขียวหวาน

วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตามวิธีการของ AOAC (2000) โดยชั่งตัวอย่างประมาณ 3 กรัม ใส่ในถ้วยอลูมิเนียมที่ทราบน้ำหนัก แล้วนำไปอบที่อุณหภูมิ 105±1 องศาเซลเซียส โดยใช้ตู้อบลมร้อน (Binder, FD 115, Germany) อบจนได้น้ำหนักที่คงที่ วิเคราะห์ปริมาณความชื้นตัวอย่างละ 3 ซ้ำ แล้วนำค่าที่ได้ไปหาค่าเฉลี่ยเพื่อนำไปใช้สร้างสมการทำนายปริมาณความชื้นต่อไป

4. การสร้างสมการ NIR ทำนายปริมาณความชื้นของตัวอย่างพริกแกงเขียวหวาน

นำค่าการดูดกลืนแสง (x_i) ที่วัดด้วยเครื่อง NIR Spectrometer จากข้อ 2 และค่าปริมาณความชื้น (y) จากข้อ 3 มาสร้างสมการทำนายปริมาณความชื้นของพริกแกง ใช้เทคนิค Partial Least Squares (PLS) regression ร่วมกับเทคนิค Full cross-validation และปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Savitzky-Golay smoothing, Normalization, Multiplicative Scatter Correction (MSC), Standard Normal Variate (SNV), First derivatives และ Second derivatives โดยใช้โปรแกรม

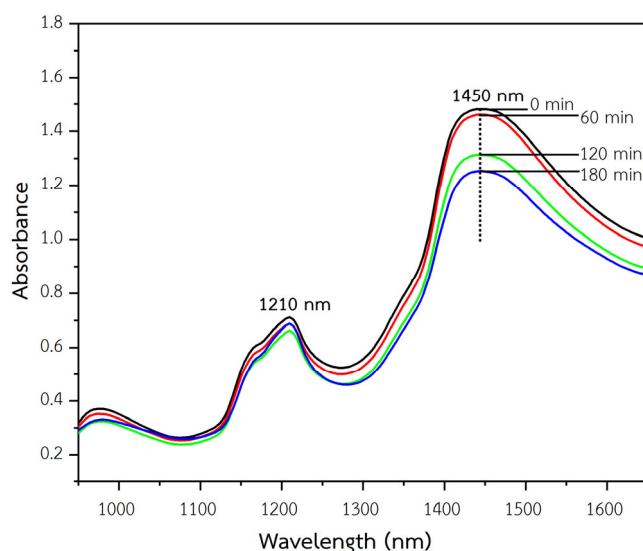
Unscrambler X software version 10.5 (CAMO Analytics, Norway) นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาเรียงลำดับตามปริมาณความชื้นของตัวอย่าง และทำการแบ่งตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่มโดยวิธีการสุ่ม โดยข้อมูลกลุ่มที่ 1 จำนวน 70 ตัวอย่างใช้สำหรับสร้างสมการ (Calibration set) และข้อมูลกลุ่มที่ 2 จำนวน 20 ตัวอย่างใช้สำหรับทดสอบความถูกต้องในการทำนายของสมการ (Validation set) ทั้งนี้ในการสุ่มตัวอย่างต้องให้กลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างสมการมีช่วงของข้อมูลครอบคลุมกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบความถูกต้องของสมการ แล้ววิเคราะห์ค่าทางสถิติ ดังนี้ ค่า Correlation coefficient of calibration (R_c), ค่า Root mean square error of calibration (RMSEC), ค่า Root mean square error of cross-validation (RMSECV), ค่า Correlation coefficient of prediction (R_p), ค่า Root mean square error of prediction (RMSEP) และค่า Residual predictive deviation (RPD) โดยสมการที่ดีควรมีค่า R เข้าใกล้ 1 (Shiroma and Rodriguez-Saona, 2009) ค่า RMSECV และ RMSEP มีค่าน้อยที่สุด (Olawejaju et al., 2016) และค่า RPD มีค่ามากกว่า 3 ซึ่งแสดงว่าสามารถนำสมการมาใช้สำหรับการทำนายคุณภาพได้ (Sinelli et al., 2008) และนำข้อมูลค่าจริงและค่าทำนายของสมการที่ดีที่สุดมาเปรียบเทียบความแตกต่าง

ทางสถิติ โดยวิธี Paired - samples t-test ที่ระดับความเชื่อมั่น 95% ด้วยโปรแกรม SPSS software (IBM, USA)

วิจารณ์ผลการวิจัย

1. ค่าการดูดกลืนแสงและปริมาณความชื้นของตัวอย่างพริกแกงเขียวหวาน

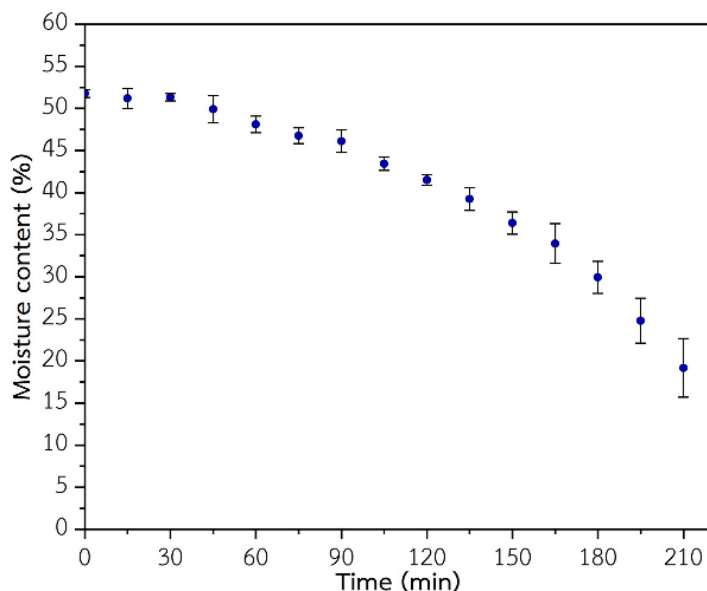
รูปที่ 1 แสดงตัวอย่างสเปกตรัมพริกแกงเขียวหวานที่ไม่ผ่านการปรับแต่งสเปกตรัมที่ผัดเป็นระยะเวลา 0 60 120 และ 180 นาที ในช่วงความยาวคลื่น 950 – 1650 นาโนเมตร จากรูปแสดงให้เห็นว่ารูปแบบสเปกตรัมของตัวอย่างที่ผัดในระยะเวลาแตกต่างกันมีลักษณะการดูดกลืนแสงที่คล้ายคลึงกัน เมื่อพิจารณาพบว่ามีตำแหน่งของการดูดกลืนแสงที่เด่นชัด (Peak) ที่ความยาวคลื่น 1210 และ 1450 นาโนเมตร โดยมีความสัมพันธ์กับองค์ประกอบหลักของพริกแกง ดังนี้ ที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 1210 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับ 2^{nd} overtone ของพันธะ C-H stretching ที่เกี่ยวข้องกับน้ำมัน และกรดไขมัน (Fernandez-Cabanas et al., 2011; Olawejaju et al., 2016) และที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 1450 นาโนเมตร มีความสัมพันธ์กับการดูดกลืนคลื่นแสงของน้ำ โดยที่สัมพันธ์กับพันธะ O-H stretching ที่เกี่ยวข้องกับ 2^{nd} overtone ของน้ำ (Kovacevic et al., 2016)



รูปที่ 1 NIR สเปกตรัมตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานที่ผัดเป็นระยะเวลา 0, 60, 120 และ 180 นาที ในช่วงความยาวคลื่น 950 – 1650 นาโนเมตร

รูปที่ 2 แสดงปริมาณความชื้นของพริกแกงเขียวหวานที่ผัดที่ระยะเวลาต่าง ๆ เมื่อพิจารณาพบว่าปริมาณความชื้นของพริกแกงเขียวหวานลดลง เมื่อระยะเวลาในการผัดเพิ่มมากขึ้น เนื่องจากในกระบวนการผัดมีการให้ความร้อนทำให้อุณหภูมิของพริกแกงสูงขึ้นจนถึงอุณหภูมิน้ำเดือด (100 องศาเซลเซียส)

จึงทำให้เกิดการระเหยของน้ำ (Qiu et al., 2019) ซึ่งสอดคล้องกับค่าการดูดกลืนแสงที่ตำแหน่งความยาวคลื่น 1450 นาโนเมตร โดยค่าการดูดกลืนแสงของตัวอย่างพริกแกงที่ 0 นาที มีค่าการดูดกลืนแสงมากที่สุด และลดลงเมื่อระยะเวลาในการผัดเพิ่มมากขึ้น ตามลำดับ (รูปที่ 1)



รูปที่ 2 ค่าเฉลี่ยปริมาณความชื้นของพริกแกงเขียวหวานผัดที่ระยะเวลาต่าง ๆ

2. การสร้างสมการทำนายปริมาณความชื้น

ตารางที่ 1 แสดงค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของค่าความชื้นตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานผัดของกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างสมการ (Calibration set) และกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบความ

ถูกต้องในการทำนายของสมการ (Validation set) โดยกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างสมการมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 14.72 – 53.38% ซึ่งมีค่าครอบคลุมกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบความถูกต้องในการทำนายสมการซึ่งมีปริมาณความชื้นอยู่ในช่วง 15.60 – 52.63%

ตารางที่ 1 ค่าต่ำสุด สูงสุด ค่าเฉลี่ย และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของปริมาณความชื้นตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานของกลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับสร้างสมการ (Calibration set) และ กลุ่มข้อมูลที่ใช้สำหรับทดสอบความถูกต้องในการทำนายของสมการ (Validation set)

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวนตัวอย่าง	ปริมาณความชื้น (%)			
		ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด	ค่าเฉลี่ย	SD
Calibration set	70	14.72	53.38	40.85	9.89
Validation set	20	15.60	52.63	41.20	10.72

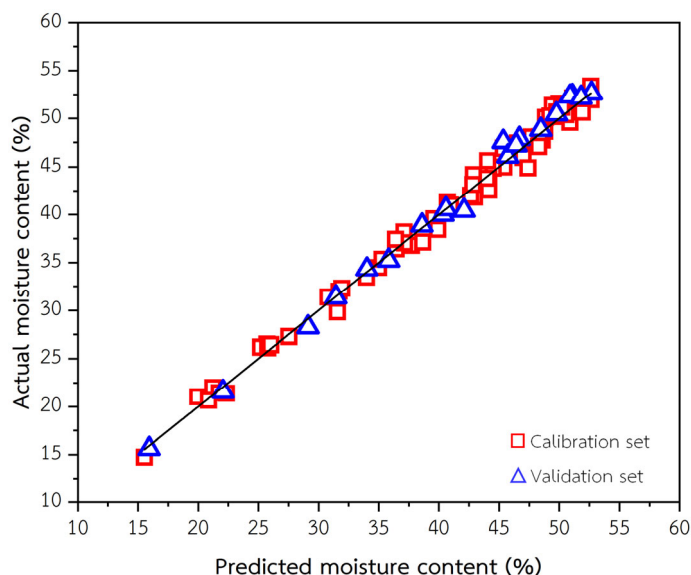
ตารางที่ 2 แสดงผลการสร้างสมการ NIR-PLS regression ที่ใช้ทำนายปริมาณความชื้นของตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานผัด โดยทำการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีต่าง ๆ เพื่อปรับปรุงประสิทธิภาพในการทำนายโดยพบว่า สมการทำนายที่ได้ทุกสมการมีค่า Correlation coefficient (R) มากกว่า 0.9

คือมีค่าเข้าใกล้ 1 แสดงว่ามีสมรรถนะในการทำนายได้ดี (Bag et al., 2011) และเมื่อพิจารณาผลการสร้างสมการ พบว่าสมการที่ดีที่สุดคือสมการที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV) เนื่องจากในกระบวนการผลิตตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานมีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ จึงทำให้มีผลต่อค่า

การกระเจิงแสง ดังนั้นการปรับแต่งวิธีนี้จะช่วยลดความคลาดเคลื่อนที่เกิดจากการกระเจิง และการเปลี่ยนทิศทางของแสงในตัวอย่างไม่เป็นอย่างได้เป็นอย่างดี (Moghimi et al., 2010) ซึ่งวิธี SNV มักถูกใช้ในการปรับแต่งสเปกตรัมตัวอย่างที่มีน้ำมันเป็นส่วนประกอบ เช่น เนย (Hermida et al., 2001) นม (Roza-Delgado et al., 2017) และ ใส้กรอกหมูแบบแห้ง (Gaitán-Jurado et al., 2008) เป็นต้น เมื่อพิจารณาพบว่าสมการที่ผ่านการปรับแต่งสเปกตรัมด้วย SNV มีค่า RMSECV และ RMSEP เท่ากับ 1.153% และ 0.899% ตามลำดับ ซึ่งถึงว่าเป็นสมการที่ดีเนื่องจากมีความแตกต่างระหว่าง RMSECV และ RMSEP น้อย (Cen et al., 2007) โดยมีความแตกต่างระหว่าง RMSECV และ RMSEP น้อยกว่า 0.3 นอกจากนี้ค่า RPD มีค่าเท่ากับ 11.92 แสดงว่าสมการที่ได้สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายปริมาณความชื้นเพื่อควบคุมคุณภาพในกระบวนการผลิตได้ (Sirisomboon et al., 2012) และเมื่อพิจารณาผลการสร้างสมการทำนายความชื้นนี้พบว่ามีสมรรถนะในการทำนายได้ดีเมื่อเปรียบเทียบกับงานวิจัยของ Guan et al. (2019) ที่ศึกษาการนำเทคนิค NIRs มาใช้ทำนายปริมาณความชื้นของแอปเปิ้ลแผ่น

ในกระบวนการทำแห้ง โดยในการสร้างสมการมีค่า R, RMSECV, RMSEP และ RPD เท่ากับ 0.957, 0.085%, 0.065% และ 4.29 ตามลำดับ และในงานวิจัยของ Phetpan et al. (2019) ได้ใช้เทคนิค NIRs ทำนายปริมาณความชื้นแป้งมันสำปะหลังในกระบวนการทำแห้งโดยสแกนตัวอย่างในสายการผลิต ซึ่งผลการสร้างสมการพบว่ามีค่า R², RMSEP และ RPD เท่ากับ 0.658, 0.610% และ 1.70 ตามลำดับ

เมื่อใช้วิธี Paired samples t-test เปรียบเทียบค่าความชื้นของตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานผัดระหว่างค่าจริง (Actual Values) และค่าที่ได้จากการทำนาย (Predicted Values) ของตัวอย่างกลุ่ม Validation set โดยใช้สมการที่ปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี SNV พบว่ามีค่า P-value เท่ากับ 0.222 แสดงว่าค่าจริงและค่าทำนายไม่มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ (P>0.05) ดังนั้นจึงสามารถนำสมการมาใช้สำหรับทำนายปริมาณความชื้นในพริกแกงได้ รูปที่ 3 แสดงความสัมพันธ์ที่ตรงระหว่างค่าความชื้นที่ได้จากการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐานกับค่าที่ได้จากการทำนายด้วยสมการ NIR-PLS



รูปที่ 3 กราฟเปรียบเทียบค่าปริมาณความชื้นที่วิเคราะห์ด้วยวิธีการมาตรฐานและค่าจากการทำนายด้วยสมการ NIR-PLS calibration ที่ผ่านการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV)

ตารางที่ 2 ผลการสร้างสมการ NIR-PLS ที่ใช้ทำนายปริมาณความชื้นของตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานผัด

Pretreatment methods	PLS-Factors	Calibration set (n=70)			Validation set (n=20)		
		R _c	RMSEC (%)	RMSECV (%)	R _p	RMSEP (%)	RPD
No-pretreatment	6	0.995	0.963	1.057	0.995	1.127	9.51
Smoothing	9	0.996	0.888	1.085	0.997	0.947	11.32
Normalization	6	0.995	0.946	1.062	0.996	1.092	9.82
MSC	7	0.995	0.923	1.102	0.998	0.906	11.83
SNV	7	0.996	0.914	1.153	0.997	0.899	11.92
First derivative	7	0.995	0.966	1.140	0.995	1.108	9.68
Second derivative	7	0.996	0.916	1.054	0.996	1.060	10.11

MSC, Multiplicative Scatter Correction; SNV, Standard Normal Variate; PLS factors, Partial least squares factor; R_c, Correlation coefficient in calibration; RMSEC, Root mean square error of calibration; RMSECV, Root mean square error of cross-validation; R_p, Correlation coefficient in prediction; RMSEP, Root mean square error of prediction; RPD, Residual predictive deviation

สรุปผลการวิจัย

จากการศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้สำหรับวิเคราะห์ปริมาณความชื้นที่เปลี่ยนแปลงไปในตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานที่ผัดเป็นระยะเวลา 3 ชั่วโมง 30 นาที โดยสร้างสมการทำนายความชื้นด้วยเทคนิค Partial Least Squares (PLS) regression ร่วมกับเทคนิค Full Cross-validation และการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธีต่าง ๆ พบว่า สมการทำนายปริมาณความชื้นที่ดีที่สุด คือ สมการที่ผ่านการปรับแต่งด้วยวิธี Standard Normal Variate (SNV) โดยให้ค่าทำนายไม่แตกต่างจากค่าจริง ($p > 0.05$) จึงสามารถนำมาใช้ทำนายปริมาณความชื้นในตัวอย่างพริกแกงเขียวหวานผัดได้ โดยเทคนิค NIRs นี้จะช่วยลดระยะเวลาในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้น เมื่อเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีมาตรฐาน ซึ่งเหมาะสำหรับการนำมาประยุกต์ใช้ในการวิเคราะห์ปริมาณความชื้นในอุตสาหกรรมพริกแกงที่ต้องการความรวดเร็วในการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังช่วยลดต้นทุนในการผลิต เพราะเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง และในอนาคตอาจมีการนำเทคนิค NIRs ไปใช้ในการตรวจติดตามปริมาณความชื้นในพริกแกงชนิดอื่น ๆ หรือในตัวอย่างที่มีลักษณะใกล้เคียงกับพริกแกงเขียวหวาน

เอกสารอ้างอิง

กระทรวงวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). ประมวลสารสนเทศพร้อมใช้พริกแกง. แหล่งข้อมูล : http://scijournal.kku.ac.th/files/Instruction_TH.pdf. ค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2561.

ชนาภรณ์ ภาษาต่างประเทศ และ วรณชมพู ชัยสารวิวัฒน์. (2558). แนวโน้มอุตสาหกรรมเครื่องแกงสำเร็จรูปไทย. ศูนย์วิจัยเพื่ออุตสาหกรรมอาหาร. แหล่งข้อมูล:http://www.fic.nfi.or.th/foodindustry_ceo_view.php?smid=1124, ค้นเมื่อวันที่ 10 ตุลาคม 2561.

ธรรรัตน์ สุกิน. (2546). วิธีการทดสอบความชื้นของพันธุ์กระเจี๊ยบเขียวด้วยวิธีการอบ. ปริญาตรี, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. กรุงเทพฯ: 13 หน้า.

วลัย หุตะโกวิท, วาสนา ขวยเงิน, เกศรินทร์ มงคลวรธรรม, น้อมจิตต์ สุธีบุตร, เจตนิพัทธ์ บุญยสวัสดิ์ และนพพร สกุลยืนยงสุข. (2550). การพัฒนาผลิตภัณฑ์พริกแกงสำเร็จรูปเพื่ออุตสาหกรรมส่งออก. วารสารวิชาการและวิจัย มทร. พระนคร 1(1): 9-20.

Alamar, P. D., Carames, E. T. S., Poppi, R. J. and Pallone, J. A. L. (2016). Quality evaluation of frozen guava and yellow passion fruit pulps by nir spectroscopy and chemometrics. Food Research International 85: 209-214.

AOAC. (2000). Official Methods of Analysis of AOAC International: Secs. 984.25 (17 th ed.). Virginia: The Association of Official Analytical Chemistry, Inc.

Bag, S. K., Srivastav, P. P. and Mishra, H. N. (2011). FT-NIR spectroscopy: A rapid method for estimation of moisture content in bael pulp. British Food Journal 113: 494-504.

Cen, H., Bao, Y., He, Y. and Sun, D. (2007). Visible and near infrared spectroscopy for rapid detection of citric and tartaric acids in orange juice. Journal of Food Engineering 82: 253-260.

- Fernández-Cabanás, V. M., Polvillo, O., Rodríguez-Acuña, R., Botella, B. and Horcada, A. (2011). Rapid determination of the fatty acid profile in pork dry-cured sausages by nir spectroscopy. *Food Chemistry* 124: 373-378.
- Gaitán-Jurado, A. J., Ortiz-Somovilla, V., España-Espan, F., Perez-Aparicio, J. and De Pedro-Sanz, E. J. (2008). Quantitative analysis of pork dry-cured sausages to quality control by NIR spectroscopy. *Meat Science* 78: 391-399.
- Guan, X., Liu, J., Huang, K., Kuang, J. and Liu, D. (2019). Evaluation of moisture content in processed apple chips using nir and wavelength selection techniques. *Infrared Physics and Technology* 98: 305-310.
- Hermida, M., Gonzalez, J. M., Sanchez, M. and Rodriguez-Otero, J. L. (2001). Moisture, solid-non-fat and fat analysis in butter by near infrared spectroscopy. *International Dairy Journal* 11: 93-98.
- Kovacevic, D. B., Kljusuric, J. G., Putnik, P., Vukusic, T., Herceg, Z. and Dragovic-Uzelac, V. (2016). Stability of polyphenols in chokeberry juice treated with gas phase plasma. *Food Chemistry* 212: 323-331.
- Moghimi, A., Aghkhani, M. H., Sazgarnia, A. and Sarmad, M. (2010). Vis/ nir spectroscopy and chemometrics for the prediction of soluble solids content and acidity (pH) of kiwifruit. *Biosystems Engineering* 106: 295-302.
- Novo, J. M., Iriel, A. and Lagorio, M. G. (2016). Rapid spectroscopic method to assess moisture content in free and packaged oregano (*Origanum vulgare* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 3: 211-214.
- Olarewaju, O. O., Bertling, I. and Magwaza, L. S. (2016). Non-destructive evaluation of avocado fruit maturity using near infrared spectroscopy and pls regression models. *Scientia Horticulturae* 199: 229-236.
- Patel H. (2017). Near Infrared Spectroscopy: Basic principles and use in tablet evaluation. *International Journal of Chemical and Life Sciences* 6.02: 2006-2015.
- Phetpan, K., Udompetaikul, V. and Sirisomboon, P. (2019). In-line near infrared spectroscopy for the prediction of moisture content in the tapioca starch drying process. *Powder Technology* 345: 608-615.
- Qiu, J., Kloosterboer, K., Guo, Y., Boom, R. M. and Schutyser, M. A. I. (2019). Conductive thin film drying kinetics relevant to drum drying. *Journal of Food Engineering* 242: 68-75.
- Roza-Delgado, B., Garrido-Varo, A., Soldado, A., Arrojo, A. G., Valdes, M. C., Maroto, F. and Perez-Marin, D. (2017). Matching portable NIRS instruments for in situ monitoring indicators of milk composition. *Food Control* 76: 74-81
- Shiroma, C. and Rodriguez-Saona, L. (2009). Application of nir and mir spectroscopy in quality control of potato chips. *Journal of Food Composition and Analysis* 22: 596-605.
- Sinelli, N., Spinardi, A., Di Egidio, V., Mignani, I. and Casiraghi, E. (2008). Evaluation of quality and nutraceutical content of blueberries (*Vaccinium corymbosum* L.) by near and mid-infrared spectroscopy. *Postharvest Biology and Technology* 50: 31-36.
- Sirisomboon, P., Tanaka, M., Kojima, T. and Williams, P. (2012). Nondestructive estimation of maturity and textural properties on tomato 'momotaro' by near infrared spectroscopy. *Journal of Food Engineering* 112: 218-226.

