

## รายงานผลงานเรื่องเต็มการทดลองที่สิ้นสุด

---

- แผนงานวิจัย :** การประเมินคุณภาพผลผลิตและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี
- โครงการวิจัย :** การประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี
- กิจกรรม :** กิจกรรมที่ 2 การประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy
- ชื่อการทดลอง(ภาษาไทย) :** การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่นโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy
- ชื่อการทดลอง(ภาษาอังกฤษ) :** Evaluation of Aflatoxin in Chilli Powder by Near Infrared Spectroscopy
- คณะผู้ดำเนินงาน**
- หัวหน้าการทดลอง :** จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ
- หน่วยงานต้นสังกัด :** กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร
- ผู้ร่วมงาน :** จารุวรรณ บางแวก
- หน่วยงานต้นสังกัด :** กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

### บทคัดย่อ

การตรวจสอบปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่น โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIRS) ที่กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 – กันยายน 2560 พบว่า สมการที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm จากตัวอย่างพริกป่นจำนวน 85 ตัวอย่าง มีค่าความสัมพันธ์ (R) 0.87 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 2.40 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) คือ 3.41 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) 1.68 เมื่อนำสมการที่ได้ปรับปรุงแล้วไปทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นจำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วย ELISA พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ใกล้เคียงกันค่าการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่น โดยวิธี NIRS มีค่าความผิดพลาดคิดเป็น 18% โดยสมการที่ได้จากวิธี NIRS สามารถใช้ทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20– 28.00 ppb

**คำหลัก:** พริกป่น สารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

## Abstract

Method of Aflatoxin B<sub>1</sub> (AFB<sub>1</sub>) determination in chilli powder was modified by near infrared spectroscopy (NIRS) technique. It was conducted at Postharvest and Processing Research and Development Office during 2015-2017. The wave length region 400-2500 nm was used. Eighty five samples of chilli powder were used to create the effective model of AFB<sub>1</sub> evaluation. Equation of AFB<sub>1</sub> determination in chilli powder had high correlation coefficient (R); 0.87 and low standard error of prediction (SEP); 2.40 which standard deviation (SD) was lower than the Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) method; 3.41 and also low standard error of calibration (SEC); 1.68. After that, 20 samples of chilli powder were analyzed AFB<sub>1</sub> by NIRS technique compared with the laboratory ELISA method and the results of two methods were quite similar in AFB<sub>1</sub> content. When the results of two methods showed that both methods were related on the same trend of AFB<sub>1</sub> content. The NIRS technique model was error 18%. The model from NIRS method can predict the amount of aflatoxin B<sub>1</sub> in chilli powder in the range of 15.20–28.00 ppb.

**Keywords:** chilli powder, aflatoxin B<sub>1</sub>, near infrared spectroscopy

## คำนำ

สารพิษจากเชื้อรา (mycotoxin) คือสารพิษธรรมชาติที่สร้างจากเชื้อราเมื่อคนหรือสัตว์ได้รับสารพิษจากเชื้อราเข้าไปแม้ในปริมาณน้อยก็ทำให้เกิดอาการพิษ (mycotoxicosis) ซึ่งไม่สามารถรักษาให้หายขาดได้โดยการให้ยา สารพิษจากเชื้อราที่มีการศึกษากันแพร่หลาย คือ แอฟลาทอกซิน ซึ่งเป็นสารก่อมะเร็งที่ตับและอวัยวะอื่น ๆ เช่น ไต ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกัน สร้างจากเชื้อราตระกูล *Aspergillus* เช่น *A. flavus*, *A. parasiticus*, *A. tamari* และ *A. nomius* พบมากในเมล็ดธัญพืชและพืชน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง พริก มะพร้าว เครื่องเทศ และสมุนไพร (อมรา, 2547) ปริมาณการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินในอาหารและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรทำให้แต่ละประเทศกำหนดค่าการปนเปื้อนเพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของ

ผู้บริโภค เช่น ประเทศอิตาลีกำหนดค่าการปนเปื้อนที่ 50 พีพีบี ประเทศออสเตรเลียที่ 15 พีพีบี และประเทศไทย กำหนดให้มีการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม หรือ 20 พีพีบี ตามประกาศ กระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 (ดวงจันทร์, 2545) พริกมีการใช้ประโยชน์ทั้งในรูปผลิตผลสด และผลิตผลแห้งไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ ได้แก่ การทำยา การปรุงแต่งกลิ่นและรสของอาหาร ใช้เป็นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชและสัตว์ เป็นต้น โดยการจัดการหลังการเก็บเกี่ยวเป็นขั้นตอนที่มีความสำคัญมาก เพราะจะส่งผลกระทบต่อคุณภาพเมื่อถึงมือผู้บริโภคหรือเมื่อนำไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูป ในการจำหน่ายในรูปผลิตผลแห้งการเก็บรักษาในระหว่างรอการขนส่งหรือจำหน่ายอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสารพิษได้ (พิทยา, 2551) โดยในข้อกำหนดมาตรฐานพริกปน มผช.492/2547 การปนเปื้อนสารแอฟลาทอกซินในพริกปนต้องไม่เกิน 20 พีพีบี

สำหรับการตรวจสอบสารพิษจากเชื้อรานั้น ชาศรียา (2555) ศึกษาสารพิษแอฟลาทอกซินจากอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดตรังจำนวน 10 ชนิด ตัวอย่างที่เก็บทั้งหมด ได้แก่ เต้าหู้ยี้ เต้าเจี้ยว ซีอิ๊ว ถั่วลิสงแห้ง ถั่วลิสงปน พริกแห้ง พริกปน หอม กระเทียมและเครื่องแกง รวม 100 ตัวอย่าง ผลการวิจัยพบว่า การตรวจหาสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี1 ด้วยวิธี ELISA จากตัวอย่างอาหารทั้งหมด พบว่ามีอาหาร 24 ตัวอย่าง จากถั่วลิสงปน ถั่วลิสงแห้ง พริกปนและพริกแห้ง ที่มีปริมาณแอฟลาทอกซิน ปี1 อยู่ในช่วง 26.08 – 289.52 พีพีบีซึ่งมีระดับสูงกว่าที่ประกาศกระทรวงสาธารณสุขกำหนดไว้ (ไม่เกิน 20 พีพีบี) ในระหว่างปี พ.ศ. 2537-2544 กองอาหารได้ทำการวิเคราะห์ตัวอย่างเครื่องเทศได้แก่พริกขี้หนู พริกขี้ฟ้า (ชนิดที่เป็นเมล็ดพริกแห้งและชนิดปนละเอียด) พริกไทยปน กระเทียม (ชนิดสด เลี้ยวกับน้ำมันและชนิดผง) หอมแดง (ชนิดสดและชนิดผง) น้ำจิ้มสะเต๊ะ ซีอิ๊วและอื่น ๆ ได้แก่ เครื่องแกงสำเร็จรูป น้ำพริกเผา ซอสพริก ซุปสกัด ดังแสดงในตารางที่ 1 จะเห็นได้ว่าเครื่องเทศทั้งหมด 160 ตัวอย่าง ตรวจพบแอฟลาทอกซินปนเปื้อนเพียง 8 ตัวอย่าง คิดเป็นร้อยละ 5 ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 6.59-61.28 พีพีบี โดยจะพบในพริกทั้งเมล็ด 4 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบอยู่ระหว่าง 12.26-61.28 พีพีบี พริกปน 3 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 7.84, 12.94 และ 14.40 พีพีบี และกระเทียมชนิดผง 1 ตัวอย่าง ปริมาณที่พบคือ 6.59 พีพีบี ในจำนวนนี้มีเพียงพริกทั้งเมล็ด 3 ตัวอย่างเท่านั้น ที่พบเกินมาตรฐาน 20 พีพีบี ที่ประกาศโดยกระทรวงสาธารณสุข ปริมาณที่พบคือ 23.73, 30.70 และ 61.28 พีพีบี ส่วนเครื่องเทศชนิดอื่นตรวจไม่พบการปนเปื้อนของสารแอฟลาทอกซิน(ดวงจันทร์, 2545) สุภารัตน์ (2537) ศึกษาการปนเปื้อนของราโดยเฉพาะ *A. flavus* ในเครื่องเทศและสมุนไพร 30 ชนิด พบว่าเครื่องเทศและสมุนไพร 46.7 % พบการปนเปื้อนของรา 5 - 9 ชนิด และ 40 % พบการปนเปื้อนของราต่ำกว่า 5 ชนิด ส่วนอีก 13.3 % ไม่พบการปนเปื้อนของราเลย เครื่องเทศและสมุนไพรดังกล่าวคือ กานพลู เก๋ากี้ ขมิ้นชัน และโปยัก ราที่แยกได้จากเครื่องเทศและสมุนไพรได้บ่อยที่สุด ได้แก่ *Aspergillus*, *Penicilium* และ *Rhizopus* โดยพบ 56.7 , 11.7 และ 10.83 %

ตามลำดับสิทธิพร (2549) ได้ทำการตรวจสอบโอคราทอกซิน เอ ในกาแฟคั่วที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานครจำนวน 17 ตัวอย่าง พบการปนเปื้อนจำนวน 1 ตัวอย่าง มีค่าปริมาณ 3.2 µg/kg

การวิเคราะห์ปริมาณสารพิษนั้นต้องใช้วิธีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย และใช้ระยะเวลาเวลานานกว่าจะทราบผล การวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีนั้น เป็นการช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบ วิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่องNIRS จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการสร้างสมการเพื่อการประเมินระหว่างค่า spectra ที่ได้จากการให้แสง Near Infrared ผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นำสมการที่ได้มาทำนายค่าของวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ต่อไป อีกทั้ง NIRS เป็นเครื่องมือที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่สะดวกรวดเร็ว แม่นยำ และไม่ทำลายตัวอย่าง

Hierro *et al.* (2008) พบว่าสามารถใช้ Near Infrared Spectroscopy ในการวัดปริมาณสาร Aflatoxin B<sub>1</sub>, Ochratoxin A และ Total Aflatoxins ในผงพริกสีแดงเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิงทางเคมีได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่าจากรูร์ตัน (2559) ตรวจสอบปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟดิบ โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยวิธี Near Infrared Spectroscopy (NIR) พบว่า สมการจากเมล็ดกาแฟดิบที่ไม่ต้องผ่านการอบที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm เมื่อนำสมการที่ได้ไปทำนายปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบจำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลโดย T-TEST ระหว่างวิธี NIR และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ Hall *et al.* (1988) ประยุกต์ใช้ NIRS เพื่อทำนายหาปริมาณสาร theaflavin และความชื้นในชาดำ รวมทั้งนำมาประเมินปริมาณสารอัลคาลอยด์ ปริมาณกรดอิสระ (free amino acid) คาเฟอีน (caffeine) และโพลีฟีนอล (polyphenol) ในชาเขียว (Schulz *et al.*, 1999)

โดยการทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีมาใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น เป็นการช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบ สะดวกรวดเร็ว แม่นยำ และไม่ทำลายตัวอย่าง

## อุปกรณ์และวิธีการ

### อุปกรณ์

1. พริกป่น
2. สารพิษมาตรฐานแอฟลาทอกซิน บี 1
3. เครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ของบริษัท FOSS

#### 4. ชุดทดสอบ Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)

##### วิธีการ

1. นำตัวอย่างพริกป่นมาทำให้มีการปนเปื้อนปริมาณสารแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในระดับความเข้มข้นต่างๆ โดยการเติมสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในปริมาณต่างๆ จำนวนไม่ต่ำกว่า 50 ตัวอย่าง
2. แบ่งตัวอย่างดังกล่าวเป็น 2 ส่วน นำตัวอย่างส่วนที่ 1 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500nm
3. นำตัวอย่างส่วนที่ 2 ไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA)
4. นำ spectra ต้นแบบ (original spectra) ที่ได้ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscramblerของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์
5. ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Standard Error of Calibration (SEC) ต่ำ ค่า Standard Error of Prediction (SEP) ต่ำและค่า Correlation Coefficient (R) สูง
6. นำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า Standard Error of Prediction (SEP) และ Bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ
7. นำสมการที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นเปรียบเทียบกับวิธี ELISA

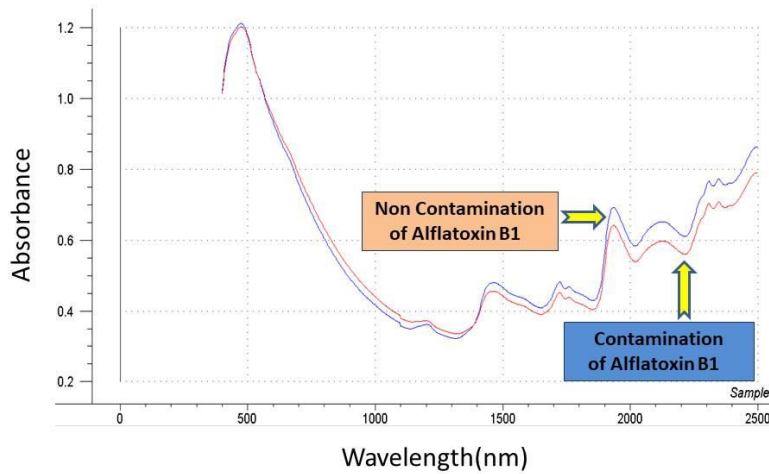
##### เวลาและสถานที่

ระยะเวลาทำการทดลอง : เริ่มต้น ตุลาคม 2558 – กันยายน 2560

สถานที่ทำการทดลอง : กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร

##### ผลการทดลองและวิจารณ์

ทำการทดลองเป็นเวลา 2 ปี ทดสอบวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm พบว่าค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่นต่างๆ มีความแตกต่างกันอย่างชัดเจนระหว่างพริกป่นที่ไม่มีการปนเปื้อนของสารพิษ และมีการปนเปื้อนของสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 (Figure1) จึงมีแนวโน้มเป็นไปได้ว่าสมการที่สร้างขึ้นโดยใช้วิธี NIR จะสามารถใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นได้



**Figure 1** The spectra at the wavelength region of 400 – 2500 nm of chilli powder and spiked sample by aflatoxin B1

จากปี 2559 ทดลองทำสมการเบื้องต้นโดยใช้ตัวอย่างพริกป่น ที่รวบรวมจากร้านค้าในจังหวัดต่างๆ ที่ช่วงคลื่น 400-2500 นาโนเมตร ได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.69 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) 11.34 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ในห้องปฏิบัติการ คือ 14.86 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการใช้สมการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (Standard Error of Calibration, SEC) คือ 10.69 ทดสอบทำนายตัวอย่างพริกป่น 20 ตัวอย่าง จากสมการที่ได้และนำไปเปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการพบว่าเมื่อนำผลการประเมินด้วย Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร ผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) มาสร้างกราฟความสัมพันธ์ของปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ระหว่าง 2 วิธี ได้ค่าความสัมพันธ์ ( $R^2$ ) 0.13 ซึ่งทั้งสองวิธีมีความสัมพันธ์กันน้อยมากไม่สามารถใช้แทนกันได้ ดังนั้นต้องทำการปรับปรุงสมการต่อไป

ปี 2560 ปรับปรุงสมการโดยเก็บตัวอย่างพริกป่นเพิ่มขึ้นเป็น 85 ตัวอย่าง ได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.87 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) คือ 2.40 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมินของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชัน (SEC) คือ 1.68 (Table 2) และค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SD) จาก

ห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELISA คือ 3.41 ซึ่งค่าคลาดเคลื่อนที่ได้จากสมการมีค่าต่ำกว่าค่าจากห้องปฏิบัติการ (Figure 2) โดยสมการที่ได้ดีกว่าสมการที่ได้ในปี 2559 โดยสมการสามารถใช้ทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20–28.00ppb มีค่าเฉลี่ย 20.82 ppb (Tabel1)

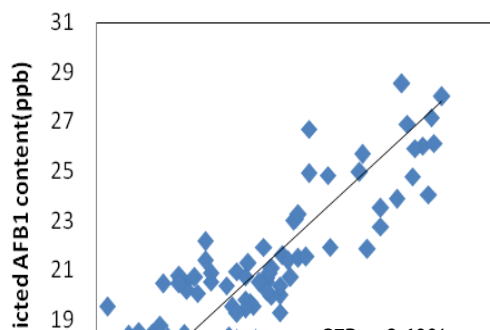
**Table 1** The characteristics of samples used in model for AFB1 content of chilli powder

Items	AFB1 content of chilli powder
Min -Max	15.20 – 28.00
Mean	20.82
SD	3.41
Number	85
Unit	ppb

**Table 2** The statistical analysis of NIRS model to predict AFB1 content of chilli powder by the unscrambler software

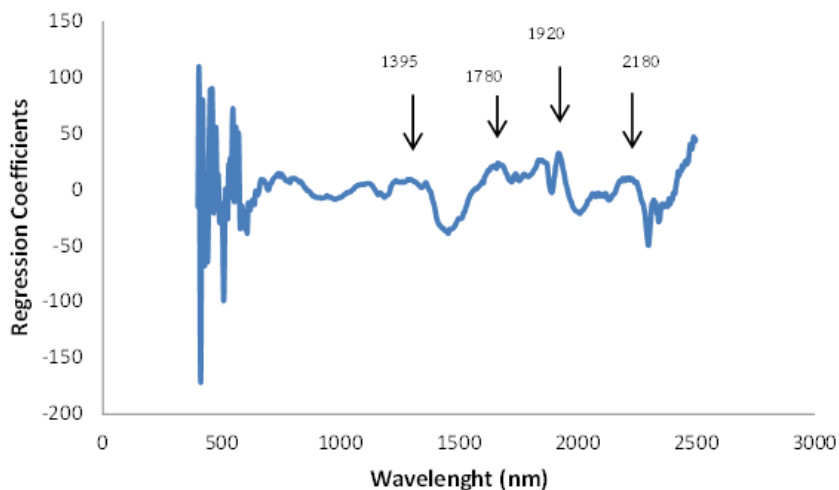
Qualities	Wavelength (nm)	R	SEC	SEP	Bias	F
AFB1 content	400 - 2500	0.87	1.68	2.40	0.02	10

*R*: Coefficient of correlation, *SEC*: Standard error of calibration, *SEP*: Stand error of prediction; *Bias*: The average difference between actual value and NIRS value, *F*: The number of factors used in the calibration equation, *SD*



**Figure 2** The relationship between actual AFB1 content (ppb) and predicted AFB1 content (ppb) from NIRS

จากการวิเคราะห์ทางสถิติด้วยวิธี PLS แบบ full cross validation ค่า Regression coefficient ของปัจจัยที่มีผลต่อความสัมพันธ์ระหว่างสารในตัวอย่างและค่าการดูดซับสารที่ความยาวคลื่นต่างๆ ในสมการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นมี 10 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น CH<sub>2</sub> cellulose CONH และ protein เป็นปัจจัยที่ดูดกลืนแสงมากที่สุดที่ความยาวคลื่น 1395, 1780, 1920 และ 2180 นาโนเมตรเป็นต้น (Figure 3)



**Figure 3** Regression coefficients of 10 factors affecting prediction of AFB1 content



(ppb) in NIRS model.

เมื่อนำสมการที่ได้ไปใช้ทดสอบทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในตัวอย่างพริกป่นจำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับวิธีการหาปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในห้องปฏิบัติการพบว่าทั้ง 2 วิธีมีค่าปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ใกล้เคียงกันและพบว่าค่าการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่นโดยวิธี NIR มีค่าความผิดพลาดคิดเป็น 18% (Tabel 3) เช่นเดียวกับ Hierro *et al.* (2008) พบว่าสามารถใช้ Near Infrared Spectroscopy ในการวัดปริมาณสารแอฟลาทอกซิน บี 1, โอคราทอกซิน เอ และแอฟลาทอกซินรวมทั้งหมดในผงพริกสีแดง เปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิงทางเคมีได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า

**Table 3** Comparison of predicted and actual values when used NIR model to evaluate aflatoxinB1 in chilli powder

Samples	Method to determine Aflatoxin B1		d (x-y)	d <sup>2</sup> (x-y) <sup>2</sup>
	Reference Method	NIRS Prediction		
	X	Y		
1	18.20	23.23	-5.03	25.29
2	22.60	21.48	1.12	1.25
3	22.40	22.98	-0.58	0.34
4	22.50	23.07	-0.57	0.33
5	20.80	19.69	1.11	1.23
6	22.00	21.58	0.42	0.17
7	18.30	18.45	-0.15	0.02
8	18.20	20.60	-2.40	5.77
9	19.30	20.86	-1.56	2.44
10	23.80	21.93	1.87	3.48
11	19.90	20.38	-0.48	0.23
12	18.30	20.44	-2.14	4.56
13	15.40	19.51	-4.11	16.88
14	18.70	20.71	-2.01	4.03
15	21.60	21.09	0.51	0.26
16	21.40	20.66	0.74	0.55

Samples	Method to determine Aflatoxin B1		d (x-y)	d <sup>2</sup> (x-y) <sup>2</sup>
	Reference Method	NIRS Prediction		
	X	Y		
17	20.30	20.94	-0.64	0.41
18	21.90	19.98	1.92	3.70
19	21.30	21.92	-0.62	0.39
20	20.60	19.81	0.79	0.63
<b>Total</b>	<b>407.50</b>	<b>419.31</b>	<b>-11.81</b>	<b>71.98</b>
<b>Average</b>	<b>20.38</b>	<b>20.97</b>	<b>-0.59</b>	<b>3.60</b>

### สรุปผลการทดลอง

จากการทดลองสมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปใช้ในการประเมินสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นได้โดยใช้ในการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20– 28.00ppb ไม่ต่างจากวิธี Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) โดยใช้เครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm ซึ่งวิธี NIR เป็นวิธีที่ใช้ง่าย สะดวก มีความแม่นยำและใช้เวลาน้อย

### การนำผลงานวิจัยไปใช้ประโยชน์

1. สมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปใช้ในการตรวจตัวอย่างวิเคราะห์จำนวนมากๆ ก่อน (screening) ถ้ามีตัวอย่างใดที่น่าสงสัยหรือสนใจเป็นพิเศษจึงค่อยทำการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมีซ้ำ
2. สมการที่ได้โดยวิธี NIR สามารถนำไปพัฒนาต่อยอดสำหรับใช้เป็นวิธีมาตรฐานในการตรวจสอบปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน ปี 1 ในพริกป่นได้

### เอกสารอ้างอิง

- จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2558. การวัดปริมาณสารพิษโอคราทอกซินเอในเมล็ดกาแฟโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 46 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม 2558. หน้า 49-52
- ชาคริยา ฉลาด. 2555. จุลินทรีย์และสารพิษอะฟลาทอกซินในอาหารที่จำหน่ายในจังหวัดตรัง. วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีราชมงคลศรีวิชัย 4(2) : 56-69.
- ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และวนิดา ยุธยาติ. 2545. สารพิษแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศ. วารสารสุขภาพอาหาร ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 ก.พ.-พ.ค. 45. หน้า 33-37.
- พิทยา สรวมศิริ. 2551. อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- สิทธิพร ชมพูนรัตน์. 2549. การตรวจสอบโอคราทอกซินเอในกาแฟคั่วที่จำหน่ายในกรุงเทพมหานคร. ภาควิชา  
วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีการอาหาร คณะอุตสาหกรรมเกษตร มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สุदारัตน์ บุญจันทร์ และอุษณีย์ เพชรสุนีย์. 2537. การศึกษาการปนเปื้อนของรา และความสามารถในการสร้าง  
สารอะฟลาทอกซิน โดย *Aspergillusflavus* สายพันธุ์ที่แยกได้จากเครื่องเทศและสมุนไพร. มหาวิทยาลัย  
บูรพา.
- อมราชินฤติ. 2547. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการการตรวจวิเคราะห์สารอะฟลาทอกซินในผลิตภัณฑ์ทาง  
การเกษตรอย่างรวดเร็วโดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป “DOA-Aflatoxin ELISA Test Kit”.
- Hall, M. N., Robertson, A., and Scotter, C. N. G. 1988. Near-infrared reflectance prediction of quality,  
theaflavin content and moisture content of black tea. Food Chemistry, 27, 61–75.
- J.M.Hernandez-Hierro, R.J.Garcia-Villanova, and I.Gonzalez-Martin. 2008. Potential of near infrared  
spectroscopy for the analysis of mycotoxins applied to naturally contaminated red paprika  
found in the Spanish market. Sciencedirect (Online).[www.sciencedirect.com/](http://www.sciencedirect.com/)
- Schulz, H., Engelhardt, U. H., Wengent, A., Drews, H. H., and S. Lapczynski. 1999. Application of NIRS  
to the simultaneous prediction alkaloids and phenolic substance in green tea leaves.  
Journal of Agricultural and Food Chemistry, 475: 5064–5067.