



การวิเคราะห์ฮิสตามีนในปลาซาร์ดีนสดด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีช่วงความยาวคลื่นยาว

Evaluation of Histamine in Sardine Fish by Long Wave Near Infrared Spectroscopy

ปานมนัส ศิริสมบุญ¹, กิ่งดาว ชนะโชติ^{1*}

Panmanas Sirisomboon¹, Kingdow Chanachot^{1*}

¹หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เขตลาดกระบัง กรุงเทพฯ 10520

¹Curriculum of Agricultural Engineering, Department of Mechanical Engineering, King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Bangkok, 10520

*Corresponding author: Tel: 082-777-5688, E-mail: al_kingdow_63@hotmail.com

บทคัดย่อ

วัตถุประสงค์ของงานวิจัยนี้คือ เพื่อสร้างแบบจำลองการวิเคราะห์ฮิสตามีนในปลาซาร์ดีนสดด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี โดยตรวจวัดสเปกตรัมของตัวอย่างปลาซาร์ดีน ด้วยเครื่อง MICRO NIR Spectrometer ช่วงความยาวคลื่น 1150-2150 nm โดยใช้ปลาซาร์ดีนสด *sardinella longiceps* จากประเทศจีน จำนวน 149 ตัว โดยลักษณะปลาที่ใช้ในการสแกนมีดังต่อไปนี้ ปลาเต็มตัว (Intact fish) ปลาผ่าครึ่งเอาก้างออก (Fillet) เนื้อปลาคู (Minced meat) และเนื้อปลาคูจะสแกนผ่านแก้ว (Minced meat with glass) จากนั้นนำข้อมูลสเปกตรัมการดูดกลืนแสงดั้งเดิมและที่ผ่านการจัดการทางคณิตศาสตร์โดยวิธีต่างๆ ไปสร้างแบบจำลองในการทำนายปริมาณฮิสตามีนด้วยวิธี Partial least square regression (PLSR) พบว่าแบบจำลองในการทำนายสามารถให้การคำนวณปริมาณฮิสตามีนในเนื้อปลาคูและในเนื้อปลาคูที่สแกนผ่านแก้วได้ผลดีที่สุด โดยแบบจำลองทั้งสองได้มาจากการพัฒนาสเปกตรัมด้วยวิธี Smoothing 5 point+Derivative S. Golay 2 nd 11 point โดยมีค่า Coefficient of determination (R^2), Standard error of prediction (SEP) และ Bias ของทั้งสองแบบจำลองเท่ากัน คือ 0.470, 27.209 และ 1.094 ppm ตามลำดับ โดยมี PLS factor เท่ากับ 7 จากค่า R^2 ระหว่าง 0.26-0.49 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงแสงกับค่าที่วัดโดยวิธีมาตรฐานมีความสัมพันธ์ที่ไม่ดี อาจเป็นเพราะองค์ประกอบภายในของปลามีน้ำมาก ทำให้เกิดการบดบังฟุ้งของฮิสตามีนซึ่งมีปริมาณน้อยมากในระดับ ppm

คำสำคัญ: ฮิสตามีน, เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี, การดูดกลืนแสง, การสะท้อนแสง

Abstract

Objective of this research was to evaluate the histamine in sardine by measuring spectra of sardine samples using MICRO NIR spectrometer (1150-2150 nm). The 149 fresh sardine fish (*sardinella longiceps*) from China were subjected to the experiment in four different forms including intact fish, fillet, minced meat, and minced meat through glass. The absorbance spectra with or without different mathematic pretreatment were used to develop the prediction model for histamine using Partial Least Square Regression (PLSR). The best form of fish that gave better model performance was minced meat and minced meat with glass. The best model was developed after spectra pretreatment of Smoothing (5 points)+Derivative S. Golay 2 nd 11 point and they provided the same coefficient of determination (R^2), Standard Error of Prediction (SEP) and bias of 0.470, 27.209 ppm and 1.094 ppm, respectively with 7 PLS factors. The R^2 between 0.26-0.49 indicated that the correlation between optical data and the reference values of histamine was not good. This might be

because fish contained a lot of water and the water absorbance band covered the peak of the histamine content which was very low in ppm level.

Keywords: Histamine, Near Infrared Spectroscopy, Absorbance, Reflectance

1 บทนำ

อุตสาหกรรมการทำปลาสารดินกระป๋องนับเป็นกิจการที่มีมูลค่าทางเศรษฐกิจอย่างหนึ่งของประเทศไทย จากสถิติของกรมศุลกากร รายงานว่า ประเทศไทยมีการส่งออกปลาสารดินกระป๋อง ปี 2554 (ม.ค.-มี.ค.) ปริมาณ 16,909.69 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,153.39 ล้านบาท และปี 2555 (ม.ค.-มี.ค.) ปริมาณ 24,444.99 ตัน คิดเป็นมูลค่า 1,919.96 ล้านบาท อัตราการเปลี่ยนแปลงปริมาณ 44.56 ตัน คิดเป็นมูลค่า 66.46 ล้านบาท การตรวจรับปลาสารดินเข้าสู่โรงงาน จำเป็นต้องตรวจความสดของปลาโดยวัดปริมาณฮิสตามีน (histamine) เนื่องจากในเนื้อปลามีสารฮิสติดีน (histidine) ที่เป็กรต่อจะมีโนจำเป็นต่อร่างกายและสารฮิสติดีนเป็นสารตั้งต้นของสารฮิสตามีน (histamine) ที่เกิดจากการเก็บรักษาปลาไว้เป็นเวลานาน ในอุณหภูมิสูงเกินไปทำให้แบคทีเรียที่เป็นตัวสร้างเอนไซม์ histidinedecarboxylase ทำการย่อยสลายกรดอะมิโนฮิสติดีนให้กลายเป็นสารฮิสตามีนซึ่งเป็นพิษต่อร่างกายมนุษย์ ฉะนั้น ระดับฮิสตามีนในเนื้อปลาเป็นดัชนีหนึ่งในการบ่งบอกความสดของปลา และการวิเคราะห์ปริมาณฮิสตามีนในเนื้อปลาจึงเกี่ยวข้องกับสุขภาพของผู้บริโภค และอายุการเก็บรักษาเนื้อปลา การทดสอบฮิสตามีนจึงเป็นกลยุทธ์ในการควบคุมคุณภาพและความปลอดภัยซึ่งสามารถใช้โดยผู้ประกอบการอาหารทะเล จากรายงานของ Köse et al. (2011) กล่าวว่า ระดับการควบคุมปริมาณฮิสตามีนในปลาตระกูล scombrotoxic มีค่าประมาณ 10-200 ppm ระดับที่ผิดปกติของฮิสตามีน คือสูงกว่า 50 ppm ซึ่งกำหนดในสหรัฐอเมริกา ตามที่กล่าวถึงโดย Köse et al. (2011) ซึ่งได้อ้างอิงผลการวิจัยของ Federal Register (1995)

การวัดปริมาณฮิสตามีนโดยวิธีดั้งเดิมต้องใช้เวลาและขั้นตอนที่ซับซ้อนด้วยวิธีการที่มีราคาแพงใช้สารเคมีจำนวนมาก ซึ่งวิธีการที่ยอมรับในการนำเข้าและส่งออกในอุตสาหกรรมปลากระป๋อง คือ วิธีตามมาตรฐานของโรงงานซึ่งประยุกต์มาจากมาตรฐานสากล AOAC official method 977.13 และ AOAC official method 957.07 Histamine in seafood โดยวิธี Fluorometric method ด้วยเครื่อง Fluorometer ซึ่งต้องใช้สารเคมีจำนวนมาก เช่น Histamine dichloride, o-Phthaldialdehyde (OPT), Phosphoric acid และ Ion-exchange resin เป็นต้น

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี เป็นวิธีการวิเคราะห์องค์ประกอบทางเคมีที่รวดเร็ว แม่นยำ ไม่ต้องใช้สารเคมี เป็นมิตร

กับสิ่งแวดล้อม ไม่ต้องเตรียมตัวอย่าง แต่การนำเทคโนโลยีนี้มาใช้ จำเป็นต้องมีการสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการทำนาย (Calibration model) ก่อนการนำไปใช้งานเพื่อเปรียบเทียบความแม่นยำกับวิธีอ้างอิงที่เป็นมาตรฐานในปัจจุบัน หากพิสูจน์ได้ว่ามีความแม่นยำเป็นที่ยอมรับได้จะใช้เวลาเพียง 2-3 s ในการวิเคราะห์ ทำให้ลดต้นทุนในการตรวจรับปลาสารดินเข้าสู่โรงงาน ดังนั้นด้วยเหตุผลและความสำคัญดังที่กล่าวมาจึงทำการวิจัย เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการวิเคราะห์ฮิสตามีนของปลาสารดินที่ตัวปลาโดยตรง เป็นวิธีไม่ทำลายซึ่งช่วยให้ประหยัดเวลาและลดค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์

2 อุปกรณ์และวิธีการ

2.1 การเตรียมตัวอย่างปลา

ปลาที่ใช้ในโครงการวิจัยคือซาร์ดินสด *sardinella longiceps* จากประเทศจีน ซึ่งได้รับความอนุเคราะห์ตัวอย่างปลาจากบริษัท ไทยยูเนี่ยน โฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด มหาชน จังหวัดสมุทรสาคร จำนวน 149 ตัว จะแบ่งออกเป็นสองชุด คือ ชุดแรก 100 ตัว จะถูกสุ่มมาจากบล็อกรักที่แช่เยือกแข็งไว้ในห้องเย็นของโรงงาน อุณหภูมิประมาณ -20°C โดยการสุ่มจะสุ่มตามกรรมวิธีของโรงงาน คือจะสุ่มมาจากบล็อกๆ ละ 25 ตัว จำนวน 4 บล็อก ปลาที่ถูกแช่เยือกแข็งจะถูกนำมาแช่น้ำประมาณ 5-10 min จนกว่าอุณหภูมิตัวปลาจะเป็น 0°C แล้วนำขึ้น และชุดที่สองอีก 49 ตัว จะสุ่มตามกรรมวิธีของโรงงานเช่นกัน คือจะสุ่มมาจากบล็อกๆ ละ 7 ตัว จำนวน 7 บล็อก แล้วนำมาแช่น้ำประมาณ 5-10 min แล้วนำขึ้น โดยในชุดที่สองจะเป็นการปรับระดับฮิสตามีน โดยจะเก็บไว้ในอุณหภูมิห้อง ที่เวลาที่แตกต่างกัน 7 ช่วงเวลา คือ 10, 20, 30, 40, 50, 60 และ 70 h ช่วงเวลาละ 7 ตัว ปลาที่ละลายแล้วจะแช่น้ำแข็งไว้ รักษาอุณหภูมิประมาณ 0°C ก่อนนำออกมาทดลองในห้องที่ควบคุมอุณหภูมิประมาณ 25°C ลักษณะปลาที่ใช้ในการสแกนมีดังต่อไปนี้ ปลาเต็มตัว (Intact fish) ปลาผ่าครึ่งเอาก้างออก (Fillet) และเนื้อปลาบด (Minced meat)

2.2 การสแกนคลื่นแสงที่มองเห็นได้และหรือคลื่นเนียร์อินฟราเรด

ปลาที่นำออกมาใช้ผ่าซึบน้ำออก แล้วสแกนบริเวณกลางลำตัว ปลาด้วยเครื่อง MICRO NIR (JDSU, USA) ช่วงความยาวคลื่น 1,150-2,150 nm จากนั้นนำปลามาผ่าครึ่ง นำด้านที่ไม่มีก้างมา

สแกนเนื้อปลาด้านในโดยวางบนจานแก้วกลม ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 100 mm สูง 20 mm ด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ จากนั้นนำชิ้นเนื้อปลาแช่แข็งน้ำหนักประมาณ 80 g (ตัดบริเวณส่วนที่ผ่านการสแกน) นำมาปั่นด้วยเครื่องปั่น (OKU SAN NO, Thailand) เป็นเวลา 1 min แล้วนำเนื้อปลาที่ปั่นได้ใส่ในจานแก้วกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 50 mm สูง 15 mm จากนั้นจะนำปลาสดมาสแกนด้วยเครื่องสเปกโตรมิเตอร์บริเวณด้านหน้าเนื้อปลาสดและผ่านกันจานแก้ว การสแกนทุกแบบทำ 2 ซ้ำต่อ 1 ตัวอย่าง

2.3 การวิเคราะห์หาปริมาณฮิสตามีน

นำเนื้อปลาสดที่ผ่านการสแกนไปวิเคราะห์หาปริมาณฮิสตามีนด้วยวิธีทางเคมีดั้งเดิมตามมาตรฐานของโรงงานซึ่งประยุกต์มาจากมาตรฐานสากล AOAC official method 977.13 และ AOAC official method 957.07 Histamine in seafood ด้วยเครื่อง Fluorometer (Quantech, USA)

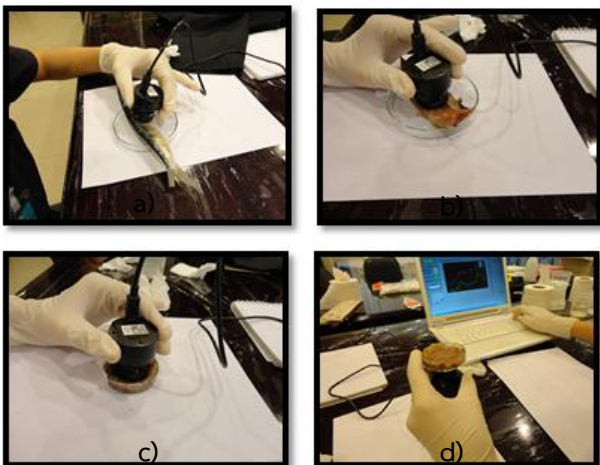


Figure 1 Fish sample presentation for MICRO NIR spectrometer a) Intact fish, b) Fillet, c) Minced meat and d) Minced meat through glass.

2.4 การวิเคราะห์ข้อมูลและสร้างแบบจำลอง

ก่อนทำการวิเคราะห์ต้องทำการตรวจสอบค่าผิดปกติ (Outlier) ของข้อมูลฮิสตามีนโดยใช้สมการดังต่อไปนี้

$$\frac{X - \bar{X}}{SD} > 3$$

โดยที่ X คือ ค่าฮิสตามีนที่วัดจากวิธีทางเคมี $\bar{X}$ คือ ค่าเฉลี่ยของฮิสตามีน และ SD คือ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และนำข้อมูลของสเปกตรัมที่ได้มาตรวจสอบค่าผิดปกติด้วยวิธี Principal component analysis (PCA) จากนั้นนำข้อมูลทั้งหมดมาสร้าง

แบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณฮิสตามีนของปลาสดกับการดูดกลืนคลื่นที่มีความยาวคลื่นต่างๆ ตั้งแต่ 1,255-2,067 nm สำหรับตัวอย่างปลาเต็มตัว, 1,181-2,030 nm สำหรับตัวอย่างชิ้นเนื้อปลา และ 1,159-2,036 nm สำหรับตัวอย่างเนื้อปลาสดและเนื้อปลาสดที่สแกนผ่านแก้ว โดยวิธีทาง Chemometric แบบ Partial least squares regression โดยแบ่งข้อมูลเป็นสองชุด คือ ชุดสร้างแบบจำลองและชุดพิสูจน์แบบจำลองโดยมีอัตราส่วนข้อมูล 8:2 ข้อมูลสเปกตรัมที่ได้จากเครื่องสเปกโตรมิเตอร์วิเคราะห์โดยโปรแกรม Unscrambler 9.8 (Camo, Norway) โดยมีการจัดการสเปกตรัมเบื้องต้นโดยวิธี Smoothing S. Golay, Normalization (Mean, Maximum, Range), Baseline offset, Standard normal variate (SNV), de-trending, SNV+De-trending, Multiplicative scattering correction (MSC), First derivative (5 and 11 points) และ Second derivative (5 and 11 points) และจะคัดเลือกแบบจำลองที่ดีที่สุดโดยพิจารณาจากค่า Coefficient of determination (R^2) ที่สูงที่สุด Standard error of prediction (SEP) และ Bias ต่ำที่สุด

3 ผลและวิจารณ์

จากการตรวจวัดสเปกตรัมของฮิสตามีนบริสุทธิ์พบว่า มีพีคเกิดขึ้นที่เลขคลื่น 3,942, 4,304 และ 5,909 cm^{-1} (2,537, 2,323 และ 1,692 nm) (Figure 2)

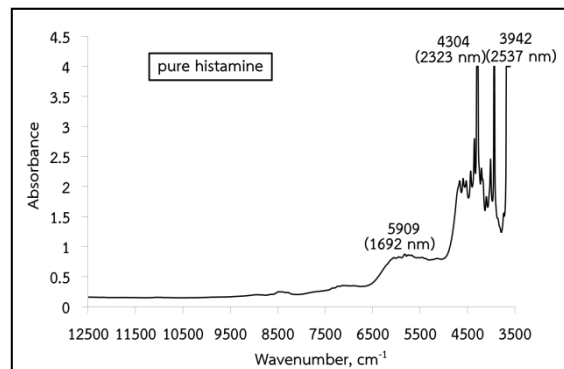


Figure 2 Average spectrum of pure histamine.

จากการตรวจวัดสเปกตรัมแบบ Reflectance ของเครื่องสเปกโตรมิเตอร์ในตัวอย่างปลาทั้งตัวพบว่า พีคการดูดกลืนคลื่นเด่นชัดเกิดที่ความยาวคลื่น 1,432, 1,705 และ 1,882 nm ตามลำดับ (Figure 3) ซึ่งพีคที่กว้างในช่วง 1,350-1,500 nm และ 1,800-2,050 nm เป็นพีคของน้ำ

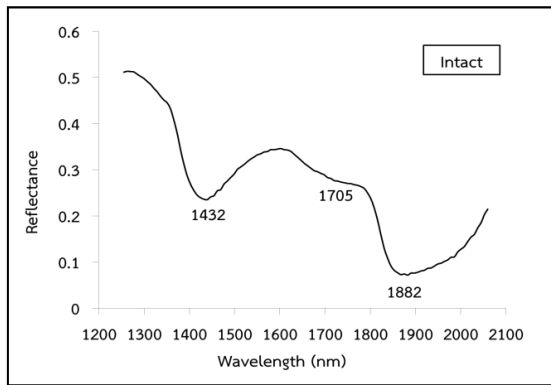


Figure 3 Average spectrum of intact fish.

ในตัวอย่างชิ้นเนื้อปลา พบว่าพีคการดูดกลืนคลื่น ไม่เด่นชัดที่ความยาวคลื่น 1,417, 1,698 และ 1,860 nm ตามลำดับ (Figure 4)

ในตัวอย่างเนื้อปลาลบ พบว่าพีคการดูดกลืนคลื่นเด่นชัดเกิดที่ความยาวคลื่น 1,417, 1,690 และ 1,853 nm ตามลำดับ (Figure 5) ซึ่งพีคที่ 1,690 nm เป็นพีคของฮิสตามีน และในตัวอย่างเนื้อปลาลบที่สแกนผ่านแก้วพบว่า พีคการดูดกลืนคลื่นแสงเด่นชัดเกิดที่ความยาวคลื่น 1,410, 1,653, 1,816 และ 1,941 nm ตามลำดับ (Figure 6) ซึ่งพีคที่กว้างในช่วง 1,350-1,500 nm และ 1,900-2,050 nm เป็นพีคของน้ำ

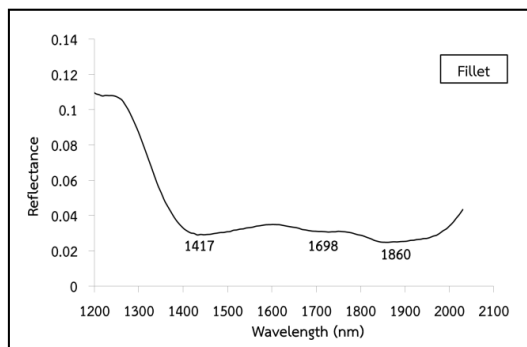


Figure 4 Average spectrum of fillet.

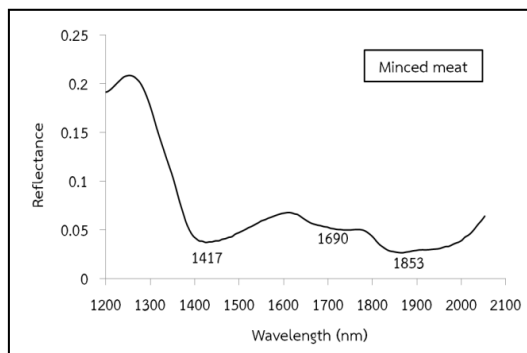


Figure 5 Average spectrum of minced meat.

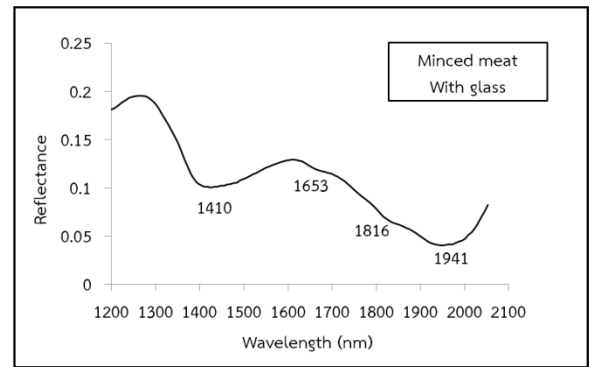


Figure 6 Average spectrum of minced meat with glass.

จาก Table 1 แสดงทางสถิติของค่าฮิสตามีนของปลาซาร์ดิน โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ Calibration set และ Prediction set ค่าที่ติดลบแสดงถึงปริมาณฮิสตามีนที่วัดโดย Fluorometer มีค่าน้อยมากและออกนอกช่วงสมการมาตรฐานของการวัด

Table 2 แสดงสมรรถนะของแบบจำลอง PLS สำหรับการวัดฮิสตามีนของปลาซาร์ดินในตัวอย่างชนิดต่างๆ โดยแสดงแบบจำลองที่ดีที่สุดสำหรับชุด Prediction และชุด Calibration จะเห็นได้ว่าในตัวอย่างเนื้อปลาลบและตัวอย่างเนื้อปลาลบที่สแกนผ่านแก้วแบบจำลองสามารถทำนายความแม่นยำได้เท่ากัน แสดงว่าจานแก้วไม่มีผลต่อสเปกตรัม ซึ่งจะเห็นว่ากราฟสแกนเนื้อปลาลบได้ผลดีที่สุดทั้งนี้อาจเป็นเพราะการบดเนื้อปลาทำให้เนื้อของตัวอย่างสม่ำเสมอขึ้นและน้ำบางส่วนได้ระเหยออกไปจากตัวอย่าง และจากการสแกนเนื้อปลาลบจะเห็นพีคของฮิสตามีนปรากฏดัง Figure 5 จาก Williams ระบุว่าค่า R^2 ระหว่าง 0.26-0.49 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงแสงกับค่าที่วัดโดยวิธีมาตรฐานมีความสัมพันธ์ที่ไม่ดี ความแม่นยำที่ต่ำอาจเป็นเพราะเนื้อปลามีปริมาณน้ำมาก ดังจะเห็นใน Figure 3 ในกรณีตัวอย่างปลาเต็มตัว พบพีคเด่นชัดที่เป็นพีคกว้างของน้ำที่ความยาวคลื่น 1,450 และ 1,940 nm ในกรณีตัวอย่างชิ้นเนื้อปลา (Figure 4) เกิด over absorption (ดูดกลืนคลื่นมาก) คือสัญญาณการสะท้อนกลับของคลื่นต่ำมาก ในช่วงประมาณ 0.3 และในกรณีของเนื้อปลาลบและเนื้อปลาลบที่สแกนผ่านแก้ว (Figure 5 and 6) ลักษณะของสเปกตรัมพบการดูดกลืนแสงของน้ำมาก (พีคของน้ำสูง) แต่มีการดูดกลืนคลื่นของฮิสตามีนน้อยกว่า จากเหตุผลดังกล่าวประกอบกับปริมาณที่ต่ำของฮิสตามีนในเนื้อปลา จึงทำให้ความแม่นยำในการตรวจวัดโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีไม่เพียงพอ

4 สรุป

จากการวิเคราะห์ผลและสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัมการสะท้อนแสงของปลาซาร์ดินจากการตรวจวัดเครื่อง

Table 1 Statistic of histamine content (ppm) in sardine of calibration set and prediction set.

Sample	Calibration set					Prediction set				
	N	Mean	Max	Min	SD	N	Mean	Max	Min	SD
Intact	233	23.364	188.190	-1.450	36.207	57	23.826	188.190	-1.250	37.276
Fillet	235	23.101	188.190	-1.450	36.075	58	24.006	154.970	-1.250	37.049
Minced meat	238	27.454	188.190	-1.450	36.052	58	24.305	154.970	-1.250	37.389
Minced meat with glass	236	23.085	188.190	-1.450	36.112	58	23.663	153.010	-1.250	36.729

Ramark: N= Number of scanned spectra, Mean= Average, Max= Maximum, Min= Minimum, SD= Standard deviation.

Table 2 Result of PLS modelling for histamine in sardine.

Sample (Wavelength Range, nm)	Pre treatment	PC	Calibration set			Prediction set		
			R2	SEC	Bias	R2	SEP	Bias
Intact 1255-2060	De-trending	8	0.570	23.750	-1.691e-05	0.467	27.485	-8.231
	Raw spectrum	13	0.609	22.582	-2.325e-05	0.307	30.069	-7.622
	SNV+De-trending	10	0.609	22.640	2.225e-06	0.253	30.727	-9.587
Fillet 1181-2030	SM 11 point+ Normalize Range	8	0.354	28.994	2.215e-05	0.389	30.764	-1.612
	SM 11 point+ Derivative S.Golay	6	0.358	28.908	-4.232e-06	0.318	30.289	-4.204
	2nd 5 point							
	SM 5 point+ Derivative S.Golay	7	0.409	27.726	7.763e-08	0.470	27.209	1.094
Minced meat 1159-2053	2nd 11 point							
	SM 5 point+ Normalize Max	5	0.340	29.280	4.410e-06	0.376	29.516	-0.682
Minced meat with glass 1158-2053	SM 5 point+ Derivative S.Golay	7	0.489	27.726	7.763e-08	0.470	27.209	1.094
	2nd 11 point							
	SM 5 point	19	0.608	22.59	-0.0002	0.136	33.954	-3.433

Remark: SM= Smoothing, PC= PLS factor, SNV= Standard normal variate, R^2 = Coefficient of determination, SEC= Standard error of Calibration, SEP= Standard error of prediction, Bias= average error.

พบว่าแบบจำลองในการทำนายสามารถให้การทำนายปริมาณฮิสตามีนในเนื้อปลาทูสดและในเนื้อปลาทูสดที่สแกนผ่านแก้วได้ผลดีที่สุด โดยแบบจำลองได้มาจากการพัฒนาสเปกตรัมด้วยวิธี Smoothing 5 points+Derivative S. Golay 2 nd 11 points

โดยมีค่า R^2 , SEP และ Bias คือ 0.470, 27.209 และ 1.094 ตามลำดับ โดยมี PLS factor เท่ากับ 7 แสดงว่าความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลเชิงแสงกับค่าที่วัดโดยวิธีมาตรฐานมีความสัมพันธ์ที่ไม่ดี อาจเป็นเพราะองค์ประกอบภายในของปลามีน้ำมาก ทำให้เกิดการบดบังฟีดของฮิสตามีนซึ่งมีปริมาณน้อยมากในระดับ ppm

5 กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบพระคุณบริษัท ไทยยูเนี่ยนโฟรเซ่น โปรดักส์ จำกัด มหาชน จังหวัดสมุทรสาคร ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ในการเก็บข้อมูลตัวอย่างปลาและเครื่องมือในการวัดปริมาณฮิสตามีน

6 เอกสารอ้างอิง

กลุ่มวิเคราะห์การค้าสินค้าประมงระหว่างประเทศ กองประมงต่างประเทศ กรมประมง ประมวลข้อมูลจากกรมศุลกากร 2012. การส่งออกสินค้าประมงของไทย, แหล่งข้อมูล: <http://www.fisheries.go.th/foreign/images/pdf/v07255.pdf> เข้าถึงเมื่อ 15 กรกฎาคม 2556.

AOAC international. 2005. AOAC Official Method 977.13 and AOAC Official Method 957.07 Histamine in Seafood.

Federal Register. 1995. Decomposition and histamine—raw, frozen tuna and mahi-mahi; canned tuna; and related, Species 60, 39754–30956.

Köse S., Kaklıkkaya N., Koral S., Tufan B., Buruk K. C., Aydın F. 2011. Commercial test kits and the determination of histamine in traditional (ethnic) fish products—evaluation against an EU accepted HPLC method, Journal of Food Chemistry 125, 1490-1497.

Williams, P. 2007. Near-infrared Technology-Getting the Best out of Light, Canada: PDK Grain.