รายงานโครงการวิจัย

การประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy)

Quality Evaluation in Grains and Agricultural Products by Using Near Infrared Spectroscopy

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าโครงการวิจัย

นฤเทพ เวชภิบาล

Naruthep Wechpibal

ปี พ.ศ. 2563

รายงานโครงการวิจัย

การประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy)

Quality Evaluation in Grains and Agricultural Products by Using Near Infrared Spectroscopy

กรมวิชาการเกษตร

หัวหน้าโครงการวิจัย

นฤเทพ เวชภิบาล

Naruthep Wechpibal

ปี พ.ศ. 2563

คำปรารภ (Preface)

คุณภาพสินค้าเกษตรที่ดีเป็นสิ่งสำคัญที่ผู้บริโภคเริ่มให้ความสนใจเพราะมีความห่วงใยด้านสุขภาพเพิ่มขึ้น รวมทั้งส่งผลต่อมูลค่าของสินค้าเกษตรที่ช่วยเพิ่มรายได้ให้แก่เกษตรกรผู้ผลิตมากขึ้น การตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรพบขั้นตอนที่ยุ่งยาก ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย และต้องทำลายตัวอย่างเพื่อนำมาวิเคราะห์ เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) เป็นวิธีตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์รวดเร็ว ประหยัดเวลา และปลอดภัย จึงนำมาปรับใช้ในการโครงการวิจัยนี้ โดยโครงการวิจัยการประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy) ดำเนินการวิจัยในปี 2559-2563 ประกอบด้วย 2 กิจกรรม ได้แก่ กิจกรรมที่ 1 การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy จำนวน 5 การทดลอง และกิจกรรมที่ 2 การประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy จำนวน 2 การทดลอง การศึกษาวิจัยนี้ทำให้ทราบวิธีการประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในถั่วเหลือง ปริมาณสารแอนโทไซยานินและเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพด ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผง และปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่น โดยเทคนิค NIRS ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และปลอดภัย

นฤเทพ เวชภิบาล

นฤเทพ เวชภิบาล
หัวหน้าโครงการวิจัย

กรมวิชาการเกษตร

สารบัญ

	หน้า
กิตติกรรมประกาศ	2
ผู้วิจัย	3
บทนำ	4
บทคัดย่อ	6-7
กิจกรรมที่ 1 การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy	8
กิจกรรมที่ 2 การประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy	23
บทสรุปและข้อเสนอแนะ	29
บรรณานุกรม	30

กรมวิชาการเกษตร

กิตติกรรมประกาศ

โครงการวิจัยการประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy) ได้รับความร่วมมือ การสนับสนุน และอำนวยความสะดวกในการปฏิบัติงานจากนักวิชาการ พนักงานราชการ และจ้างเหมาบริการของกลุ่มวิจัยและพัฒนาเทคโนโลยีหลังการเก็บเกี่ยวพืชไร่ รวมทั้งเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการวิจัยสารพิษจากเชื้อรา กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร ตลอดจนเกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลือง ข้าวโพด และขมิ้นชัน ที่ทำให้การวิจัยครั้งนี้ประสบความสำเร็จไปด้วยดี

กรมวิชาการเกษตร

ผู้วิจัย

นฤเทพ เวชภิบาล
Naruthep Wechpibal

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ
Jarurat Pumprasert

อรวรรณ จิตต์ธรรม
Orawan Jittham

อนุวัฒน์ รัตนชัย
Anuwat Rattanachai

จารุวรรณ บางแวก
Charuwan Bangwaek

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

คุณภาพของผลิตผลเกษตรสามารถจำแนกได้เป็น 2 ลักษณะใหญ่ คือ ลักษณะภายนอก ได้แก่ ลักษณะที่มองเห็นด้วยตา สัมผัสได้ ประกอบด้วย รูปร่าง ขนาด สี และความเป็นมันเงา และลักษณะภายใน ได้แก่ ลักษณะที่สัมผัสได้จากการบริโภค เช่น รสชาติ เนื้อสัมผัส กลิ่น รวมทั้งคุณค่าทางอาหาร ปริมาณสารสำคัญ และองค์ประกอบทางเคมี ซึ่งในการตรวจสอบวิเคราะห์คุณภาพมีขั้นตอนที่ยุ่งยาก มีการทำลายตัวอย่าง อีกทั้งมีการใช้สารเคมีซึ่งอาจมีความอันตรายต่อผู้ปฏิบัติงาน และผู้วิเคราะห์จะต้องมีความรู้และประสบการณ์ในการวิเคราะห์มาก ทำให้สูญเสียผลผลิตไป ดังนั้นการหาวิธีการวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพของผลิตผลเกษตรที่รวดเร็ว ถูกต้อง แม่นยำ ราคาถูก และไม่ทำลายตัวอย่าง จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ และเป็นแนวทางที่เป็นมิตรต่อสิ่งแวดล้อม โดยพบว่าเทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นวิธีการตรวจประเมินคุณภาพโดยไม่ทำลายตัวอย่าง ทำให้ตัวอย่างที่นำมาตรวจสอบสามารถนำไปจำหน่าย ส่งออก หรือบริโภคได้ เป็นการประหยัดต้นทุนของผลิตภัณฑ์อีกทางหนึ่ง อีกทั้งไม่ก่อให้เกิดมลภาวะที่เป็นพิษต่อสิ่งแวดล้อม และลดต้นทุนในการดูแลรักษาสภาพแวดล้อมเมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์ด้วยวิธีทางเคมี รวมทั้งสะดวกต่อการใช้งาน เนื่องจากในการปฏิบัติการตรวจสอบด้วยเทคนิค NIRS ไม่จำเป็นต้องใช้ผู้ที่มีประสบการณ์ หรือต้องได้รับการฝึกฝนโดยเฉพาะ ผู้วิเคราะห์สามารถปฏิบัติตามคู่มือการใช้งานได้ทันที ซึ่ง NIRS เป็นเทคนิคที่ใช้แสงอินฟราเรดย่านใกล้ (near infrared; NIR) ซึ่งเป็นคลื่นแสงที่มีความยาวคลื่นในช่วง 800-2500 นาโนเมตร สามารถแบ่งช่วงความยาวคลื่นออกเป็น 2 ช่วง คือ ช่วงคลื่นสั้น ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 800-1100 นาโนเมตร และช่วงคลื่นยาว ที่มีความยาวคลื่นระหว่าง 1100-2500 นาโนเมตร พลังงานของคลื่นแสง NIR จะอยู่ในช่วงที่สอดคล้องกับการสั่น (vibration) ของพันธะภายในโมเลกุล หากการสั่นของพันธะใดเกิดที่ความถี่ที่ตรงกับความถี่ของคลื่นแสง NIR ก็จะเกิดการดูดกลืนขึ้น ซึ่งการดูดกลืนแสง NIR ใช้มากในการวิเคราะห์เชิงปริมาณ และคุณภาพของสารประกอบอินทรีย์ที่มีองค์ประกอบของพันธะคาร์บอน (C-H) ไฮโดรเจน (O-H) ออกซิเจน (C-N) และซัลเฟอร์ (S-H) เป็นต้น ซึ่งจะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อได้รับแสงนั้น พันธะไฮโดรเจนจะมีความเสถียรในช่วงพลังงานของคลื่นแสง NIR ซึ่งจะช่วยในการวิเคราะห์คุณภาพทางเคมีได้ และยังสามารถประเมินองค์ประกอบทางเคมีของวัตถุดิบในอาหารได้ เทคนิค NIRS เป็นวิธีการประเมินและตรวจสอบปริมาณคุณภาพ และสารสำคัญในผลิตผลเกษตรและผลิตภัณฑ์ที่ทราบผลได้รวดเร็วเพียง 2-3 นาที โดยไม่ทำลายตัวอย่าง และให้ข้อมูลองค์ประกอบทางเคมีต่าง ๆ ของวัตถุดิบ และผลิตภัณฑ์อาหารพร้อมกันหลาย ๆ ค่าเพียงครั้งเดียว ซึ่งเป็นประโยชน์หลายๆ ด้านสำหรับการวิเคราะห์คุณภาพอาหาร เมื่อเปรียบเทียบกับการวิเคราะห์แบบดั้งเดิม ปัจจุบันการประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรสามารถตรวจโดยวิธีทางเคมีในห้องปฏิบัติการ (conventional method) เช่น การวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในถั่วเหลืองใช้วิธีการตรวจด้วยเครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Visible spectrophotometer) การตรวจปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลืองด้วยเครื่อง GC (Gas Chromatography) การหาปริมาณแอนโทไซยานินใช้เครื่อง UV-VIS spectroscopy Mass spectrometry (MS) และ

กรมวิทยาศาสตร์

Capillary electrophoresis (CE) และการตรวจสอบปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ใช้เครื่อง UV-VIS spectroscopy และ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งวิธีการวิเคราะห์ด้วยเครื่องมือดังกล่าวมีค่าใช้จ่ายในการวิเคราะห์สูง มีขั้นตอนการเตรียมตัวอย่างที่ยุ่งยาก ใช้เวลาวิเคราะห์นาน ตั้งแต่ขั้นตอนการบดตัวอย่าง ไปจนถึงการทำปฏิกิริยาทางเคมี ก่อนการวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังทำให้สิ้นเปลืองแรงงาน และตัวอย่างต้องถูกทำลายไป ดังนั้นเทคนิค NIRS จึงเป็นวิธีการประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่จะเป็นประโยชน์ และลดปัญหาด้านมลภาวะจากการใช้สารเคมี และเพิ่มปลอดภัยต่อผู้บริโภคได้ โดยโครงการประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy) มีวัตถุประสงค์ในการนำเทคนิค NIRS มาประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย ประกอบฟีนอลิก กรดไฟติก และกรดไขมันในถั่วเหลือง ประเมินปริมาณแอนโทไซยานินและความงอกในเมล็ดข้าวโพด ประเมินค่าสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่น และประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นผงได้อย่างถูกต้อง

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

ผลผลิตทางเกษตรที่มีคุณภาพเป็นสิ่งที่ผู้บริโภคต้องการ การวิเคราะห์ตรวจสอบคุณภาพผลิตผลทางการเกษตรยังพบว่ามีขั้นตอนที่ยุ่งยาก ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย และต้องทำลายตัวอย่าง เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy; NIRS) เป็นวิธีตรวจสอบคุณภาพสินค้าเกษตรที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์รวดเร็ว ประหยัดเวลา และปลอดภัย ดำเนินการวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ ในปี 2559-2563 ประกอบด้วย 2 กิจกรรม คือ กิจกรรม การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy จำนวน 5 การทดลอง และกิจกรรมการประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy จำนวน 2 การทดลอง การศึกษาวิจัยนี้ทำให้ทราบวิธีการประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในถั่วเหลือง ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพด ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผง และปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่น โดยเทคนิค NIRS ได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และปลอดภัย โดยในการประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy พบว่าสมการประเมินปริมาณ ทรีโอนีน ทริฟโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และ ลูซีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวของถั่วเหลือง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.92 และ 0.90, 0.90 และ 0.90, 0.90 และ 0.93, 0.95 และ 0.95, 0.91 และ 0.93, 0.94 และ 0.92, 0.93 และ 0.94, 0.93 และ 0.94 ตามลำดับ ค่า R ของสารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลือง เท่ากับ 0.86 และ 0.77 ตามลำดับ ในเมล็ดถั่วเหลืองจะมีค่า R ของปาล์มิติก สเตียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก เท่ากับ 0.92 0.83 0.91 0.85 และ 0.84 ตามลำดับ ในแป้งถั่วเหลืองจะมีค่า R ของกรดปาล์มิติก สเตียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก เท่ากับ 0.93 0.85 0.93 0.93 และ 0.93 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างเมล็ดและแป้งข้าวโพดมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูง (R=0.94-0.97) และสมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่า R เท่ากับ 0.96 ในการประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy พบว่า การตรวจสอบปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค NIRS มีค่า R เท่ากับ 0.87 สมการที่ได้จากวิธี NIRS สามารถใช้ทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20 – 28.00 ppb. นอกจากนี้ยังพบว่า สมการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผงมีค่า R สูงเท่ากับ 0.92 และสามารถประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ได้ในช่วง 8.14 – 40.01%

กรมวิชาการเกษตร

Abstract

Premium quality in agricultural produces has been paid more attention by consumers. Intensive agricultural raw material productions are needed from farmers. Raw material quality determination in term of the conventional method is still be complicated process, dangerous chemical use and sample destruction. Thus, there is a need for developing cost-effective and rapid method to determine compositions in agricultural seeds. Near Infrared Spectroscopy (NIRS) is one of the most useful, rapid, nondestructive, cost-effective and reliable multi-trait techniques in agricultural and food analysis. This project was conducted at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture during the year 2016-2020. It consisted of 2 activities, which were the quality evaluation in grains by using Near Infrared Spectroscopy technique (5 experiments) and the evaluation of agricultural products by Near Infrared Spectroscopy technique (2 experiments). This research provides the application of NIRS technique for constituent assessment i.e., essential amino acids, phenolic compounds, phytic acid and fatty acids in soybean, anthocyanin content in corn, seed germination of maize, Alflatoxin B1 in chili powder and curcuminoids content in turmeric powder accurately and safely. In the 1st activity, the results revealed that calibrations for predicting threonine, tryptophan, methionine, valine, phenylalanine, isoleucine, lysine and leucine values of soybean grains and flours named correlation coefficient (R) were 0.92 and 0.90, 0.90 and 0.90, 0.90 and 0.93, 0.95 and 0.95, 0.91 and 0.93, 0.94 and 0.92, 0.93 and 0.94, 0.93 and 0.94, respectively. In addition, the correlation coefficient (R) of phenolic compounds and phytic acid in soybean grains were 0.86 and 0.77, respectively. Moreover, the correlation coefficient (R) of palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic in soybean grains were 0.92, 0.83, 0.91, 0.85 and 0.84, respectively. Meanwhile, R of palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic in soybean flours were 0.93, 0.85, 0.93, 0.93 and 0.93, respectively. Besides, findings of modeling showed a high correlation coefficient (R= 0.94-0.97) in corn grain and flour. Finally, the result of model construction showed a high correlation coefficient (R=0.96) in maize seed germination. In the 2nd activity, it was found that equation of AFB1 determination in chili powder had high correlation coefficient (R=0.87) and the model from NIRS method can predict the amount of aflatoxin B1 in chili powder in the range of 15.20 – 28.00 ppb. Moreover, equation of curcuminoids determination in turmeric powder had high R (0.92). The model from NIRS method can predict the amount of curcuminoids in turmeric powder in the range of 8.14 – 40.01%.

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 1

การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

Quality Evaluation in Grains by Using Near Infrared Spectroscopy

ชื่อผู้วิจัย

นฤเทพ เวชภิบาล อรวรรณ จิตต์ธรรม อนุวัฒน์ รัตนชัย
จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และจารุวรรณ บางแวก

Naruthep Wechpibal, Orawan Jitthum, Anuwat Rattanachai,
Jarurat Pumprasert and Charuwan Bangwaek

คำสำคัญ

แอนโทไซยานิน ข้าวโพด กรดอะมิโนจำเป็น กรดไขมัน แป้งฟลาว เมล็ด ความงอก
เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี สารประกอบฟีนอลิก กรดไฟติก ถั่วเหลือง

Keywords

Anthocyanin, corn, essential amino acids, fatty acid, flour, grain, germination,
Near Infrared Spectroscopy (NIRS), phenolic compounds, phytic acid, soybean

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy เป็นการนำเทคนิค NIRS มาใช้ประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย สารประกอบฟีนอลิก กรดไฟติก และกรดไขมันในถั่วเหลือง รวมถึงใช้ประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวโพด และการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ โดยดำเนินงานวิจัยระหว่างปี 2559-2563 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จากผลการศึกษาพบว่า สมการประเมินปริมาณ ทรีโอนีน ทริพโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และ ลูซีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวของถั่วเหลือง สมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เท่ากับ 0.92 และ 0.90, 0.90 และ 0.90, 0.90 และ 0.93, 0.95 และ 0.95, 0.91 และ 0.93, 0.94 และ 0.92, 0.93 และ 0.94, 0.93 และ 0.94 ตามลำดับ จะเห็นว่าสมการสำหรับการประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกาย 8 ชนิดที่ได้ สามารถนำมาใช้ประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นต่อร่างกายของเมล็ดและแป้งฟลาวของถั่วเหลืองได้ นอกจากนี้เมื่อนำเทคนิค PLSR มาสร้างสมการทำนาย พบว่าค่า R สารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลือง เท่ากับ 0.86 และ 0.77 ตามลำดับ จากผลการทดสอบพบว่า สามารถนำสมการไปใช้ในการประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในช่วง 0.53-15.14 mg GAE/g DW และกรดไฟติก อยู่ในช่วง 0.41-6.84 g/100g ได้อย่างถูกต้อง และจากผลการทดสอบเมล็ดถั่วเหลืองจะพบปริมาณกรดไขมัน ได้แก่ปาล์มิติก สเตียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก โดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.20 3.40 22.75 54.95 และ 8.59% ตามลำดับ ในแป้งถั่วเหลืองจะมีปริมาณปาล์มิติก สเตียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก โดยเฉลี่ยเท่ากับ 11.23 3.46 22.61 54.37 และ 8.28% ตามลำดับ นำค่าที่ได้มาสร้างสมการทำนาย ด้วยเทคนิค PLSR โดยค่า R ของปาล์มิติก สเตียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิก ในเมล็ดถั่วเหลือง เท่ากับ 0.92 0.83 0.91 0.85 และ 0.84 ตามลำดับ และค่า R ของปาล์มิติก สเตียริก โอเลอิก ลิโนเลอิก และลิโนเลนิกในแป้งถั่วเหลือง เท่ากับ 0.93 0.85 0.93 0.93 และ 0.93 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างเมล็ดและแป้งข้าวโพดมีค่า R สูงในช่วง 0.94-0.97 และมีความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมิน (SEP) ของปริมาณ Cy-3-Glu, Pg-3-Glu, Pn-3-Glu และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) เท่ากับ 27.99 µg/g, 23.12 µg/g, 14.57 µg/g และ 11.23% ในตัวอย่างเมล็ด และ 28.22 µg/g, 22.08 µg/g , 13.38 µg/g และ 10.33% ในตัวอย่างแป้งข้าวโพด ตามลำดับ และผลการทดลองเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์พบว่าสมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์มีค่า R เท่ากับ 0.96 ค่า SEC และ SEP ต่ำ เท่ากับ 2.63 และ 3.80% ตามลำดับ จากการทดลองสรุปได้ว่าเทคนิค NIRS สามารถนำไปใช้ในการประเมินความงอกในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ได้

กองวิจัยการเกษตร

Abstract

The quality evaluation in grains by using Near Infrared Spectroscopy technique is aimed to apply NIRS technique for constituent assessment i.e., essential amino acids, phenolic compounds, phytic acid and fatty acids in soybean, anthocyanin content in corn and seed germination of maize. The studies were conducted at Postharvest and Product Processing Research Development Division, Department of Agriculture during the year 2016-2020. It was revealed that the calibration for predicting threonine, tryptophan, methionine, valine, phenylalanine, isoleucine, lysine and leucine values of soybean grains and flours named correlation coefficient (R) were 0.92 and 0.90, 0.90 and 0.90, 0.90 and 0.93, 0.95 and 0.95, 0.91 and 0.93, 0.94 and 0.92, 0.93 and 0.94, 0.93 and 0.94, respectively Therefore, the NIRs technique can predict 8 essential amino acids values in soybean grains and flours. Besides, partial least squares regression (PLSR) was used to develop the calibration equation for prediction. The correlation coefficient (R) of phenolic compounds and phytic acid in soybean grains were 0.86 and 0.77, respectively. The results suggested that NIRS technique could be practical used for assessment of phenolic compounds (0.53-15.14 mg GAE/g DW) and phytic acid (0.41-6.84 g/100g) in soybean grains. The average contents of palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic in soybean grains were 11.20, 3.40, 22.75, 54.95 and 8.59%, respectively. Meanwhile, average contents of palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic in soybean flours were 11.23, 3.46, 22.61, 54.37 and 8.29%, respectively. PLSR was used to develop the calibration equation for prediction. The correlation coefficient (R) of palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic in soybean grains were 0.92, 0.83, 0.91, 0.85 and 0.84, respectively. Moreover, correlation coefficient (R) of palmitic, stearic, oleic, linoleic and linolenic in soybean flours were 0.93, 0.85, 0.93, 0.93 and 0.93, respectively. Findings of modeling showed a high correlation coefficient (R= 0.94-0.97). Standard errors of prediction of corn kernel sample which include cyanidin-3-O-glucoside (Cy-3-Glu), pelargonidin-3-O-glucoside (Pg-3-Glu), peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-Glu) and total anthocyanin content (TA) were 27.99 µg/g, 23.12 µg/g, 14.57 µg/g and 11.23%, respectively. While standard errors of prediction of corn flour sample Cy-3-Glu, Pg-3-Glu, Pn-3-Glu and TA were 28.22 µg/g, 22.08 µg/g, 13.38 µg/g and 10.33%, respectively. Results of modeling showed a high correlation coefficient (R=0.96), standard error of calibration (SEC) was 2.60% and standard error of prediction (SEP) was 3.80%. Results suggested that NIRS technique is effective to evaluate corn seed germination.

กรมวิทยาศาสตร์

บทนำ

เทคนิค Near Infrared Spectroscopy (NIRS) เป็นเทคนิคการประเมินที่ไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถตรวจวิเคราะห์รวดเร็ว คุ้มค่า น่าเชื่อถือ ปลอดภัย และใช้กันอย่างแพร่หลาย ซึ่งในปัจจุบันมีการนำเทคนิค NIRS มาใช้ในการประเมินปริมาณสารสำคัญหลายชนิดในผลิตผลเกษตร อาทิเช่น เมล็ดถั่วเหลือง เมล็ดข้าวโพด และธัญพืชต่างๆ โดยเฉพาะอย่างยิ่งหน่วยงานด้านการปรับปรุงพันธุ์ที่อาจมีข้อจำกัดด้านวัตถุดิบ สามารถใช้เทคนิค NIRS ตรวจประเมินปริมาณสารสำคัญ หรือองค์ประกอบทางเคมีได้หลายๆ ค่า ในระยะเวลาเดียวกันภายในเมล็ดพืชโดยปราศจากการทำลายตัวอย่าง นอกจากนี้พบว่า ผลิตผลทางการเกษตรทางพืชไร่ที่เก็บเกี่ยวมาจากพื้นที่ปลูก อาจอยู่ในลักษณะของเมล็ดนั้น สามารถเก็บรักษาเพื่อรอนำไปใช้ประโยชน์ทั้งในรูปแบบของการแปรรูปเพื่อบริโภค การขยายพันธุ์ หรือพัฒนาปรับปรุงสายพันธุ์ต่อไป ซึ่งงานวิจัยภายใต้กิจกรรมการประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy จึงมุ่งเน้นให้เห็นว่า เทคนิค NIRS มีศักยภาพในการประเมินองค์ประกอบทางเคมี และสารสำคัญที่เป็นประโยชน์ทั้งผู้บริโภค และการพัฒนาปรับปรุงพันธุ์ได้สะดวก รวดเร็ว และคุ้มค่า กล่าวคือ เมล็ดถั่วเหลืองจะพบสารที่เป็นประโยชน์ และมีผลต่อสุขภาพของผู้บริโภคจำนวนมาก อาทิเช่น กรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย (essential amino acid) ซึ่งร่างกายไม่สามารถสร้างได้ หรือสร้างได้แต่ไม่พอกับความต้องการของร่างกาย ต้องได้รับจากอาหารเท่านั้น ร่างกายจะขาดกรดอะมิโนที่จำเป็นแม้แต่เพียงตัวใดตัวหนึ่งไม่ได้จะทำให้ร่างกายไม่สามารถสังเคราะห์โปรตีนเพื่อการเจริญเติบโตได้ กรดอะมิโนที่จำเป็นทั้ง 8 ตัว ได้แก่ ไอโซลูซีน (isoleucine) ลูซีน (leucine) ไลซีน (lysine) เมไทโอนีน (methionine) ฟีนิลแอลานีน (phenylalanine) ทรีโอนีน (threonine) ทริพโตเฟน (tryptophan) วาลีน (valine) นอกจากนี้ ในเมล็ดถั่วเหลืองยังพบสารประกอบฟีนอลิก สารเหล่านี้ทำหน้าที่ประสานกันเป็นระบบเพื่อไม่ให้ตัวต้านออกซิเดชันกลายเป็นอนุมูลอิสระและเพิ่มจำนวนต่อไป (จริงแท้, 2550) อีกทั้งยังช่วยลดความเสี่ยงในการเกิดโรคหลายชนิด เช่น โรคหลอดเลือดหัวใจ มะเร็ง และเบาหวานได้ (Denisov *et al.*, 2005) ดังนั้นหากมีการคัดเลือกสายพันธุ์ถั่วเหลืองที่มีปริมาณสารประกอบฟีนอลิกสูงด้วยวิธีการตรวจสอบที่รวดเร็ว แม่นยำ ย่อมเป็นประโยชน์ต่อสุขภาพของผู้บริโภค (Król-Grzymała *et al.*, 2020) กรดไฟติกเป็นสารอีกชนิดที่พบในถั่วเหลือง โดยกรดไฟติกจะไปชักนำให้การละลายน้ำและการทำงานของโปรตีนลดลง อีกทั้งส่งผลให้การดูดซึมและการใช้ประโยชน์แร่ธาตุเหล่านี้ลดลง หากกรดไฟติกไปรวมกับแคลเซียมเป็นเกลือจะไม่ละลายน้ำ และย่อยสลายได้ยาก ทำให้การดูดซึมแคลเซียมของร่างกายลดลง ในภาวะที่ร่างกายได้รับแคลเซียมจากอาหารลดลงเพียงเล็กน้อยพาราธัยรอยด์ฮอร์โมนจะส่งสัญญาณให้ไตสกัดกั้นแคลเซียมที่จะขับออกทางปัสสาวะเอาไว้ ในขณะเดียวกันจะปล่อยวิตามินดีที่สะสมในตับออกมาใช้ ถ้าร่างกายยังคงได้รับแคลเซียมจากอาหารน้อยมาก วิตามินดีจะไปยืมเอาแคลเซียมจากกระดูกมาใช้ เพื่อให้การทำงานของกล้ามเนื้อและประสาทเป็นไปอย่างปกติ ซึ่งจะทำให้มีอาการปรากฏตามมา คือ เป็นตะคริวและชา การผิดปกติของการสร้างกระดูก โรคกระดูกพรุน การผิดปกติที่ประสาทจะไวผิดปกติในการตอบรับสื่อกระตุ้นทำให้ไม่สามารถควบคุมการหดตัวของกล้ามเนื้อ เกิดอาการชัก มีอาการกำมือเอาปลายนิ้วทุกนิ้วเข้าหากัน

สงวนการสนับสนุน

(สิริพันธุ์, 2555) แม้ว่ากรดไฟติกอาจส่งผลเสียต่อร่างกายของมนุษย์ แต่มีการรายงานว่ากรดไฟติกส่งผลดีต่อร่ายกายบางประการ ได้แก่ เป็นสารต้านมะเร็งและลดระดับน้ำตาลในเลือดโดยการลดอัตราการย่อยแป้ง (Rusydi and Azrina, 2012 และ พอฤทัย, 2556) ถั่วเหลืองยังเป็นพืชน้ำมันที่ประกอบด้วยกรดไขมันที่สำคัญ 5 ชนิด ได้แก่ กรดปาล์มิติก (palmitic) กรดสเตียริก (stearic) กรดโอเลอิก (oleic) กรดลิโนเลอิก (linoleic) และกรดลิโนเลนิก (linolenic) หากปริมาณกรดลิโนเลนิก (linolenic acid) ลดลงและปริมาณกรดโอเลอิค (oleic) เพิ่มขึ้นจะช่วยเพิ่มปรับปรุงความเสถียรของน้ำมันถั่วเหลืองในระหว่างการเก็บรักษา และการแปรรูป ซึ่งลักษณะดังกล่าวจะช่วยลดกระบวนการเติมไฮโดรเจน (hydrogenation) ที่จะนำไปสู่การเพิ่มไขมันทรานส์ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่เป็นประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยพบว่ากรดไขมันทรานส์ให้ผลร้ายเช่นเดียวกับกรดไขมันอิ่มตัว เนื่องจากกรดไขมันทรานส์ไปส่งเสริมการทำงานของเอนไซม์ cholesterol acyltranferase ซึ่งเป็นเอนไซม์สำคัญในการเมตาบอลิซึมของคอเลสเตอรอล ทำให้ระดับคอเลสเตอรอลรวม (total cholesterol) และคอเลสเตอรอลตัวไม่ดี (LDL-cholesterol) เพิ่มขึ้น ซึ่งจะเพิ่มความเสี่ยงต่อการเป็นโรคหลอดเลือดหัวใจ ในทางตรงข้าม หากถั่วเหลืองสายพันธุ์ใดที่มีปริมาณกรดไขมันอิสระชนิดอิ่มตัวมาก เช่น กรดปาล์มิติก และสเตียริก จะเป็นประโยชน์ต่อการผลิตเป็นเนยเทียม (margarine) และเนยขาว (shortening) องค์ประกอบของกรดไขมันจึงเป็นดัชนีสำคัญในการตรวจสอบคุณภาพของน้ำมัน วิธีการวิเคราะห์กรดไขมันแบบดั้งเดิม (ภายในห้องปฏิบัติการ) เป็นวิธีที่มีค่าใช้จ่ายที่สูง ยุ่งยาก ซับซ้อน สิ้นเปลืองแรงงาน และใช้เวลานาน ตั้งแต่ขั้นตอนการบด สกัดน้ำมัน การทำปฏิกิริยาทางเคมี และการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง GC (Gas Chromatography) วิธีวิเคราะห์ดังกล่าวจำเป็นต้องทำลายตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลือง ปัจจัยดังกล่าวเป็นอุปสรรคในโปรแกรมการปรับปรุงพันธุ์ ดังนั้นการพัฒนาวิธีตรวจสอบที่คุ้มค่า และรวดเร็วจึงเป็นสิ่งจำเป็น ข้าวโพดเป็นธัญพืชที่สำคัญของโลกและเป็นแหล่งอาหารที่อุดมไปด้วยวิตามินและสารต้านอนุมูลอิสระ โดยข้าวโพดแต่ละชนิดมีลักษณะรูปร่างและสีที่แตกต่างกันออกไป เช่น สีขาว สีเหลือง สีน้ำตาล สีแดง และสีม่วง ซึ่งแต่ละชนิดจะมีองค์ประกอบทางเคมีหรือองค์ประกอบของสารสำคัญที่แตกต่างกัน แอนโทไซยานินเป็นสารสำคัญชนิดหนึ่งในข้าวโพดที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ โดยเป็นสารที่อยู่ในกลุ่มฟลาโวนอยด์ (flavonoids) มีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถละลายน้ำได้ (Herrera-sortero *et al.,* 2017) แอนโทไซยานินเป็นรงควัตถุที่ให้สีแดง ม่วงและน้ำเงิน ในธรรมชาติพบได้มากในพืช ผักและผลไม้ที่มีสีน้ำเงิน สีแดง และสีม่วง เช่น กะหล่ำปลีม่วง มันเทศม่วง ข้าวเหนียวดำ ถั่วดำ และข้าวโพดม่วง เป็นต้น ปัจจุบันนักวิจัยให้ความสนใจในแอนโทไซยานินเนื่องจากมีคุณสมบัติในการส่งเสริมสุขภาพ มีบทบาทสำคัญในกระบวนการต้านอนุมูลอิสระ ป้องกันหรือชะลอการเสื่อมของเซลล์ ป้องกันมะเร็ง (Mangalvedhe *et al.,* 2015) ช่วยลดระดับน้ำตาลในเลือด นอกจากนี้ยังมีการใช้แอนโทไซยานินในการรักษาความผิดปกติจากการไหลเวียนโลหิตซึ่งเป็นผลมาจากเส้นเลือดฝอยเปราะบาง (Wang and Prior, 1997) ในข้าวโพด แอนโทไซยานินพบมากในส่วนของแกนฝักและเมล็ดข้าวโพดที่มีสีม่วง ชนิดของแอนโทไซยานินที่พบ ได้แก่ cyanidin-3- glucoside (Cy-3-Glu) pelargonidin-3-glucosid (Pg-3-Glu) peonidin-3-glucoside (Pn-3-Glu) และอนุพันธ์ (Pascual-Teresa *et al.,* 2002) จากการศึกษาของ Pascual-Teresa และ Sanchez-Ballesta (2008) พบว่า

กรมวิชาการเกษตร

ข้าวโพดสีม่วงเป็นแหล่งของแอนโทไซยานินที่สำคัญ โดยพบใน เมล็ด แกนฝัก และเปลือกหุ้มฝัก มีปริมาณ 1,642 3,400 และ 18,900 มิลลิกรัม/100 กรัมน้ำหนักแห้ง ตามลำดับ อรุณทิพย์ และคณะ (2015) ศึกษาประมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวโพดข้าวเหนียว จำนวน 35 พันธุ์ พบว่า ในกลุ่มข้าวโพดข้าวเหนียวที่มีสีม่วงมีปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดในเมล็ด 30.73-106.21 มิลลิกรัมของ cyanidin-3- glucoside ต่อตัวอย่างน้ำหนักสด 100 กรัม การหาปริมาณแอนโทไซยานินในปัจจุบันมีวิธีวิเคราะห์และใช้เครื่องมือหลายชนิด เช่น UV-VIS spectroscopy Mass spectrometry (MS) และ Capillary electrophoresis (CE) อย่างไรก็ตามขั้นตอนการวิเคราะห์เหล่านี้มีราคาแพง ใช้เวลานาน ประมาณ 5-7 วันและตัวอย่างถูกทำลายไป ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เป็นพืชเศรษฐกิจชนิดหนึ่งที่สำคัญในประเทศไทย ในกระบวนการผลิตข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ การตรวจสอบคุณภาพของปัจจัยการผลิตทางการเกษตรก่อนการเพาะปลูกเป็นสิ่งจำเป็น โดยเฉพาะคุณภาพเมล็ดพันธุ์เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพการผลิต ความงอกของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นปัจจัยหลักและเป็นตัวบ่งชี้ที่สำคัญสำหรับการวางแผนการเพาะปลูกและการประมาณการผลตอบแทนหลังการเก็บเกี่ยวในอนาคต หากเมล็ดมีคุณภาพสูงสามารถเพิ่มผลผลิตทางการเกษตรได้ ซึ่งความงอกของเมล็ดสามารถลดลงได้ในระหว่างการเก็บรักษาเนื่องจากสภาพแวดล้อมที่ไม่เหมาะสม เช่น ความชื้นและอุณหภูมิสูง เป็นต้น บ่อยครั้งที่เกษตรกรประสบปัญหาเกี่ยวกับการงอกของเมล็ดหลังจากการเพาะปลูก การทดสอบเปอร์เซ็นต์ความงอกมาตรฐานของเมล็ดพันธุ์จึงเป็นสิ่งจำเป็นสำหรับการเกษตรเพื่อประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ก่อนการเพาะปลูก โดยจะรายงานผลเป็นเปอร์เซ็นต์ความงอกของต้นกล้าปกติ ซึ่งสามารถประเมินความงอกและความสามารถในการตั้งตัวของต้นกล้าภายใต้สภาพแวดล้อมที่เหมาะสมได้ โดยวิธีการทดสอบความงอกต้องเป็นไปตามมาตรฐานและได้รับการยอมรับจากหน่วยงาน เช่น สมาคมนักวิเคราะห์เมล็ดพันธุ์ (Association of Official Seed Analysts, AOSA) หรือสมาคมการทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (The International Seed Testing Association, ISTA) ซึ่งการทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดตามวิธีการดังกล่าวโดยทั่วไปเป็นการทดสอบที่ใช้เวลานานประมาณ 7 วัน และตัวอย่างเมล็ดถูกทำลายไป ซึ่งหากมีความจำเป็นต้องทดสอบความงอกเมล็ดพันธุ์เป็นจำนวนมากอาจต้องใช้แรงงานและใช้เวลานาน เช่น ในระดับอุตสาหกรรมเมล็ดพันธุ์ที่มีความต้องการวิธีการประเมินความงอกที่ง่าย รวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และสามารถประเมินได้ครั้งละหลายๆ ตัวอย่าง

เทคนิค Near Infrared Spectroscopy เป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง โดยใช้หลักการการสร้างสมการจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correction) หรือ R ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงเนียร์อินฟราเรดที่ส่องผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่วิเคราะห์จากห้องปฏิบัติการ เมื่อได้สมการที่มีค่าความสัมพันธ์สูง ค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (Standard Error of Prediction, SEP) ต่ำ สามารถนำสมการที่ได้ใช้ทำนายค่าของตัวอย่างแทนการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ ซึ่งการใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี เป็นวิธีทดสอบที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ตรวจวิเคราะห์ที่รวดเร็ว และปลอดภัย ไม่ใช้สารเคมี โดย อนุวัฒน์ และจารุวรรณ (2556) ได้ประเมินปริมาณโปรตีนในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองและถั่วเขียวโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy ที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร อนุวัฒน์ และจารุวรรณ (2559) ได้ทดลองประเมินปริมาณสาร gamma-aminobutyric acid (GABA) ใน

กรมวิชาการเกษตร

เมล็ดถั่วเหลือง และถั่วเขียวโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy Han *et al.* (2017) ใช้เทคนิค NIRS ประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดข้าวบาร์เลย์ พบว่าค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (r^2) เท่ากับ 0.949 ทำให้วิธีการประเมินด้วยเทคนิค NIRS ช่วยในขั้นตอนการคัดเลือกเบื้องต้นในโปรแกรมปรับปรุงพันธุ์ที่อาจมีข้อจำกัดเรื่องจำนวนตัวอย่างที่จะนำมาใช้ประเมิน Zhang *et al.* (2008) ประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และฟลาโวนอยด์ในเมล็ดข้าวด้วยวิธี NIRS พบว่าวิธีดังกล่าวสามารถประเมินสารประกอบฟีนอลิกได้ โดยมีค่า r^2 เท่ากับ 0.849 แต่ยังไม่ประสบความสำเร็จในการประเมินปริมาณฟลาโวนอยด์ ($r^2 < 0.4$) Sato *et al.*(2002) วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันแป้งถั่วเหลืองด้วย NIRS ที่ค่าการดูดกลืนแสง 1708 nm พบว่า ค่า R ของกรดลิโนเลอิคและโอเลอิค เป็น -0.85 และ 0.88 ตามลำดับ ในขณะที่ส่วน cotyledons ของถั่วเหลืองพบว่าค่าสหสัมพันธ์ (correlation) กรดไขมันชนิดปาล์มิติก (palmitic) กรดสเตียริก (stearic) กรดโอเลอิก (oleic) และกรดลิโนเลอิก เป็น 0.93, 0.89, 0.95 และ 0.93 ตามลำดับ NIRS สามารถวิเคราะห์กลุ่มประชากรที่ใหญ่ในปริมาณตัวอย่างที่น้อยในรูปแบบของเมล็ด ซึ่งช่วยลดความคลาดเคลื่อนการวิเคราะห์ได้ดี ซึ่งวัตถุประสงค์ของการศึกษาครั้งนี้คือการนำเทคนิค Near Infrared Spectroscopy ใช้ประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย สารประกอบฟีนอลิก กรดไฟติก และกรดไขมันในถั่วเหลืองเปรียบเทียบกับวิธีในห้องปฏิบัติการ รวมถึงการประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินในข้าวโพด และการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการประเมินได้อย่างรวดเร็ว ไม่ทำลายตัวอย่าง และแม่นยำ

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายในถั่วเหลือง โดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

รวบรวมตัวอย่างถั่วเหลืองจากศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และจากแหล่งจำหน่ายต่างๆ จำนวน 200 ตัวอย่าง แล้วนำเมล็ด และแป้งฟลาวถั่วเหลืองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400–2500 นาโนเมตร จากนั้นนำตัวอย่างถั่วเหลืองที่ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงไปวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ชนิด (ทรีโอนีน ทริพโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และลูซีน) ด้วยเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) ดัดแปลงตามวิธีวิเคราะห์ปริมาณสารกาบา ตามมาตรฐานสินค้าเกษตรเรื่องข้าวกล้องงอก (สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ, 2555) นำสเปกตรัมต้นแบบ (original spectra) ที่ได้สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square (PLS) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler ของบริษัท Camo Oslo ของประเทศนอร์เวย์ ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Correlation Coefficient (R) สูง ค่า Standard Error of Calibration (SEC) ต่ำ และค่า Standard Error of Prediction (SEP) ต่ำ จากนั้นตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้น โดยนำสมการไปประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ชนิด ในตัวอย่างถั่วเหลืองเปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แล้วจึงนำสมการประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายในตัวอย่างถั่วเหลืองอื่นๆ

กรมวิชาการเกษตร

ต่อไป โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2561

2. การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

รวบรวมตัวอย่างถั่วเหลืองจำนวน 125 ตัวอย่าง จากแหล่งต่าง ๆ ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ ศูนย์วิจัยและพัฒนาเมล็ดพันธุ์พืชลพบุรี สำนักวิจัยพัฒนาเทคโนโลยีชีวภาพ เกษตรกรผู้ปลูกถั่วเหลือง (จังหวัดเชียงใหม่ เชียงราย และสุโขทัย) และแหล่งจำหน่ายสินค้า (ตลาดร้านค้าปลีก ซูเปอร์มาร์เก็ต ห้างสรรพสินค้า) แล้วนำตัวอย่างถั่วเหลืองไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก วิธีที่ใช้คือ Folin-Ciocalteu's reagent ดัดแปลงตามวิธีของ Han *et al*. (2017) และวิเคราะห์ปริมาณกรดไฟติก ดัดแปลงตามวิธีของ Haung *et al*. (1983) และ Reichwald *et al*. (2008) นำสเปกตรัมต้นแบบที่ได้จากการแปลงผลข้อมูลเพื่อลดผลกระทบจากปัจจัยต่าง ๆ ไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า Standard Error of Calibration (SEC) ต่ำ ค่า Standard Error of Prediction (SEP) ต่ำ และค่า Correlation Coefficient (R) สูง แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า SEP และ Bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2561 ถึงกันยายน 2563

3. การประเมินปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

รวบรวมตัวอย่างถั่วเหลือง จากแหล่งต่างๆ ได้แก่ ศูนย์วิจัยพืชไร่เชียงใหม่ และแหล่งจำหน่ายถั่วเหลือง จำนวนไม่น้อยกว่า 266 ตัวอย่าง แต่ละตัวอย่างแบ่งเป็น 2 ส่วน ส่วนที่ 1 บรรจุตัวอย่างแป้งในเซลล์บรรจุตัวอย่างชนิด standard cup นำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง NIRSystems 6500 ด้วยชุดอุปกรณ์ transportation module ในช่วงความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร โดยวัดการสะท้อนกลับของแสง (reflectance) จะได้ข้อมูลเชิงแสง (optical data) ในรูปของสเปกตรัมของแต่ละตัวอย่าง เมื่อได้ข้อมูลของทุกตัวอย่างให้ตรวจสอบค่านอกกลุ่ม (outlier) โดยการสังเกตด้วยตา หากมีสเปกตรัมผิดปกติให้คัดออก ซึ่งเส้นสเปกตรัมผิดปกตินี้ อาจเกิดจากการสแกนที่ผิดพลาด ส่วนที่ 2 วิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลือง จำนวน 5 ชนิด ได้แก่ กรดปาล์มิติก (palmitic) กรดสเตียริก (stearic) กรดโอเลอิก (oleic) กรดลิโนเลอิก (linoleic) และกรดลิโนเลนิก (linolenic) ด้วยวิธี GC-FID โดยนำเส้นเปกตรัมต้นแบบไปสร้างสมการทำนายด้วยเทคนิค Partial Least Squares Regression (PLSR) โดยใช้โปรแกรม The Unscrambler® version 9.7 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (coefficient of correlation, R) สูง ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มสร้างสมการ (standard error of

กรมวิชาการเกษตร

calibration, SEC) ต่ำ และค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานในกลุ่มทดสอบสมการ (standard error of prediction, SEP) ต่ำ ตรวจสอบความถูกต้องแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้น โดยนำสมการไปประเมินปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างถั่วเหลืองเปรียบเทียบค่าการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ แล้วนำสมการประเมินปริมาณกรดไขมันในตัวอย่างถั่วเหลืองอื่นๆ โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2559 ถึงกันยายน 2561

4. การประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

รวบรวมเมล็ดข้าวโพดจากแปลงเพาะปลูกเกษตรกร ร้านค้าทั่วไป และศูนย์วิจัยพืชไร่ชัยนาท จำนวน 115 ตัวอย่าง มาวัดการดูดกลืนแสงโดยบรรจุตัวอย่าง (เมล็ด และผงแป้งฟลาว) ลงในอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง แล้วนำไปสแกนด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร เพื่อบันทึกข้อมูลเส้นสเปกตรัมต้นแบบ จากนั้นนำตัวอย่างข้าวโพดดังกล่าวมาประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานิน ซึ่งประกอบด้วย cyanidin-3-O-glucoside (Cy-3-Glu) pelargonidin-3-O-glucoside (Pg-3-Glu) และ peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-Glu) ด้วยเครื่อง HPLC (Yang *et al*., 2009) และปริมาณแอนโทไซยานินทั้งหมด (total anthocyanin) ด้วยเครื่องวัดค่าการดูดกลืนแสง (Spectrophotometer) จากนั้นนำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และผลการวิเคราะห์ปริมาณสารแอนโทไซยานินของข้าวโพดในห้องปฏิบัติการ มาสร้างสมการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 โดยใช้หลักสถิติ Partial Least Square Regression (PLSR) แบบ Full cross validation เลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน โดยดูจากค่า สัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (R) ให้ใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS (Averages of difference between actual and NIR values, Bias) ต่ำ โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2561 ถึงกันยายน 2563

กรมวิชาการเกษตร

5. การประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

รวบรวมเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่มีสายพันธุ์และคุณภาพต่างกันจากศูนย์วิจัยพืชไร่นครสวรรค์จำนวน 119 ตัวอย่าง มาวัดการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 โดยบรรจุตัวอย่างเมล็ดลงในอุปกรณ์บรรจุตัวอย่าง ใช้หลักการสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และนำตัวอย่างดังกล่าวมาประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ตามวิธีการของสมาคมการทดสอบเมล็ดพันธุ์นานาชาติ (The International Seed Testing Association, ISTA) (ISTA, 1996) โดยประเมินความงอกเมื่อต้นกล้าอายุครบ 7 วัน จากนั้นจึงนำข้อมูลค่าการดูดกลืนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และค่าการประเมินความงอกของเมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ในห้องปฏิบัติการ มาสร้างสมการโดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 โดยใช้หลักสถิติ Partial Least Square Regression (PLSR) แบบ Full cross validation และปรับแต่งเส้นสเปกตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ Multiplicative Scattering Correlation (MSC) เพื่อลดการกระเจิงของแสง เลือกสมการที่มีประสิทธิภาพในการประเมิน โดยดูจากค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ให้ใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (SEC) ค่าความผิดพลาดมาตรฐานของสมการประเมินต่ำ (SEP) และค่าเฉลี่ยของผลต่างระหว่างค่าที่ได้จากวิธีอ้างอิงกับค่าที่ได้จาก NIRS (Bias) ต่ำ และนำสมการที่ได้ไปใช้ประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ที่ไม่อยู่ในชุดสำหรับใช้ในการสร้างสมการ จากนั้นเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของวิธีการที่ประเมินด้วยเทคนิค NIRS และวิธีมาตรฐานที่วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ โดยใช้สถิติ t-test โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2561 ถึงกันยายน 2562

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายในถั่วเหลือง โดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จากการรวบรวมตัวอย่างถั่วเหลือง จำนวน 200 ตัวอย่าง แล้วนำไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร เพื่อได้เส้นสเปกตรัมต้นแบบ (original spectrum) ของเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือ และผลการวิเคราะห์ปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ชนิด ได้แก่ ทรีโอนีน ทริพโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และลูซีน โดยเครื่อง HPLC ทำให้ได้สมการปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ชนิด ในเมล็ดและแป้งฟลาว รวม 16 สมการ โดยพบว่า กรดอะมิโนชนิดทรีโอนีน (threonine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่าสหสัมพันธ์ (R) ระหว่างการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการกับค่าการทำนาย เท่ากับ 0.92 และ 0.90 ตามลำดับ สมการดังกล่าวสามารถประเมินปริมาณทรีโอนีนในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง ตั้งแต่ 1.38-7.69 mg/100 g และ 0.42-6.60 mg/100 g ตามลำดับ กรดอะมิโนชนิดทริพโตเฟน (tryptophan) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.90 และ 0.90 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณทริพโตเฟนในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 0.12-2.70 mg/100 g และ 0.69-6.60 mg/100 g ตามลำดับ กรดอะมิโนชนิดเมไทโอนีน (methionine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.90 และ 0.93 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณเมไทโอนีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 3.90-6.21 mg/100 g และ 4.30-5.80 mg/100 g ตามลำดับ กรดอะมิโนชนิดวาลีน (valine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.95 และ 0.95 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณวาลีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 0.93-3.64 mg/100 g และ 1.18-3.64 mg/100 g ตามลำดับกรดอะมิโนชนิดฟีนิลแอลานีน (phenylalanine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.91 และ 0.93 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณฟีนิลแอลานีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 1.19-4.25 mg/100 g และ 1.30-4.32 mg/100 g ตามลำดับ กรดอะมิโนชนิดไอโซลูซีน (isoleucine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.94 และ 0.92 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณไอโซลูซีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 1.48-4.01 mg/100 g และ 1.49-4.09 mg/100 g ตามลำดับ กรดอะมิโนชนิดไลซีน (lysine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.93 และ 0.94 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณไลซีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 2.19-8.64 mg/100 g และ 2.19-8.47 ตามลำดับ กรดอะมิโนชนิดลูซีน (leucine) ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.93 และ 0.94 ตามลำดับ สมการประเมินปริมาณลูซีน ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้อย่างถูกต้องในช่วง 0.20-5.88 mg/100 g และ 0.45-5.22 ตามลำดับ เมื่อนำสถิติ t-test ใช้ทดสอบความแตกต่างหรือเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของ 2 วิธีการ (สมการ และค่าวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ) พบว่า สมการสำหรับการประเมินปริมาณทรีโอนีน ทริพโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และลูซีนของเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองกับค่า

กรมวิชาการเกษตร

วิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 95% ดังนั้นจึงสามารถนำสมการไปใช้ประเมินปริมาณทรีโอนีน ทริพโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และ ลูซีน ของเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองได้

2. การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ผลจากการนำเมล็ดถั่วเหลือง จำนวน 125 ตัวอย่าง มาใช้สร้างสมการโดยเทคนิค NIRS ด้วยวิธี PLSR แบบ Full cross validation โดยใช้หลักสะท้อนแสงที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร มาพิจารณาจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลืองด้วยวิธีทางเคมีในห้องปฏิบัติการ และค่าการดูดกลืนแสง (400-2500 นาโนเมตร) โดยใช้เครื่อง NIR spectrometer ซึ่งค่าทางสถิติที่แสดงถึงความถูกต้องแม่นยำของสมการต่าง ๆ พิจารณาจากค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (R) สูงใกล้เคียง 1 นั้น พบว่า สมการเพื่อประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลือง มีค่า R เท่ากับ 0.86 และ 0.77 ตามลำดับ แสดงให้เห็นว่าสมการประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดถั่วเหลืองสามารถใช้ตรวจสอบตัวอย่างเมล็ดถั่วเหลืองได้ถูกต้อง และสมการประเมินปริมาณกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลืองเหมาะสมสำหรับการคัดเลือก หรือประมาณค่าแบบคร่าว ๆ (screening and approximate work) (Williams and Norris, 2001) โดยสามารถใช้ประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดถั่วเหลืองในช่วง 0.53-15.14 mg GAE/g DW และกรดไฟติกในช่วง 0.41-6.84 g/100g ได้อย่างถูกต้อง

3. การประเมินปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จากการนำเทคนิค NIRS มาใช้เพื่อสร้างสมการจากความสัมพันธ์ระหว่างค่าการวิเคราะห์ปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลืองทั้งในรูปแบบเมล็ด และแป้งฟลาว จำนวน 266 ตัวอย่าง ในห้องปฏิบัติการ และค่าการดูดซับแสงในย่าน NIR (400-2500 nm) พบว่า ค่าจากสมการที่ได้มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูง โดยค่า R ของกรดปาล์มิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิกในเมล็ดถั่วเหลือง เท่ากับ 0.92 0.83 0.91 0.85 และ 0.84 ตามลำดับ ค่า R ของกรดปาล์มิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิกในแป้งถั่วเหลือง เท่ากับ 0.93 0.85 0.93 0.93 และ 0.93 ตามลำดับ โดยการใช้สมการเพื่อประเมินปริมาณกรดไขมันชนิดต่างๆ ด้วยเทคนิค NIRS จะมีความถูกต้องเพิ่มขึ้นเมื่อเมล็ดถั่วเหลืองมีปริมาณกรดปาล์มิติก ในช่วง 9.70-13.39% กรดสเตียริก อยู่ในช่วง 2.42-4.17% กรดโอเลอิก อยู่ในช่วง 16.49-33.20% กรดลิโนเลอิก อยู่ในช่วง 48.39-58.48% และ กรดลิโนเลนิก อยู่ในช่วง 5.18-12.23.05% ในส่วนของแป้งฟลาวถั่วเหลืองควรมีปริมาณกรดปาล์มิติก ในช่วง 9.43-13.70% กรดสเตียริก อยู่ในช่วง 2.42-4.63% กรดโอเลอิก อยู่ในช่วง 16.49-33.20% กรดลิโนเลอิก อยู่ในช่วง 45.95-58.48% และ กรดลิโนเลนิก อยู่ในช่วง 5.48-11.56.05% จากผลการทดสอบดังกล่าวแสดงให้เห็นว่าสมการสำหรับการประเมินปริมาณกรดไขมันในเมล็ดและแป้งถั่วเหลืองนั้น สามารถนำไปใช้ในการประเมิน

กรมวิชาการเกษตร

ปริมาณกรดปาล์มิติก กรดสเตียริก กรดโอเลอิก กรดลิโนเลอิก และกรดลิโนเลนิกในเมล็ดและแป้งถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค NIRS ได้

4. การประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ผลของการนำเมล็ดข้าวโพด จำนวน 115 ตัวอย่าง ที่มีปริมาณแอนโทไซยานินต่างกันมาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง NIR Spectrometer และประเมินปริมาณแอนโทไซยานินด้วยวิธีมาตรฐานในห้องปฏิบัติการ หาความสัมพันธ์ระหว่างค่าการดูดกลืนแสงของเมล็ดข้าวโพดกับปริมาณแอนโทไซยานินและสมการถดถอยเชิงสมการเส้นด้วยวิธี PLSR พบว่าสมการประเมินปริมาณแอนโทไซยานินในตัวอย่างเมล็ดและแป้งข้าวโพดมีค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์สูง (R=0.94-0.97) โดยในเมล็ดข้าวโพด พบว่าสมการประเมิน Cyanidin-3-O-glucoside chloride (Cy-3-Glu) peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-Glu) และแอนโทไซยานินทั้งหมด (TA) ที่ความยาวคลื่น 1000-2500 นาโนเมตร มีค่า R เท่ากับ 0.96 0.95 และ 0.94 ตามลำดับ ส่วนสมการประเมิน pelargonidin-3-O-glucoside (Pg-3-Glu) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร มีค่า R เท่ากับ 0.95 ส่วนในแป้งฟลาวข้าวโพดพบว่า สมการประเมินปริมาณสาร Cy-3-Glu Pg-3-Glu และ TA มีค่า R เท่ากับ 0.96 0.95 และ 0.95 ตามลำดับ ในขณะที่สมการประเมินปริมาณสาร Pn-3-Glu ต้องทำการปรับแต่งเส้นสเปกตรัมก่อนนำไปสร้างสมการด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ด้วยการทำอนุพันธ์ลำดับที่ 1 (First derivatives) ส่งผลให้มีค่า R เท่ากับ 0.97

5. การประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จากการนำเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์เลี้ยงสัตว์ที่มีคุณภาพต่างกัน จำนวน 119 ตัวอย่าง มาสแกนด้วยเครื่อง NIR Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร พบว่า เมล็ดพันธุ์ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์สามารถดูดกลืนแสงได้ดีที่ความยาวคลื่น 1020 1195 1450 และ 1940 นาโนเมตร ซึ่งที่ความยาวช่วงคลื่นดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับปริมาณน้ำ แป้ง และโปรตีนซึ่งเป็นองค์ประกอบหลักในเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ (Osborne *et al*., 1993) เมื่อนำสเปกตรัมของเมล็ดที่ความงอกต่างกัน 4 ระดับ คือ 99 85 75 และ 67 เปอร์เซ็นต์ มาเปรียบเทียบกัน พบว่า เทคนิค NIRS สามารถแยกเมล็ดที่มีความงอกต่างกันได้ โดยเมล็ดที่มีความงอกสูงสามารถดูดกลืนแสงได้ดีกว่าเมล็ดที่มีความงอกต่ำ นอกจากนี้ผลจากการสร้างสมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค NIRS ด้วยวิธี PLSR แบบ Full cross validation โดยใช้ความยาวคลื่น 400-2500 nm ปรับแต่ง (Transform) เส้นสเปคตรัมเพื่อลดการกระเจิงของแสงก่อนที่จะนำไปสร้างสมการด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์แบบ Multiplicative scattering correlation (MSC) พบว่า สมการมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) สูง เท่ากับ 0.96 ซึ่งค่า R ที่อยู่ในช่วง ± 0.96-0.98 หมายถึงสมการสามารถใช้ในการประยุกต์และการประกันคุณภาพได้ (William, 2007)

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกายในถั่วเหลือง โดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ได้สมการสำหรับประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็นแก่ร่างกาย 8 ชนิด ในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองด้วยเทคนิค NIRS โดยสามารถใช้สมการประเมินปริมาณทรีโอนีน ทริพโตเฟน เมไทโอนีน วาลีน ฟีนิลแอลานีน ไอโซลูซีน ไลซีน และ ลูซีน ในเมล็ดถั่วเหลือง ในช่วง 1.38-7.69, 0.12-2.70, 3.90-6.21, 0.93-3.64, 1.19-4.25, 1.48-4.01, 2.19-8.64 และ 0.20-5.88 mg/100 g ตามลำดับ ในแป้งฟลาวถั่วเหลือง ช่วงที่ประเมินได้แม่นยำคือ 0.42-6.60, 0.69-6.60, 4.30-5.80, 1.18-3.64, 1.30-4.32, 1.49-4.09, 2.19-8.47 และ 0.45-5.22 mg/100 g ตามลำดับ โดยใช้เครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

2. การประเมินปริมาณสารพฤกษเคมีในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ได้สมการสำหรับประเมินปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในเมล็ดถั่วเหลืองในช่วง 0.53-15.14 mg GAE/g DW และกรดไฟติกในเมล็ดถั่วเหลือง ในช่วง 0.41-6.84 g/100g ได้อย่างถูกต้อง โดยใช้เครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์ จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

3. การประเมินปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลืองโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ได้สมการสำหรับประเมินปริมาณกรดไขมันในถั่วเหลืองที่อยู่ในรูปเมล็ด (grain) และแป้งฟลาว (flour) ในเมล็ดถั่วเหลืองสามารถประเมินปริมาณกรดปาล์มิติก ในช่วง 9.70-13.39% กรดสเตียริก ในช่วง 2.42-4.17% กรดโอเลอิก ในช่วง 16.49-33.20% กรดลิโนเลอิก ในช่วง 48.39-58.48% และ กรดลิโนเลนิก ในช่วง 5.18-12.23.05% ในส่วนของแป้งฟลาวถั่วเหลือง ประเมินปริมาณกรดปาล์มิติก ในช่วง 9.43-13.70% กรดสเตียริก ในช่วง 2.42-4.63% กรดโอเลอิก ในช่วง 16.49-33.20% กรดลิโนเลอิก ในช่วง 45.95-58.48% และ กรดลิโนเลนิก ในช่วง 5.48-11.56.05% ได้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยใช้เครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์ จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

4. การประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดข้าวโพดด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ได้สมการสำหรับประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินในเมล็ดและแป้งฟลาวข้าวโพดได้ ด้วยเครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์ จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 โดยใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ในตัวอย่างเมล็ด ที่ความยาวคลื่น 1000-2500 นาโนเมตร สามารถประเมินปริมาณสาร Cyanidin-3-O-glucoside chloride (Cy-3-Glu) ได้ในช่วง 14.58-286.58 ไมโครกรัม/กรัม สาร Peonidin-3-O-

กรมวิชาการเกษตร

glucoside (Pn-3-Glu) 7.44-152.84 ไมโครกรัม/กรัม ปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมด 38.44-129.33 เปอร์เซ็นต์ และที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร สามารถประเมินสาร Pelargonidin-3-O-glucoside (Pg-3-Glu) ได้ในช่วง 2.18-213.46 ไมโครกรัม/กรัม ในตัวอย่างแป้งฟลาวข้าวโพด ที่ความยาวคลื่น 1000-2500 นาโนเมตร สามารถประเมินปริมาณสาร Pelargonidin-3-O-glucoside (Pg-3-Glu) ได้ในช่วง 29.58-317.15 ไมโครกรัม/กรัม และ Peonidin-3-O-glucoside (Pn-3-Glu) ได้ในช่วง 7.44-152.84 ไมโครกรัม/กรัม ที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร สามารถประเมินปริมาณสาร Cyanidin-3-O-glucoside chloride (Cy-3-Glu) ได้ในช่วง 4.15-307.99 ไมโครกรัม/กรัม และที่ความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร สามารถประเมินปริมาณสารแอนโทไซยานินทั้งหมดได้ 31.06-159.88 เปอร์เซ็นต์

5. การประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

สามารถใช้สมการประเมินเปอร์เซ็นต์ความงอกได้ในช่วง 62-99% โดยใช้เครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์ จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร และปรับแต่ง (Transform) เส้นสเปกตรัมด้วยวิธีทางคณิตศาสตร์ แบบ Multiplicative scattering correlation (MSC)

กรมวิชาการเกษตร

กิจกรรมที่ 2

การประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

Evaluation of Agricultural Products by Near Infrared Spectroscopy Technique

ชื่อผู้วิจัย

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ และจารุวรรณ บางแวก

Jarurat Pumprasert and Charuwan Bangwaek

คำสำคัญ

ขมิ้นชันผง เคอร์คูมินอยด์ เนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี

พริกป่น สารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1

Keywords

turmeric powder, curcuminoids, near infrared spectroscopy,

chilli powder, alflatoxin B1

กรมวิชาการเกษตร

บทคัดย่อ

กิจกรรมการประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิค NIRS มาใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น และหาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง โดยทำการศึกษาระหว่างปี 2559-2563 ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร กรุงเทพฯ จากผลการศึกษาพบว่า การตรวจสอบปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค NIRS มีค่าความสัมพันธ์ (R) 0.87 มีค่าความคลาดเคลื่อนในการประเมิน (SEP) 2.40 ซึ่งต่ำกว่าค่าความคลาดเคลื่อน (Standard Deviation, SD) ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี ELISA คือ 3.41 และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างสร้างสมการแคลิเบรชั่น (SEC) 1.68 โดยสมการที่ได้จากวิธี NIRS สามารถใช้ทำนายปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20 – 28.00 ppb. นอกจากนี้ยังพบว่า สมการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (correlation coefficient, R) สูงเท่ากับ 0.92 มีค่า SEP เท่ากับ 3.96% ค่า SEC เท่ากับ 2.25% ค่า SD ที่วิเคราะห์ด้วยวิธี In-house's method (HPLC) เท่ากับ 5.66% และสามารถประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ได้ในช่วง 8.14 – 40.01%

Abstract

Evaluation of agricultural products by Near Infrared Spectroscopy technique has been intensively focused on NIRS technique application to evaluate Alflatoxin B1 in chilli powder and curcuminoids content in turmeric powder. Experiments were performed at Postharvest and Processing Research and Development Division during 2016 - 2020. It was found that equation of AFB1 determination in chili 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. The model from NIRS method can predict the amount of aflatoxin B1 in chili powder in the range of 15.20 – 28.00 ppb. Moreover, equation of curcuminoids determination in turmeric powder had high R (0.92). The standard error of prediction (SEP) was 3.96% which lower than SD from the In-house's method (HPLC) 5.66% and also low SEC (2.25%). The model from NIRS method can predict the amount of curcuminoids in turmeric powder in the range of 8.14 – 40.01%.

กรมวิชาการเกษตร

บทนำ

ผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรเป็นรูปแบบของการแปรรูปผลิตผลทางการเกษตรที่เพิ่มมูลค่า (value added) จะช่วยเพิ่มรายได้ของเกษตรกรมากขึ้น สามารถมีรายได้เพิ่มขึ้นจากการสร้างมูลค่าเพิ่มแก่สินค้าเกษตร ซึ่งพบว่าผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรที่ผ่านการแปรรูปยังมีองค์ประกอบทางเคมีที่สำคัญและเป็นประโยชน์ต่อผู้บริโภคคงอยู่ หรืออาจเกิดการเปลี่ยนแปลงของโครงสร้างภายในพืช รวมทั้งเกิดการปนเปื้อนของสารพิษจากเชื้อราเนื่องจากสภาวะการจัดการที่ไม่เหมาะสม ส่งผลให้เกิดอันตรายต่อสุขภาพของผู้บริโภคได้ อาทิเช่น พริกที่สามารถบริโภคทั้งในรูปผลิตผลสด และผลิตผลแห้ง (พริกป่น) รวมทั้งสามารถนำไปใช้ประโยชน์ในอุตสาหกรรมหลายรูปแบบ ได้แก่ การทำยา การปรุงแต่งกลิ่นและรสของอาหาร ใช้เป็นสารป้องกันกำจัดโรคและแมลงศัตรูพืชและสัตว์ เป็นต้น ขั้นตอนการจัดการวัตถุดิบภายหลังเก็บเกี่ยว รวมถึงการแปรรูปเป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากเพราะจะส่งผลต่อคุณภาพเมื่อถึงมือผู้บริโภค หรือเมื่อนำพริกไปใช้เป็นวัตถุดิบเพื่อการแปรรูปและจำหน่ายในลักษณะผลิตภัณฑ์แบบแห้ง หากสภาวะการเก็บรักษาในระหว่างรอการขนส่ง หรือจำหน่ายไม่เหมาะสมอาจมีการปนเปื้อนของเชื้อราที่สร้างสารพิษได้ (พิทยา, 2551) ปริมาณการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินในอาหารและผลิตผลทางการเกษตรทำให้แต่ละประเทศกำหนดค่าการปนเปื้อนเพื่อปกป้องสุขภาพอนามัยของผู้บริโภค เช่น ประเทศอิตาลีกำหนดค่าการปนเปื้อนที่ 50 พีพีบี ประเทศออสเตรเลียที่ 15 พีพีบี และประเทศไทยกำหนดให้มีการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม หรือ 20 พีพีบี ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุข ฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 (ดวงจันทร์, 2545) สารพิษแอฟลาทอกซินจัดเป็นสารก่อมะเร็งที่ตับและอวัยวะอื่น ๆ เช่น ไต ระบบหายใจ ระบบทางเดินอาหาร ระบบประสาท ระบบสืบพันธุ์ และระบบภูมิคุ้มกัน สร้างจากเชื้อรา ตระกูล Aspergillus เช่น *A. flavus, A. parasiticus, A. tamari* และ *A. nomius* พบมากในเมล็ดธัญพืชและพืชน้ำมันชนิดต่างๆ เช่น ข้าวโพด ถั่วลิสง พริก มะพร้าว เครื่องเทศ และสมุนไพร (อมรา, 2547) นอกจากนี้ยังพบว่าขมิ้นชัน (*Curcuma longa* Linn.) ซึ่งเป็นพืชที่จัดอยู่ในบัญชียาหลักแห่งชาติจากสมุนไพรกลุ่มที่ 2 ยาพัฒนาจากสมุนไพร จะมีองค์ประกอบทางเคมีของสารสำคัญที่เรียกว่า คือ เคอร์คูมินอยด์ (curcuminoids) ซึ่งเป็นสารหลักในขมิ้นชันที่ให้สีเหลือง มีสรรพคุณในการรักษาอาการแน่นจุกเสียด ท้องอืด ท้องเฟ้อ และจัดอยู่ในมุนไพรในสาธารณสุขมูลฐานสำหรับรักษาแผล แมลงกัดต่อย และรักษากลากเกลื้อน (วีณาและชุติมา, 2560) ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ที่พบในเหง้าขมิ้นชันแตกต่างกันในแต่ละแหล่งปลูก วัตถุดิบขมิ้นชันที่ดีควรมีเคอร์คูมินอยด์ไม่น้อยกว่าร้อยละ 5 และมีปริมาณน้ำมันหอมระเหยไม่น้อยกว่าร้อยละ 6 (สถาบันวิจัยสมุนไพร, 2544) มีการศึกษาวิจัยฤทธิ์ของเคอร์คูมินอยด์อย่างกว้างขวางในต่างประเทศ พบว่ามีคุณสมบัติเป็นสารต้านอนุมูลอิสระที่ดี นอกจากนี้ในการวิจัยในสัตว์ทดลอง พบว่ามีฤทธิ์ต้านการอักเสบ มีฤทธิ์บำรุงและรักษาตับ ช่วยป้องกันมะเร็ง การรักษาผู้ป่วยโรคหัวใจ เบาหวาน ข้ออักเสบ ธาลัสซีเมีย ลดระดับคอเลสเตอรอล และป้องกันสมองเสื่อม จากข้อมูลคุณสมบัติทางเคมีที่เป็นประโยชน์จากขมิ้นชัน และโอกาสการเกิดการปนเปื้อนของแอฟลาทอกซินในพริกป่นล้วนแต่ส่งผลกระทบต่อสุขภาพและความปลอดภัยของผู้บริโภค ดังนั้นการตรวจวิเคราะห์สารดังกล่าวก่อนการบริโภคจึงเป็นสิ่งสำคัญ และสร้างความเชื่อมั่นแก่ผู้บริโภค โดยพบว่า ปัจจุบันการการตรวจหาสารพิษแอฟลาทอกซิน

กรมวิทยาศาสตร์

สามารถตรวจด้วยวิธี ELISA ส่วนวิธีการตรวจสอบปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ ใช้เครื่องวัดการดูดกลืนแสง (UV-Visible spectrophotometer) และเครื่อง High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) ซึ่งการวิเคราะห์ปริมาณสารพิษในพริกป่น และตรวจสอบปริมาณสารสำคัญในขมิ้นชัน ต้องใช้วิธีในห้องปฏิบัติการ ซึ่งเป็นวิธีที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ใช้สารเคมีที่เป็นอันตราย ใช้ระยะเวลานานกว่าจะทราบผล ต้องใช้ผู้ที่มีความรู้ และความชำนาญสูงในการตรวจสอบ และมีค่าใช้จ่ายสูงประมาณ 6,000 บาท ต่อ 1 ตัวอย่าง ดังนั้นการวิเคราะห์โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปีนั้นจะเป็นการช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบ วิธีวิเคราะห์ด้วยเครื่อง NIR Spectrometer จึงเป็นวิธีหนึ่งที่น่าสนใจเนื่องจากเป็นเครื่องมือที่ใช้หลักการสร้างสมการเพื่อการประเมินระหว่างค่า spectra ที่ได้จากการให้แสง Near Infrared ผ่านวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ และค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ในห้องปฏิบัติการ นำสมการที่ได้มาทำนายค่าของวัตถุที่ต้องการวิเคราะห์ต่อไป อีกทั้ง NIRS เป็นเครื่องมือที่ใช้เวลาในการวิเคราะห์ที่สะดวกรวดเร็ว แม่นยำ และไม่ทำลายตัวอย่าง ปัจจุบันมีการนำเอาเทคนิค NIRS มาใช้ในการตรวจสอบปริมาณสารสำคัญในตัวอย่างสมุนไพรมากขึ้น และพบว่าใช้ได้ผลดี เช่น ศุมาพรและคณะ (2557) การตรวจสอบปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันแบบรู้ผลเร็วด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปีโดยใช้ ฟลูเรียทรานฟอร์มเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโคปีเพื่อตรวจสอบปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันที่ขายในร้านขายยา เลือกช่วงด้วยวิธี moving window partial least square regression (MWPLSR) และปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี multiplicative scattering correction (MSC) ใช้องค์ประกอบหลักเป็น 14 ค่า สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) เป็น 0.97 ค่าเฉลี่ยความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ปริมาณของตัวอย่างชุดทดสอบ (RMSEP) 0.19% โดยน้ำหนักแห้ง และอัตราส่วนของค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานปริมาณเคอร์คูมินในชุดทดสอบต่อค่า RMSEP (RPD) เป็น 6.11 ค่าสถิติเหล่านี้ยืนยันประสิทธิภาพของ FT-NIR สเปกโทรสโกปีระดับการประกันคุณภาพในการวิเคราะห์ปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันได้อย่างรวดเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง Hierro *et al*. (2008) พบว่าสามารถใช้ Near Infrared Spectroscopy ในการวัดปริมาณสาร Aflatoxin B1, Ochratoxin A และ Total Aflatoxins ในผงพริกสีแดงเปรียบเทียบกับวิธีอ้างอิงทางเคมีได้ค่าที่ถูกต้องแม่นยำ ทั้งยังใช้ระยะเวลาและค่าใช้จ่ายที่ต่ำกว่า จารุรัตน์ (2558) ตรวจสอบปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟดิบ โดยใช้สมการที่สร้างขึ้นด้วยเทคนิค NIRS พบว่า สมการจากเมล็ดกาแฟดิบที่ไม่ต้องผ่านการบดที่ช่วงคลื่น 400-2500 nm เมื่อนำสมการที่ได้ไปทำนายปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบจำนวน 20 ตัวอย่าง เทียบกับผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC พบว่า ทั้ง 2 วิธีมีปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ใกล้เคียงกัน และเมื่อเปรียบเทียบข้อมูลโดย t-test ระหว่างวิธี NIRS และผลที่ได้จากห้องปฏิบัติการที่วิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ค่าเฉลี่ยไม่มีความแตกต่างกันทางสถิติ Hall *et al.* (1988) ประยุกต์ใช้เทคนิค NIRS เพื่อทำนายหาปริมาณสาร theaflavin และความชื้นในชาดำ รวมทั้งนำมาประเมินปริมาณสารอัลคาลอยด์ ปริมาณกรดอิสระ (free amino acid) คาเฟอีน (caffeine) และโพลีฟีนอล (polyphenol) ในชาเขียว (Schulz *et al.*,1999) ดังนั้นกิจกรรมการประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy จึงมีวัตถุประสงค์คือการนำเทคนิค NIRS มาใช้ในการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่น

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

และหาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง เพื่อเป็นการช่วยลดต้นทุนในการตรวจสอบ เพิ่มความสะดวกรวดเร็วในการประเมิน และเป็นเทคนิคที่ไม่ทำลายตัวอย่าง

ระเบียบวิธีการวิจัย

1. การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่นโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

นำตัวอย่างพริกป่นมาทำให้มีการปนเปื้อนปริมาณสารแอฟลาทอกซิน บี 1 ในระดับความเข้มข้นต่างๆ กัน โดยการเติมสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในปริมาณต่างๆ จำนวนไม่ต่ำกว่า 50 ตัวอย่าง จากนั้นจึงแบ่งตัวอย่างเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm ส่วนที่ 2 ไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในห้องปฏิบัติการด้วยวิธี Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) จากนั้นนำเส้นสเปกตรัมต้นแบบไปสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี PLSR จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่า SEC ต่ำ ค่า SEP และค่า R สูง แล้วนำข้อมูลที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์เปรียบเทียบเพื่อหาวิธีที่ดีที่สุด ตรวจสอบความแม่นยำของสมการที่สร้างขึ้นโดยเปรียบเทียบค่า SEP และ Bias เพื่อประเมินโดยใช้ข้อมูลในส่วนที่ไม่ได้ใช้ในการทำสมการ นำสมการที่ได้ไปใช้ในการประเมินค่าปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นเปรียบเทียบกับวิธี ELISA โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2558 ถึงกันยายน 2560

2. การประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoids) ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

รวบรวมตัวอย่างและเตรียมตัวอย่างผลิตภัณฑ์ขมิ้นชันผงที่มีจำหน่ายในตลาดจำนวน 60 ตัวอย่าง ไปวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง (reflectance) และนำตัวอย่างดังกล่าวไปวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoids) ด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house's method โดยเครื่อง HPLC ดัดแปลงจากวิธีของ Zhan (2011) นำเส้นสเปกตรัมต้นแบบ (original spectra) ที่ได้ มาสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี PLSR แบบ Full cross validation จากโปรแกรมสำเร็จรูป The Unscrambler® version 9.7 ทำการคัดเลือกสมการโดยพิจารณาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (R) ที่มีค่าสูงใกล้เคียง 1 ค่าความคลาดเคลื่อนในการวิเคราะห์ (SEC) และค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการทดสอบสมการ (SEP) ที่มีค่าต่ำ โดยดำเนินงานวิจัย ณ กองวิจัยและพัฒนาวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวและแปรรูปผลิตผลเกษตร กรมวิชาการเกษตร ระหว่างเดือนตุลาคม 2561 ถึงกันยายน 2563

กรมวิชาการเกษตร

ผลการวิจัยและอภิปรายผล

1. การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่นโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

เมื่อนำตัวอย่างพริกป่น จำนวน 60 ตัวอย่าง ที่รวบรวมจากร้านค้าในจังหวัดต่างๆ วัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared Spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 - 2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง (reflectance) เพื่อได้ข้อมูลเส้นสเปกตรัม จากนั้นจึงนำตัวอย่างไปวิเคราะห์ปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ด้วยวิธี ELISA เพื่อสร้างสมการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่น จากการปรับปรุงและพัฒนาการสร้างสมการ ทำให้ได้สมการที่มีค่า R เท่ากับ 0.87 โดยสมการดังกล่าวสามารถใช้ประเมินประมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่นได้ในช่วง 15.20–28.00 ppb ในสมการประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นมี 10 ปัจจัยที่เกี่ยวข้อง เช่น CH2 cellulose CONH และ protein เป็นปัจจัยที่ดูดกลืนแสงมากที่ความยาวคลื่น 1395, 1780, 1920 และ 2180 นาโนเมตร เป็นต้น

2. การประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoids) ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จากผลการนำตัวอย่างขมิ้นชันผง จำนวน 85 ตัวอย่าง มาวัดค่าการดูดกลืนแสงด้วยเครื่อง Near Infrared spectrometer ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 นาโนเมตร ใช้ระบบสะท้อนแสง ได้เส้นสเปกตรัมของตัวอย่างขมิ้นชันผง และนำตัวอย่างเดียวกันนี้ไปวิเคราะห์หาปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในห้องปฏิบัติการ ด้วยวิธีวิเคราะห์ In-house's method (HPLC) เพื่อสร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ด้วยวิธี PLSR พบว่าสมการมีค่า R 0.92 มีค่า regression coefficient สูงที่ความยาวคลื่น 1143 1460 1685 1908 และ 2140 นาโนเมตร เป็นความยาวคลื่นที่มีความสัมพันธ์กับปริมาณ Aromatic CONH2 CO2H Aromatic POH และ HC=CH (Osborne, 1986) ของสารเคอร์คูมินอยด์ในตัวอย่างขมิ้นชันผง

กรมวิชาการเกษตร

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

1. การประเมินปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่นโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ได้สมการรประเมินสารพิษแอฟลาทอกซิน บี 1 ในพริกป่นได้ โดยใช้ในการทำนายปริมาณสารพิษที่ปนเปื้อนอยู่ในพริกป่นได้ในช่วง 15.20 – 28.00 ppb ไม่ต่างจากวิธี Enzyme-linked Immunosorbent Assay (ELISA) โดยใช้เครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์ จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

2. การประเมินปริมาณเคอร์คูมินอยด์ (Curcuminoids) ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผงโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

ได้สมการประเมินปริมาณสารเคอร์คูมินอยด์ในขมิ้นชันผง ในช่วง 8.14-40.01 เปอร์เซ็นต์ และมีค่า R 0.92 SEP 3.96 เปอร์เซ็นต์ และ SEC 2.25 เปอร์เซ็นต์ และมีปัจจัยที่เกี่ยวข้อง 10 ปัจจัย โดยสมการดังกล่าวสร้างจากเครื่องเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสมีเตอร์ จากบริษัท FOSS รุ่น 6500 ใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) ที่ความยาวคลื่น 400-2500 นาโนเมตร

บทสรุปและข้อเสนอแนะ

โครงการวิจัยการประเมินคุณภาพเมล็ดและผลิตภัณฑ์ทางการเกษตรโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโครปี (Near Infrared Spectroscopy) สามารถสร้างสมการจาก เครื่อง Near Infrared Spectrometer รุ่น 6500 ที่ความยาวคลื่น 400 – 2500 nm. โดยใช้หลักการสะท้อนแสง (reflection) มาใช้ในการประเมินปริมาณกรดอะมิโนที่จำเป็น กรดไขมัน สารประกอบฟีนอลิก และกรดไฟติกในถั่วเหลือง ปริมาณสารแอนโทไซยานิน และเปอร์เซ็นต์ความงอกของเมล็ดข้าวโพด ปริมาณเคอร์คูมินอยด์ในผลิตภัณฑ์ขมิ้นผง และปริมาณสารพิษแอฟลาทอกซินในพริกป่นได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้อง และแม่นยำ แต่อย่างไรก็ตามหากต้องการความแม่นยำในการประเมินปริมาณสารในตัวอย่างมากขึ้น นักวิจัยจึงควรเพิ่มจำนวนตัวอย่างที่มีความหลากหลายขององค์ประกอบทางเคมี หรือสารสำคัญในตัวอย่างที่ต้องการศึกษามากขึ้น เพื่อเพิ่มค่าสัมประสิทธ์สหสัมพันธ์ (R) ของตัวอย่างให้ใกล้เคียง 1 เพื่อเป็นการพัฒนาสมการให้สามารถนำไปใช้ในการประเมินปริมาณสารนั้นๆ ได้ครอบคลุมมากยิ่งขึ้น

กรมวิชาการเกษตร

บรรณานุกรม

กิจกรรมที่ 1 การประเมินคุณภาพเมล็ดโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จริงแท้ ศิริพานิช. 2550. ชีววิทยาหลังการเก็บเกี่ยวและการวายของพืช. นครปฐม: โรงพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมและฝึกอบรมการเกษตรแห่งชาติ. 453 หน้า.

พอฤทัย ช้างมีบุญ. 2556. อิทธิพลของกระบวนการงอกและการอบแห้งด้วยเทคนิคฟลูอิไดเซชันต่อคุณภาพของถั่วเหลืองเริ่มงอก. มหาวิทยาลัยศิลปากร.

สำนักงานมาตรฐานสินค้าเกษตรและอาหารแห่งชาติ. 2555. มาตรฐานสินค้าเกษตร ข้าวกล้องงอก. กระทรวงเกษตรและสหกรณ์: กรุงเทพฯ. 16 หน้า.

สิริพันธุ์ จุลกรังคะ. 2555. โภชนาศาสตร์เบื้องต้น. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. 314 หน้า

อนุวัฒน์ รัตนชัย และจารุวรรณ บางแวก. 2559. การประเมินปริมาณสาร gamma- aminobutyric acid (GABA) ในเมล็ดถั่ว เหลือง และถั่วเขียวโดยใช้ เทคนิค Near Infrared Spectroscopy. *วารสารวิชาการเกษตร* ปีที่ 34 ฉบับที่ 1: 45-53.

อนุวัฒน์ รัตนชัย และจารุวรรณ บางแวก. 2556. การประเมินโปรตีนในเมล็ดและแป้งฟลาวถั่วเหลืองถั่วเขียวโดยใช้เทคนิค Near Infrared Spectroscopy. สืบค้นจาก http://www.doa.go.th/pprdo/index.php?option=com_content&view=article&id=57:0016&catid=4:2012-01-23-08-30-06&Itemid=11 [พ.ย 2561].

อรุณทิพย์ เหมะธุลิน สกุลกานต์ สิมลา สุรศักดิ์ บุญแต่ง และสุดาทิพย์ อินทร์ชื่น. 2015. ปริมาณแอนโทไซยานินในเชื้อพันธุกรรมข้าวโพดข้าวเหนียวสีม่วงที่เก็บเกี่ยวในระยะรับประทานฝักสด. วารสารวิทยาสาสตร์และเทคโนโลยีมหาวิทยาลัยมหาสารคาม. 32(2). 801-806

Delwiche, S.R., W. Mekwatanakarn and C.Y. Wang. 2008. Soluble solids and simple sugars measurement in intact mango using near infrared spectroscopy. Hort Technology 18 (3): 410-416.

Han, Z., S. Cai, X. Zhang, Q. Qian, Y. Huang, F. Dai and G. Zhang. 2017. Development of predictive models for total phenolics and free p-coumaric acid contents in barley grain by near-infrared spectroscopy. Food Chem. 2017 Jul 15;227:342-348. doi: 10.1016/j.foodchem.2017.01.063. Epub 2017 Jan 16. PMID: 28274442.

Herrera-Sotero, M., F. González-Cortés, H. García-Galindo, E. Juarez-Aguilar, M.R. Dorantes, J. Chávez-Servia, R. Oliart-Ros and R. Guzmán-Gerónimo. 2017. Anthocyanin Profile of Red Maize Native from Mixteco Race and Their Antiproliferative Activity on Cell Line DU145. http://dx.doi.org/10.5772/67809. 393-402.

กรมวิชาการเกษตร

Król-Grzymała, A. and R. Amarowicz. 2020. Phenolic Compounds of Soybean Seeds from Two European Countries and Their Antioxidant Properties. Molecules. 2020;25(9):2075. Published 2020 Apr 29. doi:10.3390/molecules25092075

Mangalvedhe, A.A., M.C. Danao, M. Paulsmeyer, A.D. Rausch, V. Singh and J.A. Juvik. 2015. Anthocyanin determination in different corn hybrids using Near Infrared Spectroscopy. 2015 ASABE Annual International Meeting. New Orleans, Louisiana, July 26 – 29. 3-14.

Osborne, B.G., T. Fearn, P.H. Hindle. 1993. Practical NIR Spectroscopy with applications in food and beverage analysis, 2nd Edition. Longman Scientific and Technical, Singapore. 227.

Ranjana, P. and H.N. Mishra. 2015. Fourier Transform Near-Infrared Spectroscopy for rapid and simple determination of phytic acid content in green gram seeds (*Vigna radiata*), Food Chemistry, Volume 172, 2015, Pages 880-884, ISSN 0308-8146, https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.09.049.

Rusydi, M.R. and A., Azrina. 2012. Effect of germination on total phenolic, tannin and phytic acid contents in soy bean and peanut. International Food Research Journal. 19. 673-677.

Sato, T., M. Takahashi and R. Matsunaga. 2002. Use of NIR spectroscopy for estimation of FA composition of soy flour. J. *Am. Oil Chem. Soc*., Vol.79 : 535-537.

Wang, H., G. Cao, and R. L. Prior. 1997. Oxygen radical absorbing capacity of anthocyanins. Journal of Agricultural and Food Chemistry,45, 304–309.

Williams, P. 2007. Application to agricultural and marine products. In Near-Infrared Spectroscopy in Food Science and Technology. (eds. Y. Ozaki, W. F. McClure and A. A. Christy), New Jersey: John Wiley and Sons, Inc. Publication.165-218.

Williams, P. and K. Norris. 2001. Near Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. Inc.: St Paul, Minesota. 312 p.

Zhang C., Y. Shen, J. Chen, P. Xiao and J. Bao. 2008. Nondestructive Prediction of Total Phenolics, Flavonoid Contents, and Antioxidant Capacity of Rice Grain Using Near-Infrared Spectroscopy. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2008 *56* (18), 8268-8272 DOI: 10.1021/jf801830z

ลิขสิทธิ์มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

กิจกรรมที่ 2 การประเมินผลิตภัณฑ์เกษตรโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy

จารุรัตน์ พุ่มประเสริฐ. 2558. การวัดปริมาณสารพิษโอคราทอกซิน เอ ในเมล็ดกาแฟโดยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy. วารสารวิทยาศาสตร์เกษตร ปีที่ 46 ฉบับที่ 3 (พิเศษ) กันยายน-ธันวาคม 2558. หน้า 49-52

ดวงจันทร์ สุขประเสริฐ และวนิดา ยุรญาติ. 2545. สารพิษแอฟลาทอกซินที่ปนเปื้อนในเครื่องเทศ. วารสารสุขาภิบาลอาหาร ปีที่ 4 ฉบับที่ 2 ก.พ.-พ.ค. 45. หน้า 33-37.

พิทยา สรวมศิริ. 2551. อุตสาหกรรมพืชเครื่องเทศ. ภาควิชาพืชสวน, คณะเกษตรศาสตร์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

วีณา นุกูลการ และชุติมา เพ็ชรประยูร. 2560. สมุนไพร Champion products. กรุงเทพฯ : ภาควิชาเภสัชวินิจฉัย คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล. 280 หน้า

ศุมาพร เกษมสำราญ วราภรณ์ อภิวัฒนาภิวัฒ พิลาณี ไวถนอมสัตย์ และ นางวารุณี ธนะแพสย์. 2557. รายงานวิจัยฉบับสมบูรณ์โครงการการตรวจสอบปริมาณเคอร์คูมินในยาสมุนไพรขมิ้นชันแบบรู้ผลเร็วด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโคปี. สำนักงานกองทุนสนับสนุนการวิจัย.

สถาบันวิจัยสมุนไพร. 2544. มาตรฐานสมุนไพรขมิ้นชัน. กรมวิทยาศาสตร์การแพทย์ กระทรวงสาธารณสุข.

อมรา ชินภูติ. 2547. เอกสารประกอบการฝึกอบรมเชิงปฏิบัติการ การตรวจวิเคราะห์สารอฟลาทอกซินในผลิตผลทางการเกษตรอย่างรวดเร็วโดยใช้ชุดตรวจสอบสำเร็จรูป “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.

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

กรมวิชาการเกษตร