



รายงานชุดโครงการวิจัย

เรื่อง

การตรวจสอบอันตรายในอาหารอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
Rapid method for food hazards analysis using near infrared spectroscopy (NIRS)

ผู้วิจัย

1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี Busarakorn Mahayothee

2 หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี Busarakorn Mahayothee

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ Pramote Khuwijitjaru

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยวัฒน์ บันไดเพชร Chaiwat Bandaiphet

อาจารย์ ดร.ศราวุธ ภูไพจิตรกุล Sarawut Phupaichitkun

3 ผู้ประสานงาน/ผู้วางแผน/เลขานุการแผนงานวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ Pramote Khuwijitjaru

หน่วยงานที่สังกัด

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหารคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
Department of food Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
Department of Bio Technology, Faculty of Engineering and Industrial Technology,
Silpakorn University

ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุคณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี มหาวิทยาลัยศิลปากร
Department of Materials Science and Engineering , Faculty of Engineering and Industrial
Technology, Silpakorn University

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ.2558

ดำเนินการเสร็จ ปี พ.ศ. 255

สารบัญ

กิตติกรรมประกาศ.....	ค
บทคัดย่อโครงการย่อยที่ 1.....	ง
บทคัดย่อโครงการย่อยที่ 2.....	ฉ
บทคัดย่อโครงการย่อยที่ 3.....	ช
บทคัดย่อโครงการย่อยที่ 4.....	ญ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์.....	1
1.3 ขอบเขตของการศึกษา.....	1
1.4 ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในแผนงานวิจัย.....	2
1.5 ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย.....	3
1.5 รายชื่อผู้บริหารชุดโครงการ.....	3
บทที่ 2 ผลการดำเนินงาน.....	6
2.1 การบริหารชุดโครงการ.....	6
2.2 รายละเอียดผลการดำเนินงานของชุดโครงการวิจัย.....	6
2.2.1 โครงการย่อยที่ 1 การตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินแบบไม่ ทำลายตัวอย่างในพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสงด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอิน ฟราเรดย่านใกล้.....	6
2.2.2 โครงการย่อยที่ 2 การตรวจจับอันตรายทางกายภาพและตรวจวัดคุณภาพโดยใช้สเปกโทรสโก ปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบ.....	6
2.2.3 โครงการย่อยที่ 3 การตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในใบโหระพาอย่างรวดเร็วด้วย เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้.....	7
2.2.4 โครงการย่อยที่ 4 การออกแบบและจัดทำเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบด้วยการวัดคุณภาพ เมล็ดด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้.....	7
บทที่ 3 การเผยแพร่ผลงานวิจัย.....	9
บทที่ 4 บทสรุปผู้บริหาร.....	10
เอกสารอ้างอิง.....	12

ประวัติผู้วิจัย.....	13
หัวหน้าโครงการวิจัย.....	13
ผู้ร่วมโครงการวิจัย.....	16
ผู้ร่วมโครงการวิจัย.....	21
ผู้ร่วมโครงการวิจัย.....	23

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยนี้เป็นส่วนหนึ่งของชุดโครงการวิจัยเรื่อง “การตรวจสอบอันตรายในอาหารอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้” ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดิน ปีงบประมาณ พ.ศ. 2558 จากสถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบ สว.ว 5

ชื่อโครงการ การตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินแบบไม่ทำลายตัวอย่างในพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ และถั่วลิสงด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ชื่อผู้วิจัย 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี (หัวหน้าโครงการ)

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ (ผู้ร่วมโครงการ)

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ 2559

ประเภทการวิจัย การวิจัยประยุกต์

สาขาวิชา (อ้างอิงตามวช.) เกษตรศาสตร์และชีววิทยา กลุ่มวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินแบบไม่ทำลายตัวอย่างในพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสง และศึกษาการเตรียมตัวอย่างด้วยเทคนิค dry-extract system for infrared (DESIR) เพื่อเพิ่มความเข้มข้นปริมาณอะฟลาทอกซินตัวอย่างพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสงวิเคราะห์วิธีมาตรฐานคือ ปริมาณความชื้นด้วยตู้อบลมร้อน ปริมาณเชื้อราด้วยวิธี total plate count และปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินปี 1 ด้วยเทคนิค HPLC ตัวอย่างจะถูกนำมาวัด NIR ในสองรูปแบบคือแบบเมล็ดและแบบบด ในช่วงความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร ด้วยเครื่อง FT-NIR ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflectance) และศึกษาการเตรียมตัวอย่างสำหรับตรวจสอบอะฟลาทอกซินปี 1 ที่มีความเข้มข้นต่ำ ด้วยเทคนิค dry-extract system for infrared (DESIR) โดยการหยดสารสกัดลงบนกระดาษเยแก้ว (GF/A) หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งในตู้ดูดควันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดด้วยเครื่อง FT-NIR ในระบบการวัดแบบส่องผ่านและสะท้อนกลับ (transflectance) ในช่วงความยาวคลื่น 800-2500 นาโนเมตร สร้างสมการทำนายโดยใช้วิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least squares, PLS)

จากการศึกษาพบว่าเทคนิค NIRS มีความเหมาะสมในการนำมาตรวจสอบปริมาณความชื้น ปริมาณอะฟลาทอกซินได้ แต่ไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณเชื้อราได้ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R²) และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (root mean square error of cross validation, RMSECV) ของปริมาณความชื้น เท่ากับ 0.98 และ 0.521%, ปริมาณเชื้อราเท่ากับ 0.30 และ 3.89×10³ cfu/g และ ปริมาณอะฟลาทอกซินเท่ากับ 0.97 และ 0.014 ppm และ ตามลำดับ

คำสำคัญ: การปนเปื้อน อาหารปลอดภัย เชื้อรา สารพิษอะฟลาทอกซิน จุลินทรีย์ อันตรายในอาหาร การตรวจสอบแบบไม่ทำลายตัวอย่าง สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Non-destructive determination of mold and aflatoxin in pepper, corn and peanut using near infrared spectroscopy (NIRS).

Researcher Busarakorn Mahayothee Pramote Khuwijitjaru
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
 Pramote Khuwijitjaru
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Research Grants Fiscal Budget of Year 2015.,
 Research and Development Institute, Silpakorn University

Year of completion 2016

Type of research Applied research

Subjects (based NRCT) Agriculture and Biology, Agro-Industry

Abstract

The objective of this research was to study the rapid determination of moisture content, aflatoxin content and mold in pepper, corn and peanut using near infrared spectroscopy (NIRS) and studying the feasibility sample preparation of dry-extract system for infrared (DESIR) technique for determination low level of aflatoxin B1.

In this study, samples were used for detection of moisture content and mold and aflatoxin B1. The reference analysis of total mold content using dilution plating method and moisture content by oven-dry method and aflatoxin B1 by HPLC were performed. Samples were prepared from two different methods for analysis NIR measurements, the first method was the kernel and the second one were the ground sample. Both types of samples were analyzed using reflectance mode of NIR measurements in wavelength regions 800-2500 nm. glass micro fibre (GF/A) samples were used for model building for determination of aflatoxin B1. Model (GF/A) were dropped with 1 ml of extraction aflatoxin B1 in sample ranging and dried in hood 1 hour. Model (GF/A) were analyzed using transreflectance mode of measurements in wavelength regions 800-2500 nm. Then, the calibration model was built by using partial least squares regression analysis.

It was found that grinded sample was a proper sample preparation for NIR measurement to predict the moisture content mold and aflatoxin B1 in pepper, corn and peanut. Maximum coefficient of determination (R^2) and less root mean square error of prediction (RMSEP) were respectively 0.98 and 0.521%, 0.30 and 3.89x10³ cfu/g and 0.97 and 0.14 ppm for moisture content mold and aflatoxin B1, respectively.

Keywords: contamination, food safety, mold, aflatoxin, microbial, food hazards, non-destructive, near infrared spectroscopy

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบ สว.ว 5

ชื่อโครงการ การตรวจจับอันตรายทางกายภาพและตรวจวัดคุณภาพโดยใช้สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบ

ชื่อผู้วิจัย 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ (หัวหน้าโครงการ)
ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ (ผู้ร่วมโครงการ)
ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
3. อาจารย์ ดร. ศราวุธ ภูไพบูลย์กุล (ผู้ร่วมโครงการ)
ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ 2559

ประเภทการวิจัย การวิจัยประยุกต์

สาขาวิชา (อ้างอิงตามวช.) เกษตรศาสตร์และชีววิทยา กลุ่มวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบสายพันธุ์โรบัสต้า โดยเตรียมตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ เมล็ดกาแฟคุณภาพดี (มีความชื้น 9.5%) และเมล็ดกาแฟที่บกพร่อง 4 กลุ่ม ประกอบด้วยเมล็ดดํา (มีความชื้น 11%) เมล็ดที่สีเปลือกออกไม่หมด (มีความชื้น 10%) เมล็ดดีที่มีความชื้น 14 และ 18% กลุ่มละ 100 เมล็ด นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟมาวัดสเปกตรัมที่ละเมล็ด โดยวิธีการวัดแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ให้แสงส่องมายังด้านนูน และแบบที่ 2 ให้แสงส่องมายังด้านเรียบ ในช่วงเลขคลื่น 12500-4000 cm^{-1} ด้วยเครื่อง FT-NIR ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflectance) จากนั้นนำข้อมูลสเปกตรัมมาแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 ประกอบด้วยเมล็ดคุณภาพดี เมล็ดดําและเมล็ดที่สีเปลือกออกไม่หมด ชุดที่ 2 ประกอบด้วยเมล็ดคุณภาพดีที่มีความชื้น 9.5, 14 และ 18% และชุดที่ 3 ประกอบด้วยเมล็ดกาแฟทั้ง 5 กลุ่ม และจำแนกกลุ่มตัวอย่างจากทั้ง 3 ชุดด้วยวิธีการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (linear discriminant analysis; LDA) โดยการใช้ข้อมูลจากทุกเลขคลื่นและใช้ข้อมูลเฉพาะบางเลขคลื่น จากการวิเคราะห์ผลพบว่าการใช้ข้อมูลสเปกตรัมร่วมกับเทคนิค LDA สามารถจำแนกเมล็ดกาแฟจากทั้ง 3 ชุด ออกจากกันได้ โดยการใช้ข้อมูลจากทุกความยาวคลื่น การวัดแต่ละแบบมีค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม 100% และเมื่อรวมข้อมูลการวัดทั้ง 2 แบบ ให้ความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมากกว่า 96% และการใช้ข้อมูลเฉพาะบางความยาวคลื่นโดยวัดแต่ละแบบ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมากกว่า 97 % และเมื่อรวมข้อมูลการวัดทั้ง 2 แบบ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมากกว่า 98% นอกจากนี้ยังได้ศึกษาการคัดแยกเมล็ดที่มีการปนเปื้อนอันตรายทางกายภาพได้แก่เมล็ดปนเปื้อนดิน และเมล็ดปนเปื้อนมูลไก่ พบว่าการใช้ข้อมูลสเปกตรัมร่วมกับเทคนิค LDA สามารถจำแนกเมล็ดกาแฟที่ปนเปื้อนออกจากเมล็ดดีได้โดยมีค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม 100%

คำสำคัญ: เมล็ดกาแฟดิบ โรบัสต้า ความผิดปกติ คัดแยก ปนเปื้อน สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Detection of Physical Hazards and Quality Determination by Near Infrared Spectroscopy (NIR) for Green Coffee

Researcher Pramote Khuwijitjaru
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
 Chaiyong Taechapairoj
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
 Sarawut Phupaichitkun
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Research Grants Fiscal Budget of Year 2015.,
 Research and Development Institute, Silpakorn University

Year of completion 2016

Type of research Applied research

Subjects (based NRCT) Agriculture and Biology, Agro-Industry

Abstract

In this research, application of near infrared spectroscopy to sorting green coffee beans was investigated. Five samples of coffee beans were prepared (100 beans each), good bean (moisture content; m.c. 9.5%), and 4 defective beans which were black beans (m.c. 11%), husk bean (m.c. 10%), good bean with m.c. adjusted to 14 and 18%. Near infrared spectrum of each bean was measured on both sides (convex and flat sides) in a wave number range of 12500-4000 cm⁻¹ using a FT-NIR in a reflectance mode. Three different groups of data were divided; the 1st group consisted of data from good bean, black bean, and husk bean, the 2nd group consisted of data from good bean with m.c. of 9.5, 14 and 18%, and the 3rd group consisted of data from all samples. All data were classified using linear discriminant analysis (LDA) using full spectra and selected-wave number spectra. The results showed that NIR spectra and LDA could be used to separate green coffee bean in all 3 groups of data. Using full spectra with data from either side resulted in 100 % accuracy while combining data from both sides gave accuracy > 96%. Using selected-wavenumber spectra with data from either side resulted in > 97% accuracy while combining data from both sides gave accuracy higher than 98%. In addition, detection of physical hazards contaminated coffee beans was also evaluated using fecal and soil contaminated beans. It was found that LDA using full spectra gave 100 % accuracy in separating contaminated from non-contaminated beans.

Keywords: Green coffee bean, Robusta, Defects, Sorting, Contamination, Near infrared spectroscopy

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบ สว.ว 5

ชื่อโครงการ การตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในใบโหระพารวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ชื่อผู้วิจัย 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยวัฒน์ บันไดเพชร (หัวหน้าโครงการ)

ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. บุศราภรณ์ มหาโยธี (ผู้ร่วมโครงการ)

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ (ผู้ร่วมโครงการ)

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ 2559

ประเภทการวิจัย การวิจัยประยุกต์

สาขาวิชา (อ้างอิงตามวช.) เกษตรศาสตร์และชีววิทยา กลุ่มวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) และการถ่ายภาพสเปกตรัม (HSI) ซึ่งเป็นวิธีการที่รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่างมาประยุกต์ใช้ในการทำนายความชื้นและตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพา โดยการเตรียมตัวอย่าง 2 รูปแบบคือ ตัวอย่างใบโหระพาที่เลียนแบบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยจะทำการวัดสเปกตรัมของตัวอย่างใบโหระพาสดด้วยเครื่อง FT-NIR (800-2500 นาโนเมตร) ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflectance) และการถ่ายภาพสเปกตรัมด้วยกล้องถ่ายภาพสเปกตรัม (400-1000 นาโนเมตร) 1 ภาพต่อ 15 ใบ สำหรับการสร้างสมการทำนายปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพา สร้างสมการทำนายโดยใช้วิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least squares, PLS) จากการศึกษาพบว่าเทคนิค NIRS มีความเหมาะสมในการนำมาตรวจสอบปริมาณความชื้น จำนวนยีสต์และราได้ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R²) เท่ากับ 0.65 และ 0.83 ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (root mean square error of prediction, RMSEP) เท่ากับ 0.963 % และ 3.18x10⁴ cfu/g ตามลำดับ และจากผลการศึกษาด้วยเทคนิค HSI พบว่าเทคนิค HSI ยังไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพา ได้ เนื่องจากให้ค่า R² ที่ต่ำ โดยให้ค่า R² เท่ากับ 0.37, 0.29, และ 0.11 ตามลำดับ และให้ค่า RMSEP ที่สูงเท่ากับ 1.2 x10⁷ cfu/g 6.1 x10⁸ cfu/g และ 3.9 x10⁵ cfu/g ตามลำดับ

คำสำคัญ: แบบที่เรีย ยีสต์ รา .ใบโหระพา การปนเปื้อน อาหารปลอดภัย

Rapid determination of aerobic bacteria, yeast and mold in sweet basil by near infrared spectroscopy (NIRS)

Researcher Chaiwat Bandaiphet
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
 Busarakorn Mahayothee Pramote Khuwijitjaru
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University
 Pramote Khuwijitjaru
 Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Research Grants Fiscal Budget of Year 2015.,
 Research and Development Institute, Silpakorn University

Year of completion 2016

Type of research Applied research

Subjects (based NRCT) Agriculture and Biology, Agro-Industry

Abstract

The objective of this study was to use near-infrared spectroscopy (NIRS) and hyperspectral imaging (HSI) as rapid and non-destructive techniques to analyze moisture content, total microbial, *E. coli*, yeast and mold in flesh sweet basil. Total sweet basil were taken for spectrum acquisition using an FT-NIR spectrometer (800 - 2500 nm) in reflectance mode with a nominal resolution of 16 cm⁻¹ and scan time of 32 and the samples were imaged by reflectance HSI at the wavelength of 400 - 1000 nm. Then sample was examined for moisture contents, total microbial, *E. coli*, yeast and mold in flesh of sweet basil. Calibration and validation models of both techniques were built using a partial least square regression analysis. It was found that NIRS was suitable for determining the moisture content, total microbial, *E. coli*, yeast and mold that provided the coefficient of determination (R²) of 0.65 and 0.83 respectively and gave the root squares error of prediction (RMSEP) of 0.963 % and 3.18x10⁴ cfu/g fresh weight, respectively. While, the HSI could not be used for determining moisture content, total microb, *E. coli*, yeast and mold in flesh of sweet basil, due to low R² of 0.37, 0.29 and 0.11, respectively and high RMSEP of 1.2 x10⁷ cfu/g 6.1 x10⁸ cfu/g and 3.9 x10⁵ cfu/g fresh weight, respectively.

Keywords: bacteria, yeast, mold, sweet basil, contamination, food safety

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

แบบ สว.ว 5

ชื่อโครงการ การออกแบบและจัดทำเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบด้วยการวัดคุณภาพเมล็ดด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปี
อินฟราเรดย่านใกล้

ชื่อผู้วิจัย 1. อาจารย์ ดร.ศราวุธ ภูไพจิตรกุล (หัวหน้าโครงการ)

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2558

สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ 2559

ประเภทการวิจัย การวิจัยประยุกต์

สาขาวิชา (อ้างอิงตามวช.) เกษตรศาสตร์และชีววิทยา กลุ่มวิชาอุตสาหกรรมเกษตร

บทคัดย่อ

กาแฟเป็นผลผลิตทางเกษตรที่มีการนำมาแปรรูปเป็นทั้งอาหาร และเครื่องดื่มซึ่งเป็นที่นิยมทั่วโลก การจะได้มาซึ่งผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพจะต้องมีการคัดเลือกร้อยละพันล้าน จนมีมาตรฐานการคัดเลือกที่เป็นที่ยอมรับไปทั่วโลก ซึ่งงานวิจัยนี้จะทำการศึกษาเกี่ยวกับออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในการคัดแยกเมล็ดกาแฟสายพันธุ์อาราบิก้าและโรบัสต้าที่มีคุณภาพดีออกจากเมล็ดที่มีข้อบกพร่องและสิ่งปลอมปนทางกายภาพอื่นๆ โดยอาศัยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ โดยในการทดลองจะนำเมล็ดกาแฟจากพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ ในประเทศไทยมาทำการทดสอบหาปริมาณความชื้น คาเฟอีน น้ำมัน ซูโครส กรดคลอโรจีนิค และพอลิแซคคาไรด์เทียบกับค่ามาตรฐาน แล้วนำเมล็ดกาแฟไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง minispectrometer (tec5) ซึ่งเป็นเครื่องมือที่มีมาตรฐานเพื่อเก็บข้อมูลไว้ใช้อ้างอิง และเครื่อง NIR line scan ที่ออกแบบและสร้างขึ้นเพื่อนำข้อมูลที่ได้อิงวิเคราะห์แล้วสร้างแบบจำลองทำนายที่จะนำไปคัดแยกเมล็ดกาแฟแบบอัตโนมัติ ผลการทดลองแสดงให้เห็นว่า ค่าทางเคมีที่ได้จากการทดลองมีแนวโน้มเป็นไปตามค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณน้ำมันสูงกว่ามาตรฐานมาก และปริมาณคาเฟอีนต่ำกว่าค่ามาตรฐานมาก ในส่วนของเครื่อง NIR line scan นั้นใช้ระบบเกรตติงที่มีความเหมาะสมกับการใช้งานจริง โดยให้แสงส่องไปที่วัตถุและสะท้อนเข้าสู่สลิตขนาดยาว 300 มม. กว้าง 3 มม. เพื่อให้แสงมีลักษณะเป็นเส้นไปยังชุดเลนส์เพื่อรวมแสงไปที่เกรตติงแล้วใช้กล้อง Sony XCEI-50 เป็นตัวตรวจจับ ในส่วนของสเปกตรัมที่วิเคราะห์ด้วยเทคนิค PCA พบว่า จะสามารถแยกกลุ่มเมล็ดกาแฟออกเป็น 2 กลุ่มได้อย่างชัดเจนเมื่อทำการเลือกวิเคราะห์ในช่วงความยาวคลื่นเป็น 800-1000 นาโนเมตร โดยกลุ่มหนึ่งเป็นเมล็ดกาแฟอาราบิก้า และอีกกลุ่มหนึ่งเป็นเมล็ดกาแฟอาราบิก้าจากอีกแหล่งหนึ่งร่วมกับโรบัสต้า เมื่อนำสเปกตรัมไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับค่าทางเคมีที่ได้จากการทดลองข้างต้นพบว่า ความสัมพันธ์ที่ได้จากเครื่อง NIR line scan ยังมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าเครื่อง minispectrometer

คำสำคัญ : เมล็ดกาแฟดิบ, สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้, สิ่งปลอมปน, คัดแยก

Design and instruction of green coffee bean sorting machine using near infrared spectroscopy technique.

Researcher Dr. Sarawut Phupaichtkun. (Project Leader)

Faculty of Engineering and Industrial Technology, Silpakorn University

Research Grants Fiscal Budget of Year 2015.,

Research and Development Institute, Silpakorn University

Year of completion 2016

Type of research Applied research

Subjects (based NRCT) Agriculture and Biology, Agro-Industry

Abstract

Coffee is an agricultural product that is processed into both food and drink, which is popular around the world. The acquisition of quality products must be meticulously selected until the selection criteria are accepted worldwide. This research will study the design and construction of a prototype machine for the separation of good quality Arabica and Robusta coffee beans from defective and other physical contaminants by using near infrared spectroscopy technique. In the experiment, coffee beans from various cultivated areas in Thailand were tested for moisture content, caffeine, sucrose, chlorogenic acid and polysaccharide compare with standard values. Then take the coffee beans to measure the spectrum with the Minispectrometer (tec5), a standardized tool for storing references and measure the spectrum with the NIR line scan machine that designed and built to carry the data analyzed and create predictive models that can automatically separate the coffee beans. The results show that the chemical values obtained from the experiment tend to follow the standard but oil content is much higher than standard and the caffeine content is much lower than the standard. In the NIR line scan machine, the grating system is suitable for real use, by lighting on the subject and reflect to a 300 mm long 3 mm wide slit to give a linear light to the lens unit to combine light to grating to separate light into the Sony XCEI- 50 as detector. In the part of the spectrum analyzed by PCA technique, it was found that the coffee beans can be separated into two groups clearly when the selection at the wavelength range is 800-1000 nm. A group of Arabica coffee. And another group is Arabica coffee from another source including Robusta. When the spectra were taken to analyze the relationship between the chemical values obtained from the above experiments, it was found that the NIR line scan is less reliable than the line scanner. Minispectrometer

Key words: Green bean coffee, near infrared spectroscopy, foreign matters, sortin

บทที่ 1

ความสำคัญและที่มาของชุดโครงการวิจัย

ความปลอดภัยด้านอาหาร (Food Safety) เป็นปัญหาสำคัญของทุกประเทศไม่ว่าจะเป็นประเทศพัฒนาแล้วหรือกำลังพัฒนาดังจะเห็นได้จากข่าวสารเกี่ยวกับปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหารอยู่เสมอ นอกเหนือจากนี้ประเด็นความปลอดภัยของอาหารยังเป็นข้อกำหนดที่สำคัญในการนำเข้าสินค้าอาหารและการเกษตรเข้าสู่ประเทศของประเทศต่างๆบนโลก ซึ่งกรณีของการตรวจพบอันตรายชนิดต่างๆ เช่น สารฆ่าแมลงตกค้าง หรือจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในผักสด การพบเศษแมลง หรือสิ่งปลอมปน หรือการตรวจสอบสารพิษ เช่น aflatoxin ในผลิตภัณฑ์ และนำมาซึ่งการปฏิเสธการนำเข้าสินค้านั้นๆ ก็ยังเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ เนื่องจากข้อจำกัดของการตรวจสอบของผู้ผลิตในปัจจุบันยังเป็นการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง และการตรวจสอบบางกรณีใช้เวลานานและจำเป็นต้องส่งสินค้านั้นไปจำหน่ายก่อน

ปัญหาเหล่านี้นำมาสู่แนวคิดในการตรวจสอบสินค้าแบบ 100% โดยไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive analysis) ซึ่งเทคนิคในการตรวจสอบด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near infrared spectroscopy, NIRS) นับเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่มีการศึกษาและประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายและประสบความสำเร็จเนื่องจากความง่ายของอุปกรณ์ และประสิทธิภาพในการทำนายค่าคุณภาพต่างๆเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นแผนงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอการศึกษาวิจัยในเรื่องของการตรวจสอบอันตรายในอาหาร (Food hazards) ซึ่งโดยทั่วไปแบ่งเป็น 3 กลุ่มคือ อันตรายด้านจุลินทรีย์ เช่น จุลินทรีย์ก่อโรค อันตรายด้านเคมี เช่น สารตกค้างและสารพิษที่เกิดทางธรรมชาติ และอันตรายทางกายภาพ เช่น การปนเปื้อนของอื่นๆ ในผลิตภัณฑ์ โดยในแต่ละกลุ่มอันตรายผู้วิจัยในโครงการย่อยได้นำเสนอผลิตภัณฑ์อาหารที่พบปัญหานั้นๆ บ่อยขึ้นมาเป็นต้นแบบในการศึกษา นอกจากนี้ในโครงการย่อยที่ 4 เป็นการพัฒนาทางวิศวกรรมเพื่อสร้างเครื่องต้นแบบในการคัดกาแฟเพื่อกำจัดอันตรายทางกายภาพต่างๆออกไป โดยใช้ความรู้ในส่วน of เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้จากการวิจัยในโครงการย่อยที่ 2 เพื่อให้เป็นการพัฒนาความรู้จากการวิจัยไปสู่ผลิตภัณฑ์เชิงพาณิชย์ได้ต่อไป

วัตถุประสงค์หลักของแผนงานวิจัย

เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบอันตรายในอาหารทั้งอันตรายทางกายภาพ เคมีและจุลินทรีย์ที่รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่าง สามารถตรวจสอบตัวอย่างได้ 100% โดยใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ขอบเขตการวิจัย

- ศึกษาประสิทธิภาพในการตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินใน พริกไทย เมล็ดข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสงด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
- ศึกษาประสิทธิภาพในการตรวจสอบการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในใบโหระพาด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS)
- ศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจการปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ในใบโหระพา ด้วยเทคนิคการถ่ายภาพเชิงสเปกตรัม (HSI)

ทฤษฎีหรือแนวความคิดที่นำมาใช้ในแผนงานวิจัย

โครงการที่ 1 การปนเปื้อนของรา และสารพิษจากเชื้อราในผลิตภัณฑ์อาหารและพืชผลจากการเกษตร เป็นปัญหาที่สำคัญที่ส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยของอาหาร เช่นหากมีการปนเปื้อนของราในข้าวโพดเลี้ยงสัตว์ ก็จะส่งผลไปยังคุณภาพของอาหารสัตว์ ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ และส่งผลกระทบต่อความปลอดภัยไปยังผู้บริโภคทั้งในประเทศและส่งออก อย่างไรก็ตามเป็นที่ทราบกันดีว่าวิธีที่ใช้ในการวิเคราะห์การปนเปื้อนของเชื้อราและสารพิษอะฟลาทอกซิน มีการใช้อาหารเลี้ยงเชื้อที่มีราคาแพง ใช้สารเคมีมากสำหรับวิเคราะห์สารพิษ มีการวิเคราะห์ด้วยเครื่อง HPLC ที่มีราคาแพง มีการใช้ตู้บ่มเชื้อจุลินทรีย์ที่มีราคาแพง ทำให้ผู้ประกอบการเกษตรกร ผู้ที่เกี่ยวข้องกับการควบคุมอันตรายในอาหาร ไม่สามารถรับประกันความปลอดภัยในสินค้าได้ร้อยเปอร์เซ็นต์ หรือแม้แต่ในระหว่างที่เก็บรักษาผลิตผลเอรเอการบรรจุและจำหน่าย ก็อาจจะส่งผลต่อการปนเปื้อนของราและสารพิษจากรา เนื่องจากการเก็บรักษาในสภาพที่ผลิตผลยังหายใจอยู่ มีการคายน้ำและผลิตความร้อน ทำให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่ง ซึ่ง NIRS เป็นเทคนิคที่น่าจะสามารถตอบโจทย์นี้ได้ เนื่องจาก NIRS เป็นเทคนิควิเคราะห์ตัวอย่างแบบไม่ทำลาย และรวดเร็วที่สามารถตรวจสอบองค์ประกอบภายในของตัวอย่างที่มีธาตุคาร์บอน ไฮโดรเจน ออกซิเจนและไนโตรเจนได้ ดังนั้นน่าจะนำมาใช้วิเคราะห์อันตรายทางชีวภาพ การปนเปื้อนเชื้อราซึ่งมีองค์ประกอบของเซลลูลาร์คาร์บอนที่มีธาตุข้างต้นอยู่ อีกทั้งภายหลังที่ได้สมการทำนายที่ดีแล้ว NIRS สามารถติดตามการปนเปื้อนของราและสารพิษในตัวอย่างเดียวกันในเวลาเดียวกันได้ และมีเครื่องมือแบบพกพา (portable NIRS) ซึ่งสามารถใช้งานสะดวกในภาคสนาม นอกจากนี้ทีมวิจัยยังมีเครื่องมือ NIRS ที่สามารถวัดได้ทั้งช่วงความยาวคลื่นสั้นและความยาวคลื่นยาวของช่วงความยาวคลื่น NIR และมีประสบการณ์ในการทำงานวิจัยด้านนี้ อีกทั้งภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร ตั้งอยู่ในจังหวัดนครปฐม ใกล้กรุงเทพมหานคร ที่มีความเข้มแข็งด้านอุตสาหกรรมเกษตร และมีความร่วมมือกับภาคเอกชนมาก โอกาสที่จะได้รับความร่วมมือและถ่ายทอดความสำเร็จสู่ภาคอุตสาหกรรมจึงมีสูง

โครงการที่ 2 NIRS เป็นเทคนิคที่สามารถตรวจวัดองค์ประกอบของตัวอย่างได้เมื่อใช้ร่วมกับการสร้างสมการ calibration model และสามารถนำมาใช้ในการแยกกลุ่ม (discrimination) ตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันในด้านองค์ประกอบทางเคมี และหรือด้านกายภาพ ดังนั้นจึงน่าจะสามารถในการแยกเมล็ดกาแฟดิบที่มีคุณภาพดีออกจากเมล็ดที่มีความผิดปกติ และเมล็ดที่มีสิ่งปนเปื้อนของอันตรายทางกายภาพที่บริเวณผิวและไม่สามารถแยกออกได้โดยกระบวนการอื่นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพและรวดเร็ว

โครงการที่ 3 ผักใบตัดแต่งเป็นสินค้าเกษตรที่มีการบริโภคและส่งออก โดยจะมีการเก็บรักษาที่อุณหภูมิแช่เย็น การตรวจสอบสุขอนามัยพืชเป็นสิ่งที่จำเป็นสำหรับการส่งออก โดยมาตรฐานนั้นผักใบตัดแต่งจะต้องมีจำนวนเชื้อจุลินทรีย์ทั้งหมดไม่เกิน 1×10^5 cfu/g sample และ มี yeast and mold ไม่เกิน 1×10^2 cfu/g sample ดังนั้นในอุตสาหกรรมผักใบตัดแต่ง จะต้องมีการตรวจเชื้อจุลินทรีย์เพื่อควบคุมคุณภาพด้านความปลอดภัยของอาหาร โดยส่วนใหญ่ปัจจุบันจะใช้ เทคนิค viable plate count ที่ใช้เวลานาน อาหารเลี้ยงเชื้อราคาแพง ต้องการผู้ชำนาญ ทำให้ในแต่ละ lot ที่ผลิต สุ่มตัวอย่างมาตรวจเชื้อได้ไม่มาก ทำให้มีความเสี่ยงในการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ การใช้ NIRS ซึ่งเป็นเทคนิควิเคราะห์ตัวอย่างแบบไม่ทำลาย และรวดเร็วจะนำมาใช้วิเคราะห์การปนเปื้อนเชื้อจุลินทรีย์ เพื่อทดแทนวิธีการวิเคราะห์ทางจุลินทรีย์ แบบปัจจุบันที่ยุ่งยาก ซับซ้อน ราคาแพงและใช้เวลานาน จะทำให้อุตสาหกรรมผักใบสดมีมาตรฐานมากขึ้น

โครงการที่ 4 NIRS เป็นเทคนิคที่สามารถการแยกกลุ่ม (discrimination) ตัวอย่างที่มีความแตกต่างกันในด้านองค์ประกอบทางเคมี และสามารถโอนย้ายสมการ calibration model ในเครื่องมือวัดในห้องปฏิบัติการมาใช้ในเครื่องจักร เพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบที่มีคุณภาพดีออกจากเมล็ดที่มีความผิดปกติ และสิ่งปนเปื้อนอื่นๆ

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

- เผยแพร่ในงานประชุมวิชาการอุตสาหกรรมเกษตร หรือ งานประชุมวิชาการ วิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ (โครงการที่ 1-4)
- จัดประชุมเพื่อนำเสนอผลงานวิชาการแก่ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมอาหารสัตว์ อุตสาหกรรมเลี้ยงสัตว์และแปรรูปสัตว์ เช่น ไก่ อุตสาหกรรมที่เกี่ยวข้องกับพืชสมุนไพร เครื่องเทศ และพืชตระกูลถั่ว ทั้งผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จัดจำหน่าย และหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเช่น เกษตรจังหวัด สภาอุตสาหกรรมจังหวัด กรมวิชาการเกษตร และสถาบันการศึกษา เป็นต้น (โครงการที่ 1)
- จัดประชุมเพื่อนำเสนอผลงานวิชาการแก่ผู้ประกอบการที่เกี่ยวข้องกับอุตสาหกรรมผัก ผลไม้สด ผัก ผลไม้ ตัดแต่ง ผักแช่เย็น เป็นต้น ทั้งผู้ผลิต ผู้นำเข้า และผู้จัดจำหน่าย และหน่วยงานของรัฐที่เกี่ยวข้องเช่น เกษตรจังหวัด สภาอุตสาหกรรมจังหวัด กรมวิชาการเกษตร และสถาบันการศึกษา เป็นต้น (โครงการที่ 3)

รายชื่อผู้บริหารชุดโครงการวิจัย

1.1 ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

ผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194

1.2 ผู้ประสานงาน/ผู้วางแผน/เลขานุการแผนงานวิจัย

ผศ.ดร.ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194

1.3 ที่ปรึกษาของแผนงานวิจัย

โครงการที่ 1

หัวหน้าโครงการ

ผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โครงการที่ 2	ผู้ร่วมโครงการ	ผศ.ดร.ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
	หัวหน้าโครงการ	ผศ.ดร.ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
	ผู้ร่วมโครงการ	อาจารย์ ดร.ศราวุธ ภูไฟจิตรกุล ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
	ผู้ร่วมโครงการ	ผศ. ดร.ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 3	หัวหน้าโครงการ	ผศ. ดร.ชัยวัฒน์ บรรดิษฐ์ ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
	ผู้ร่วมโครงการ	ผศ.ดร.บุศราภรณ์ มหาโยธี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
		ผศ.ดร.ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
		ผศ.ดร.ปราโมทย์ คุวิจิตรจารุ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โครงการที่ 4

หัวหน้าโครงการ

อาจารย์ ดร.ศราวุธ ภูไฟจิตรกุล

ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

บทที่ 2

ผลการดำเนินงาน

การบริหารชุดโครงการวิจัย

ในส่วนของแผนการบริหารชุดโครงการวิจัย ได้ดำเนินการเพื่อให้เป็นไปตามแผนการดำเนินงานวิจัยที่ได้เสนอไว้ โดยได้ดำเนินการต่อไปนี้

- ประสานงานเพื่อจัดเตรียมรายงานความก้าวหน้าของโครงการวิจัยทุก 6 เดือน
- ประสานงานเพื่อจัดเตรียมรายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์
- จัดประชุมสัมมนาครั้งที่ 1 เรื่อง การตรวจสอบอันตรายในอาหารอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

รายละเอียดผลการดำเนินงานของชุดโครงการวิจัย

รายละเอียดของผลดำเนินงานของโครงการที่ได้ดำเนินการทั้ง 4 โครงการดังนี้

โครงการที่ 1 การตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินแบบไม่ทำลายตัวอย่างในพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสงด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินแบบไม่ทำลายตัวอย่างในพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสง ตัวอย่างพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสงจะถูกนำมาวัด NIR ในสองรูปแบบคือแบบเมล็ดและแบบบด ในช่วงเลขคลื่น 12500-4000 cm^{-1} ด้วยเครื่อง FT-NIR ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflectance) จากนั้นจะนำไปวิเคราะห์วิธีมาตรฐานคือ ปริมาณความชื้น ปริมาณเชื้อราและปริมาณสารพิษอะฟลาทอกซินปี 1 ด้วยเทคนิค HPLC และศึกษาการเตรียมตัวอย่างสำหรับตรวจสอบอะฟลาทอกซินปี ที่มีความเข้มข้นต่ำ ด้วยเทคนิค dry-extract system for infrared (DESIR) โดยการหดยาสารสกัดที่ลงบนกระดาษใยแก้ว (GF/A) หลังจากนั้นทิ้งไว้ให้แห้งในตู้ดูดควันเป็นเวลา 1 ชั่วโมง นำไปวัดด้วยเครื่อง FT-NIR ในระบบการวัดแบบส่องผ่านและสะท้อนกลับ (transflectance) สร้างสมการทำนายโดยใช้วิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least squares, PLS) ทวนสอบสมการแบบ full cross validation จากการศึกษาพบว่าเทคนิค NIRS มีความเหมาะสมในการนำมาตรวจสอบปริมาณความชื้น ปริมาณอะฟลาทอกซินได้ และไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณเชื้อราได้ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.98, 0.97 และ 0.30 ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (root square error of cross validation, RMSECV) เท่ากับ 0.521%, 0.014 ppm และ 3.89×10^3 cfu/g ตามลำดับ

โครงการที่ 2 การตรวจจับอันตรายทางกายภาพและตรวจวัดคุณภาพโดยใช้สเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบ

งานวิจัยนี้ได้ศึกษาการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบสายพันธุ์โรบัสต้า โดยเตรียมตัวอย่างเมล็ดกาแฟดิบออกเป็น 5 กลุ่ม ได้แก่ เมล็ดกาแฟคุณภาพดี (มีความชื้น 9.5%) และเมล็ดกาแฟที่บดพร่อง 4 กลุ่ม ประกอบด้วยเมล็ดดำ (มีความชื้น 11%) เมล็ดที่สีเปลือกออกไม่หมด (มีความชื้น 10%) เมล็ดดีที่มีความชื้น 14 และ 18% กลุ่มละ 100 เมล็ด นำตัวอย่างเมล็ดกาแฟมาวัดสเปกตรัมที่ละเมล็ด โดยวิธีการวัดแบ่งออกเป็น 2 แบบ คือ แบบที่ 1 ให้แสงส่องมายังด้านบน และแบบ

ที่ 2 ให้แสงส่องมายังด้านเรียบ ในช่วงเลขคลื่น 12500-4000 cm^{-1} ด้วยเครื่อง FT-NIR ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflectance) จากนั้นนำข้อมูลสเปกตรัมมาแบ่งกลุ่มออกเป็น 3 ชุด ได้แก่ ชุดที่ 1 ประกอบด้วย เมล็ดคุณภาพดี เมล็ดดำและเมล็ดที่สีเปลือกออกไม่หมด ชุดที่ 2 ประกอบด้วยเมล็ดคุณภาพดีที่มีความชื้น 9.5, 14 และ 18% และชุดที่ 3 ประกอบด้วยเมล็ดกาแพทั้ง 5 กลุ่ม และจำแนกกลุ่มตัวอย่างจากทั้ง 3 ชุดด้วยวิธีการวิเคราะห์การจำแนกประเภทเชิงเส้น (linear discriminant analysis; LDA) โดยการใช้ข้อมูลจากทุกเลขคลื่นและใช้ข้อมูลเฉพาะบางเลขคลื่น จากการวิเคราะห์ผลพบว่าการใช้ข้อมูลสเปกตรัมร่วมกับเทคนิค LDA สามารถจำแนกเมล็ดกาแพจากทั้ง 3 ชุด ออกจากกันได้ โดยการใช้ข้อมูลจากทุกเลขคลื่นการวัดแต่ละแบบ มีค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่ม 100% และเมื่อรวมข้อมูลการวัดทั้ง 2 แบบ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมากกว่า 96% และการใช้ข้อมูลเฉพาะบางเลขคลื่นโดยวัดแต่ละแบบ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมากกว่า 97 % และเมื่อรวมข้อมูลการวัดทั้ง 2 แบบ ให้ค่าความถูกต้องในการจำแนกกลุ่มมากกว่า 98%

โครงการที่ 3 การตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในใบโหระพาอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (NIRS) และการถ่ายภาพสเปกตรัม (HSI) ซึ่งเป็นวิธีการที่รวดเร็ว และไม่ทำลายตัวอย่างมาประยุกต์ใช้ในการตรวจสอบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ ได้แก่ จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพา โดยเตรียมตัวอย่าง 2 รูปแบบคือ ตัวอย่างใบโหระพาที่มีการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ตามธรรมชาติ และตัวอย่างใบโหระพาที่เลียนแบบการปนเปื้อนของเชื้อจุลินทรีย์ โดยจะทำการวัดสเปกตรัมของตัวอย่างใบโหระพาสดด้วยเครื่อง FT-NIR (800-2500 นาโนเมตร) ในระบบการวัดแบบสะท้อนกลับ (reflectance) และการถ่ายภาพสเปกตรัมด้วยกล้องถ่ายภาพสเปกตรัม (400-1000 นาโนเมตร) 1 ภาพต่อ 15 ใบ สำหรับการสร้างสมการทำนายปริมาณความชื้น จำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพาสร้างสมการทำนายโดยใช้วิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน (partial least squares, PLS) จากการศึกษาพบว่าเทคนิค NIRS มีความเหมาะสมในการนำมาตรวจสอบปริมาณความชื้น จำนวนยีสต์และราได้ โดยให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (coefficient of determination, R^2) เท่ากับ 0.65 และ 0.83 ตามลำดับ และมีค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (root square error of prediction, RMSEP) เท่ากับ 0.963 % และ 3.18×10^4 cfu/g ตามลำดับ และจากผลการศึกษาด้วยเทคนิค HSI พบว่าเทคนิค HSI ยังไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพาได้ เนื่องจากให้ค่า R^2 ที่ต่ำ โดยให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.373, 0.299, และ 0.110 ตามลำดับ และให้ค่า RMSEP ที่สูงเท่ากับ 1.2×10^7 cfu/g 6.1×10^8 cfu/g และ 3.9×10^5 cfu/g ตามลำดับ

โครงการที่ 4 การออกแบบและจัดทำเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแพดิบด้วยการวัดคุณภาพเมล็ดด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

เมล็ดกาแพเป็นผลิตผลจากต้นกาแพที่เป็นที่นิยมทั่วโลก มีมาตรฐานในการคัดเลือกคุณภาพ และยังใช้คุณภาพเป็นตัวกำหนดราคา งานวิจัยนี้ต้องการศึกษาออกแบบและสร้างเครื่องต้นแบบในการคัดแยกเมล็ดกาแพสายพันธุ์อาราบิก้าและโรบัสตาที่มีคุณภาพดีออกจากเมล็ดที่มีข้อบกพร่องและสิ่งปลอมปนทางกายภาพอื่นๆ โดยอาศัยเทคนิคการวัดคลื่นความยาวของแสงอินฟราเรดย่านใกล้ โดยในการทดลองจะนำเมล็ดกาแพจากพื้นที่เพาะปลูกต่างๆ ในประเทศไทยมาทำการทดสอบหาปริมาณความชื้น คาเฟอีน น้ำมัน ชูโครส กรด

คลอโรจิติก และพอลิแซคคาไรด์เทียบกับค่ามาตรฐาน แล้วนำไปวัดสเปกตรัมด้วยเครื่อง multispectrometer และเครื่อง NIR line scan ที่ออกแบบและสร้างขึ้น จากนั้นจึงนำไปวิเคราะห์เชิงสถิติ เพื่อสร้างแบบจำลองทำนายที่จะใช้คัดแยกสายพันธุ์ แล้วจึงนำผลจากทั้ง 2 เครื่องมาเปรียบเทียบเพื่อตรวจสอบความน่าเชื่อถือของเครื่อง NIR line scan จากผลการทดลองพบว่า ค่าทางเคมีที่ได้มีแนวโน้มเป็นไปตามค่ามาตรฐาน แต่ปริมาณน้ำมันสูงกว่ามาตรฐานมาก และปริมาณคาเปอีนต่ำกว่าค่ามาตรฐานมาก เมื่อนำสเปกตรัมไปวิเคราะห์ด้วยเทคนิค PCA พบว่า จะสามารถแยกกลุ่มเมล็ดกาแฟออกเป็น 2 กลุ่มได้เมื่อทำการตัดช่วงความยาวคลื่นเป็น 800-1000 นาโนเมตร และเมื่อนำสเปกตรัมไปวิเคราะห์หาความสัมพันธ์กับค่าทางเคมีพบว่า เครื่อง NIR line scan ยังมีความน่าเชื่อถือน้อยกว่าเครื่อง multispectrometer

บทที่ 3

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

ชุดโครงการวิจัยได้เผยแพร่ผลงานวิจัยในรูปแบบต่างๆในช่วงที่ผ่านมาดังต่อไปนี้

ระดับนานาชาติ

- Ektasaeng, R., Tantinijakun, S., Khuwijitjaru, P. and Mahayothee, B. 2016. Rapid Determination of Moisture Content, Mold and Aflatoxin B1 in Corn using Near Infrared Spectroscopy. The 5th Asian NIR Symposium, Kagoshima, Japan Nov. 30 – 3 Dec, 2016. (Poster Presentation)

วารสารระดับชาติและการประชุมระดับชาติ

- สุพรรณ สุธีเวช ธิติวัฒน์ พิงส์เกล้า และ ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ. 2559. การคัดแยกเมล็ดกาแฟด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้. การประชุมวิชาการและเสนอผลงานวิจัยและสร้างสรรค์ระดับชาติและนานาชาติ "ศิลปากรวิจัยและสร้างสรรค์ ครั้งที่ 9 : บูรณาการศาสตร์และศิลป์" 11 - 21 กุมภาพันธ์ 2559 มหาวิทยาลัยศิลปากร วิทยาเขตพระราชวังสนามจันทร์ นครปฐม
- เผยแพร่ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติอย่างน้อย 1 เรื่อง : อยู่ระหว่างดำเนินการ เรื่อง การออกแบบและจัดทำเครื่องคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบด้วยการวัดคุณภาพเมล็ดด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

บทที่ 4

บทสรุปผู้บริหาร

ความปลอดภัยด้านอาหาร (Food Safety) เป็นปัญหาสำคัญของทุกประเทศไม่ว่าจะเป็นประเทศพัฒนาแล้วหรือกำลังพัฒนาดังจะเห็นได้จากข่าวสารเกี่ยวกับปัญหาด้านความปลอดภัยของอาหารอยู่เสมอ นอกเหนือจากนี้ประเด็นความปลอดภัยของอาหารยังเป็นข้อกำหนดที่สำคัญในการนำเข้าสินค้าอาหารและการเกษตรเข้าสู่ประเทศของประเทศต่างๆบนโลก ซึ่งกรณีของการตรวจพบอันตรายชนิดต่างๆ เช่น สารฆ่าแมลงตกค้าง หรือจุลินทรีย์ที่ก่อโรคในผักสด การพบเศษแมลง หรือสิ่งปลอมปน หรือการตรวจสอบสารพิษ เช่น aflatoxin ในผลิตต่างๆ ปริมาณการปนเปื้อนของสารพิษอะฟลาทอกซินถูกใช้เป็นเครื่องตอรองราคาผลผลิตทางการเกษตรที่มีความเสี่ยงต่อการปนเปื้อนทั้งในระดับการค้าภายในประเทศและระหว่างประเทศ การกำหนดค่าการปนเปื้อนสารพิษอะฟลาทอกซินของประเทศไทย ตามประกาศกระทรวงสาธารณสุขฉบับที่ 98 พ.ศ. 2529 กำหนดให้มีอะฟลาทอกซินได้ไม่เกิน 20 ไมโครกรัมต่ออาหาร 1 กิโลกรัม สำหรับข้อกำหนดของสหภาพยุโรปอนุญาตให้ปริมาณสูงสุดของสารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B1 มีได้ไม่เกิน 2 ไมโครกรัมต่อ 1 กิโลกรัมอาหาร และ สารพิษอะฟลาทอกซินชนิด B2 มีได้ไม่เกิน 4 ไมโครกรัมต่อ 1 กิโลกรัมอาหาร ในอาหารจำพวกถั่ว ผลไม้แห้ง และ ธัญพืช (Stroka และ Anklam, 2002) หรือการตรวจสอบปริมาณความชื้นในผลิตภัณฑ์ที่เป็นดัชนีที่สำคัญของการซื้อขาย เช่น เมล็ดกาแฟที่แห้งไม่พอหรือมีความชื้นสูงกว่า 12% มีแนวโน้มที่จะเสื่อมเสียอย่างรวดเร็วจากเชื้อราและแบคทีเรีย (Daniels, 2009) นำมาซึ่งการปฏิเสธการนำเข้าสินค้านั้นๆ ก็ยังเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ เนื่องจากข้อจำกัดของการตรวจสอบของผู้ผลิตในปัจจุบันยังเป็นการตรวจสอบแบบสุ่มตัวอย่าง และการตรวจสอบบางกรณีใช้เวลานานและจำเป็นต้องส่งสินค้านั้นไปจำหน่ายก่อน

ปัญหาเหล่านี้ก็นำมาสู่แนวคิดในการตรวจสอบสินค้าแบบ 100% โดยไม่ทำลายตัวอย่าง (non-destructive analysis) ซึ่งเทคนิคในการตรวจสอบด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ (Near infrared spectroscopy, NIRS) นับเป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่มีการศึกษาและประยุกต์ใช้ในระดับอุตสาหกรรมอย่างแพร่หลายและประสบความสำเร็จเนื่องจากความง่ายของอุปกรณ์ และประสิทธิภาพในการทำนายค่าคุณภาพต่างๆเป็นที่ยอมรับ ดังนั้นแผนงานวิจัยนี้จึงได้นำเสนอผลการศึกษาวิจัยในเรื่องของการตรวจสอบอันตรายในอาหาร (Food hazards) โดยในโครงการย่อยที่ 1 การตรวจสอบการปนเปื้อนของราและสารพิษอะฟลาทอกซินแบบไม่ทำลายตัวอย่างในพริกไทย ข้าวโพดเลี้ยงสัตว์และถั่วลิสงด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ผลงานวิจัยพบว่าเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้สามารถใช้ตรวจสอบปริมาณความชื้นที่เป็นดัชนีในการใช้ซื้อขายธัญพืชทั้ง 3 ชนิด โดยสร้างสมการที่ครอบคลุมช่วงความชื้นที่พบใช้งานจริงในระดับอุตสาหกรรม และได้ศึกษาการใช้เทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ตรวจสอบปริมาณอะฟลาทอกซินปี 1 ในช่วงความเข้มข้นต่ำโดยใช้เทคนิค DESIR ถึงแม้ว่าจะต้องมีการเตรียมตัวอย่างสำหรับการใช้เทคนิค DESIR และต้องทำลายตัวอย่างแต่พบว่าทำให้สามารถตรวจสอบการปนเปื้อนได้อย่างรวดเร็ว ลดขั้นตอน และลดค่าใช้จ่ายจากการใช้คอลัมน์สกัดสารพิษอะฟลาทอกซิน โครงการย่อยที่ 3 การตรวจสอบการปนเปื้อนของจุลินทรีย์ในใบโหระพาอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ การศึกษาพบว่าเทคนิคสเปกโทรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณยีสต์และราได้แต่ไม่สามารถใช้ตรวจสอบปริมาณเชื้อ E.coli และจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมดได้

และผลการศึกษาด้วยเทคนิค HSI พบว่าเทคนิค HSI ยังไม่สามารถใช้ในการตรวจสอบปริมาณจำนวนจุลินทรีย์ทั้งหมด *Escherichia coli* (E.coli) ยีสต์และรา ในใบโหระพาได้ แต่อย่างไรก็ตามจากผลการวิจัยทำให้เห็นแนวโน้มความเป็นไปได้ในการตรวจสอบอย่างรวดเร็วโดยในงานวิจัยทำให้เห็นแนวทางศึกษาพัฒนาเทคนิคที่จะเพิ่มความเข้มข้นของปริมาณเชื้อในตัวอย่างปกติเช่น DESIR โครงการย่อยที่ 2 การตรวจจับอันตรายทางกายภาพและตรวจวัดคุณภาพโดยใช้สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้เพื่อคัดแยกเมล็ดกาแฟดิบ การศึกษาพบว่าจากผลการศึกษาในโครงการนี้สามารถกล่าวได้ว่าเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้มีความเป็นไปได้สูงมากในการนำไปใช้ในการคัดแยกเมล็ดกาแฟที่มีลักษณะผิดปกติต่างๆ ที่พบย่อย ได้แก่เมล็ดดำ และเมล็ดที่สีเปลือกออกไม่หมด รวมถึงแยกเมล็ดที่มีความชื้นสูงกว่ามาตรฐานได้ โดยการคัดที่ละเมล็ดซึ่งสามารถทดแทนได้ทั้งการคัดด้วยสายตาและการวัดความชื้นด้วยเครื่องมือ และโครงการย่อยที่ 4 จากการทดลองหาค่าทางเคมีของเมล็ดกาแฟที่ได้จากแหล่งเพาะปลูกต่างๆ ในประเทศไทย พบว่า ทั้งสายพันธุ์อาราบิกา และสายพันธุ์โรบัสตามีแนวโน้มของค่าทางเคมีเป็นไปตามมาตรฐานสากล เพียงแต่ว่าค่าที่ได้จะไม่เท่ากับมาตรฐาน ค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากเครื่อง NIR line scan มีค่าต่ำกว่าค่าความสัมพันธ์ที่ได้จากเครื่อง minispectrometer

เอกสารอ้างอิง

- Daniels, N. 2009. Variations in Coffee Processing and Their Impact on Quality and Consistency. Thesis. Michigan Technological University, USA. 80 pp.
- Stroka, J. and Anklam, E. (2002). New strategies for the screening and determination of aflatoxins and the detection of aflatoxin-producing moulds in food and feed, trends in analytical chemistry, 21 (2): 90-95.

ประวัติผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการวิจัย นางสาวบุศราภรณ์ มหาโยธี (Busarakorn Mahayothee)

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194

e-mail: busarakornm@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขา เทคโนโลยีอาหาร สถาบันจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่จบ พ.ศ. 2532

- ปริญญาโท M.Sc. สาขา เทคโนโลยีอาหาร สถาบันจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีที่จบ พ.ศ. 2537

- ปริญญาเอก Dr.rer.nat. สาขา Natural Science (Food Technology) สถาบัน The University of Hohenheim, Germany

ปีที่จบ พ.ศ. 2548

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ

Marcus Nagle; Habasimbi K; Mahayothee B; Haewsungcharern M; Janjai S; Müller J (2011). Fruit processing residues as an alternative fuel for drying in Northern Thailand. Fuel, 90 (2), 813-823.

Precoppe M F; Nagle M; Janjai S; Mahayothee B; Müller J (2011). Analysis of dryer performance for the improvement of small-scale litchi processing. International Journal of Food Science & Technology, 46 (3), 561–569.

Marcus Nagle, Busarakorn Mahayothee, Parika Rungpichayapichet, Serm Janjai and Joachim Müller. 2010. Effect of irrigation on near-infrared (NIR) based prediction of mango maturity. Scientia Horticulturae, 125 (4) 771-774.

Janjai, S., Lamler, N., Tohsing, K., Mahayothee, B., Bala, B. K., Mueller, J. 2010. Measurement and modeling of moisture sorption isotherm of litchi (Litchi Chinensis Sonn.). International Journal of Food Properties, 13(2) 251-260.

- Marcus Nagle, Juan Carlos Gonzalez Azcarraga, Busarakorn Mahayothee, Methinee Haewsungcharern, Serm Janjai, Joachim Muller. 2010. Improved quality and energy performance of a fixed-bed longan dryer by thermodynamic modifications, *Journal of Food Engineering*, 99(3) 392-399.
- S. Janjai, B. Mahayothee, N. Lamlert, B.K. Bala, M. Precoppe, M. Nagle, J. Muller, 2010. Diffusivity, shrinkage and simulated drying of litchi fruit (*Litchi Chinensis* Sonn.), *Journal of Food Engineering*, 96(2) , 214-221.
- Janjai S; Precoppe M F; Lamlert N; Mahayothee B; Bala B K; Nagle M; Müller J (2010). Thin-layer drying of litchi (*Litchi chinensis* Sonn.). *Food and Bioproducts Processing*, online available.
- Busarakorn Mahayothee, Patchimaporn Udomkun, Marcus Nagle, Methinee Haewsungcharoen, Serm Janjai, Joachim Mueller. 2009. Effects of pretreatments on colour alterations of litchi during drying and storage. *European Food Research and Technology*, 229 (2) 329-337.
- S. Janjai, P. Intawee, K. Tohsing, B. Mahayothee, B.K. Bala, M.A. Ashraf, J. Muller. (2009) Neural network modeling of sorption isotherms of longan (*Dimocarpus longan* Lour.), *Computers and Electronics in Agriculture*, 66, (2), May 2009, 209-214.
- Franz Roman, Marcus Nagle, Hermann Leis, Serm Janjai, Busarakorn Mahayothee, Methinee Haewsungcharoen, Joachim Muller. Potential of roof-integrated solar collectors for preheating air at drying facilities in Northern Thailand. 2009. *Renewable Energy* 34(7): 1661-1667.
- S. Janjai, N. Lamlert, P. Intawee, B. Mahayothee, B.K. Bala, M. Nagle, J. Muller. (2009) Experimental and simulated performance of a PV-ventilated solar greenhouse dryer for drying of peeled longan and banana. *Solar Energy*, 83 (9), 1550-1565.
- Janjai, S., Lamlert, N. Intawee, P., Mahayothee, B., Boonrod, Y., Haewsungcharern, M., Bala, B. K., Nagle, M., Mueller, J. 2009. Solar Drying of Peeled Longan Using a Side Loading Type Solar Tunnel Dryer: Experimental and Simulated Performance. *Drying Technology* 27(4) 595-605.
- M. Nagle, J. C. González-Azcárraga, S. Phupaichitkun, B. Mahayothee, M. Haewsungcharern, S. Janjai, He. Leis & J. Müller (2008). Effects of operating practices on performance of a fixed-bed convection dryer and quality of dried longan. 43(11): 1979 - 1987.

- Janjai, S., Lamlert, N., Intawee, P., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Bala, B. K., Nagle, M., Leis, H. & Müller, J. 2008. Finite Element Simulation of Drying of Longan Fruit. *Drying Technology*, 26 (6), 666-674.
- S. Janjai, N. Lamlert, P. Intawee, B. Mahayothee, M. Haewsungcharern, B.K. Bala, J. Müller. 2008. Finite element simulation of drying of mango. *Biosystems Engineering*, 99(4): 523-531.
- Sarawut Phupaichitkun, Busarakorn Mahayothee, Thomas Waldenmaier, Joachim Müller. Generalized single-layer model for drying kinetics of unpeeled-longan. *Int J Agric & Biol Eng*. 2008; 1(2): 64-71.
- Busarakorn Mahayothee, Sybille Neidhart, Reinhold Carle and Werner Mühlbauer. 2007. Effects of variety, ripening condition and ripening stage on the quality of sulphite-free dried mango slices. *European Food Research and Technology*, 225(5-6): 723-732.
- S. Janjai, B.K. Bala, N. Lamlert, B. Mahayothee, M. Haewsungcharern, W. Muehlbauer, J. Muller. 2007. Moisture Diffusivity Determination of Different Parts of Longan Fruit. *International Journal of Food Properties*, 10(3): 471-478.
- Busarakorn Mahayothee, S. Neidhart, W. Mühlbauer, R. Carle. 2007. Effects of Calcium Carbide and 2-Chloroethylphosphonic Acid on Fruit Quality of Thai Mangoes under Various Postharvest Ripening Regimes. *European Journal of Horticultural Science*, 72(4):171-178.
- Janjai S, Bala BK, Tohsing K, Mahayothee B, Haewsungcharern M, Müller J. 2007. Moisture sorption isotherms and heat of sorption of mango (*Magnifera Indica* L. cv. Nam Dok Mai). *International Agricultural Engineering Journal*;16(3-4):159-168.
- Janjai, S., Bala, B.K., Tohsing, K., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Muehlbauer, W., Mueller, J. 2006. Equilibrium moisture content and heat of sorption of longan (*Dimocarpus longan* Lour.). *Drying technology* 24 (12),1691-1696.
- Mahayothee, B., Neidhart, S., Leitenberger, M., Mühlbauer, W., Carle, R. Non-destructive determination of maturity of Thai mangoes by near-infrared spectroscopy. *Acta Horticulturae (ISHS)* 2004; 645: 581-588.
- Mahayothee, B., Neidhart, S., Mühlbauer, W., Carle, R. Influence of postharvest ripening processes on appropriate maturity for drying mangoes 'Nam Dokmai' and 'Kaew'. *Acta Horticulturae (ISHS)* 2004; 645: 241-248.

ประวัติผู้วิจัย

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ นายปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ (Pramote Khuwijitjaru)

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194 e-mail: kpramote@su.ac.th

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาเทคโนโลยีอาหาร มหาวิทยาลัยศิลปากร
ปีที่จบ 2539
- ปริญญาโท Master of Agricultural Science, Kyoto University ประเทศญี่ปุ่น
ปีที่จบ 2544
- ปริญญาเอก Doctor of Agricultural Science, Kyoto University ประเทศญี่ปุ่น
ปีที่จบ 2547

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ

Klinchongkon, K., Khuwijitjaru, P., Adachi, S. Degradation kinetics of passion fruit pectin in subcritical water. Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry
doi: 10.1080/09168451.2016.1277941

Klinchongkon, K.; Chanthong, N.; Ruchain, K.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Effect of ethanol addition on subcritical water extraction of pectic polysaccharides from passion fruit peel. Journal of Food Processing and Preservation doi: 10.1111/jfpp.13138.

Khuwijitjaru, P.; Koomyart, I.; Kobayashi, T.; Adachi, S., Hydrolysis of konjac flour under subcritical water conditions. Chiang Mai Journal of Science (in press).

Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Adachi, S., Degradation kinetics of trisaccharides comprising glucose residues in subcritical water. Journal of Carbohydrate Chemistry 2016, 35(5):286-299.

Kobayashi, T., Khuwijitjaru, P., Adachi, S. Decomposition kinetics of glucose and fructose in subcritical water containing sodium chloride. Journal of Applied Glycoscience 2016, 63 (4): 99-104.

- Wiboonsirikul, J.; Watanabe, Y.; Omori, A.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Antioxidative properties of stearyl ascorbate in a food matrix system. *Journal of Oleo Science* 2016, 65, 487-492.
- Watanabe, Y.; Khuwijitjaru, P.; Hamai, Y.; Wiboonsirikul, J.; Adachi, S., Antioxidative property of acyl ascorbate in cookies containing iron. *Japan Journal of Food Engineering* 2016, 17, 77 - 81.
- Tamiya, S.; Koomyart, I.; Kobayashi, T.; Shiga, H.; Yoshii, H.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Preparation of liquid and solid seasonings with shrimp-like flavor from Isada krill under subcritical water conditions by steam injection. *Food Science and Technology Research* 2016, 22, 317-323.
- Soisangwan, N.; Gao, D.-M.; Kobayashi, T.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Kinetic analysis for the isomerization of cellobiose to cellobiulose in subcritical aqueous ethanol. *Carbohydrate Research* 2016, 433, 67-72.
- Soisangwan, N.; Gao, D.-M.; Kobayashi, T.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Production of lactulose from lactose in subcritical aqueous ethanol. *Journal of Food Process Engineering* 2016, DOI: 10.1111/jfpe.12413.
- Rungpichayapichet, P.; Mahayothee, B.; Nagle, M.; Khuwijitjaru, P.; Müller, J., Robust NIRS models for non-destructive prediction of fruit ripeness and quality in mango. *Postharvest Biology and Technology* 2016, 111, 31-40.
- Mahayothee, B.; Koomyart, I.; Khuwijitjaru, P.; Siriwongwilaichat, P.; Nagle, M.; Müller, J., Phenolic compounds, antioxidant activity, and medium chain fatty acids profiles of coconut water and meat at different maturity stages. *International Journal of Food Properties* 2016, 19, 2041-2051.
- Koomyart, I.; Nagamizu, H.; Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Shiga, H.; Yoshii, H.; Adachi, S., Using severity factor as a parameter to optimize krill treatment under subcritical water conditions. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 2016, 80(11): 2192-2197.
- Koomyart, I.; Nagamizu, H.; Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Shiga, H.; Yoshii, H.; Adachi, S., Direct treatment of Isada krill under subcritical water conditions to produce seasoning with shrimp-like flavor. *Food Technology and Biotechnology* 2016, 54 (3) 335–341.

- Khuwijitjaru, P., Utilization of plant-based agricultural waste by subcritical water treatment *Japan Journal of Food Engineering* 2016, 17, 33-39.
- Wiboonsirikul, J.; Nakata, Y.; Kobayashi, T.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Degradation of disaccharides containing two glucose units in subcritical water. *Asia-Pacific Journal of Chemical Engineering* 2015, 10, 681-686.
- Rungpichayapichet, P.; Mahayothee, B.; Khuwijitjaru, P.; Nagle, M.; Müller, J., Non-destructive determination of β - carotene content in mango by NIR spectroscopy compared with colorimetric measurements. *Journal of Food Composition and Analysis* 2015, 38, 32-41.
- Koomyart, I.; Nagamizu, H.; Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Shiga, H.; Yoshii, H.; Adachi, S., Compositions, flavour and antiradical properties of products from subcritical water treatment of raw Isada krill. *International Journal of Food Science and Technology* 2015, 50, 1632-1639.
- Klinchongkon, K.; Khuwijitjaru, P.; Wiboonsirikul, J.; Adachi, S., Extraction of oligosaccharides from passion fruit peel by subcritical water treatment. *Journal of Food Process Engineering* 2017, 40(1): e12269.
- Koomyart, I.; Nagamizu, H.; Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Shiga, H.; Yoshii, H.; Adachi, S., Subcritical water treatment for producing seasoning from semidried Isada krill. *Journal of Food Process Engineering* 2014, 37, 567–574.
- Khuwijitjaru, P.; Suaylam, B.; Adachi, S., Degradation of caffeic acid in subcritical water and on-line HPLC-DPPH assay of degradation products. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 2014, 62, 1945-1949.
- Khuwijitjaru, P.; Pokpong, A.; Klinchongkon, K.; Adachi, S., Production of oligosaccharides from coconut meal by subcritical water treatment. *International Journal of Food Science and Technology* 2014, 49, 1946-1952.
- Khuwijitjaru, P.; Plernjit, J.; Suaylam, B.; Samuhaseneetoo, S.; Pongsawatmanit, R.; Adachi, S., Stability of some phenolic compounds in subcritical water and radical scavenging activity of their degradation products. *Can. J. Chem. Eng.* 2014, 92, 810-815.
- Wiboonsirikul, J.; Mori, M.; Khuwijitjaru, P.; Adachi, S., Properties of extract from okara by its subcritical water treatment. *International Journal of Food Properties* 2013, 16, 974-982.

- Wanpen, C.; Ngampanya, B.; Pruksasri, S.; Jaturapiree, P.; Khuwijitjaru, P., The effect of ultrasonic pretreatment on inulin extraction from Jerusalem artichoke tuber. *KMUTT Research and Development Journal* 2013, 36, 261-270.
- Murayama, Y.; Wiboonsirikul, J.; Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Adachi, S., Antioxidant characteristics of extracts from cereal residues by their subcritical water treatment. *Journal of Oleo Science* 2012, 61, 465-468.
- Khuwijitjaru, P.; Watsanit, K.; Adachi, S., Carbohydrate content and composition of product from subcritical water treatment of coconut meal. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry* 2012, 18, 225-229.
- Khuwijitjaru, P.; Sayputikasikorn, N.; Samuhasaneetoo, S.; Penroj, P.; Siriwongwilaichat, P.; Adachi, S., Subcritical water extraction of flavoring and phenolic compounds from cinnamon bark (*Cinnamomum zeylanicum*). *Journal of Oleo Science* 2012, 61, 349-355.
- Leelayuwapan, H.; Hiangratch, K.; Liangpaiboon, T.; Khuwijitjaru, P.; Boonyarattanakalin, S. In Identification of Products Obtained from Subcritical Water Hydrolysis of Coconut Meal, PACCON2011, Thailand, 2011; Thailand, 2011; pp 124-127.
- Khuwijitjaru, P.; Yuenyong, T.; Pongsawatmanit, R.; Adachi, S., Effects of ferric chloride on thermal degradation of γ -oryzanol and oxidation of rice bran oil. *European Journal of Lipid Science and Technology* 2011, 113, 652-657.
- Khuwijitjaru, P.; Anantanasuwong, P.; Adachi, S., Emulsifying and foaming properties of defatted soy meal extracts obtained by subcritical water treatment. *International Journal of Food Properties* 2011, 14, 9-16.
- Khuwijitjaru, P.; Suthasirisup, T., Properties of breader prepared from rice flour. *KKU Research Journal* 2010, 15, 965-972.
- Khuwijitjaru, P.; Yuenyong, T.; Pongsawatmanit, R.; Adachi, S., Degradation kinetics of gamma-oryzanol in antioxidant-stripped rice bran oil during thermal oxidation. *Journal of Oleo Science* 2009, 58, 491-497.
- Khuwijitjaru, P.; Wanpen, C.; Mala, T.; Ariyakriangkrai, M.; Adachi, S., Effect of subcritical water pretreatment on enzymatic digestibility of rice straw, corn stover and sugar cane bagasse. *KKU Research Journal* 2009, 14, 1084-1090 (in Thai).

- Khuwijitjaru, P.; Chalooddong, K.; Adachi, S., Phenolic content and radical scavenging capacity of kaffir lime fruit peel extract obtained by pressurized hot water extraction. *Food Science and Technology Research* 2008, 14, 1-4.
- Wiboonsirikul, J.; Khuwijitjaru, P.; Kimura, Y.; Morita, H.; Tsuno, T.; Adachi, S., Production optimization of the extract with high phenolic content and radical scavenging activity from defatted rice bran by subcritical water treatment. *Japan Journal of Food Engineering* 2007, 8, 311-315.
- Khuwijitjaru, P.; Nualchan, P.; Adachi, S., Foaming and emulsifying properties of rice bran extracts obtained by subcritical water treatment. *Silpakorn University Science and Technology Journal* 2007, 1, 7-12.
- Fujii, T.; Khuwijitjaru, P.; Kimura, Y.; Adachi, S., Decomposition kinetics of monoacyl glycerol and fatty acid in subcritical water under temperature-programmed heating conditions. *Food Chemistry* 2006, 94, 341-347.
- Khuwijitjaru, P.; Taengtieng, N.; Changprasit, S., Degradation of gamma-oryzanol in rice bran oil during heating: An analysis using derivative UV-spectrophotometry. *Silpakorn University International Journal* 2004, 4, 154-165.
- Khuwijitjaru, P.; Kimura, Y.; Matsuno, R.; Adachi, S., Solubility of oleic and linoleic acids in subcritical water. *Food Science and Technology Research* 2004, 10, 261-263.
- Khuwijitjaru, P.; Kimura, Y.; Matsuno, R.; Adachi, S., Preparation of finely dispersed O/W emulsion from fatty acid solubilized in subcritical water. *Journal of Colloid and Interface Science* 2004, 278, 192-197.
- Khuwijitjaru, P.; Fujii, T.; Adachi, S.; Kimura, Y.; Matsuno, R., Kinetics on the hydrolysis of fatty acid esters in subcritical water. *Chemical Engineering Journal* 2004, 99, 1-4.
- Khuwijitjaru, P. Solubility of fatty acids and hydrolysis of their esters in subcritical water. Dissertation, Kyoto University, Kyoto, 2004.
- Khuwijitjaru, P.; Adachi, S.; Matsuno, R., Solubility of saturated fatty acids in water at elevated temperatures. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 2002, 66, 1723-1726.

ผู้ร่วมโครงการวิจัย

ชื่อ นายศราวุธ ภูไพบิจิตรกุล (Sarawut Phupaichitkun)

ตำแหน่งทางวิชาการ อาจารย์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาวิทยาการและวิศวกรรมวัสดุ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม โทรศัพท์ 034-219363 โทรสาร 034-
219363 โทรศัพท์มือถือ

081-7349755 E-mail address: psarawut@su.ac.th

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (เคมีเทคนิค) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ปีที่จบ 2536
- ปริญญาโท วิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต (วิศวกรรมเคมี) จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีที่จบ 2542
- ปริญญาเอก Doctor of Agricultural Science, Hohenheim Universitat, Germany
ปีที่จบ 2551

ผลงานวิจัยในระดับปริญญาเอก

งานประชุมวิชาการ

González Azcárraga, J.C., M. Nagle, S. Phupaichitkun, B. Mahayothee, M. Haewsungcharern, S. Janjai, H. Leis und J. Müller, 2007, Effect of shifting practices on performance of a fixed-bed convection dryer for longan, Proceedings Tropentag 2007, 9 October 2007, University of Kassel , Germany

Mahayothee, B., R. Wongtom, E. Keowmaneechai, S. Phupaichitkun, M. Haewsungcharern, S. Janjai and J. Mueller. 2006. Influence of drying on browning and sensory characteristics of dried whole longan. In the 15th International Drying Symposium (IDS 2006) during August, 20-23 in Budapest, Hungary (Poster)

Sarawut Phupaichitkun, Busarakorn Mahayothee, Methinee Haewsungcharern, Serm Janjai, Joachim Müller. 2006. Drying Behaviour of Thai Unpeeled Longan: Modelling of Water Diffusion with Shrinkage. In the 15th International Drying Symposium (IDS 2006) during August, 20-23 in Budapest, Hungary (Poster)

Phupaichitkun, S., Mahayothee, B., Haewsungcharern, M., Janjai, S., Mueller, J. 2005. Single-layer drying behavior of longan (*Dimocarpus longan* Lour.). In: Deutscher tropentag, Stuttgart, Germany. (Poster Presentation)

เล่มวิทยานิพนธ์

Sarawut P. 2008. Mathematical Modelling of Drying Kinetics of Thai Longan (*Dimocarpus longan* Lour.). Shaker Publishing. (PhD Thesis)

ผลงานวิจัยที่ได้รับการตีพิมพ์ในวารสารวิชาการ (ภายหลังจบปริญญาเอก)

Wuttichai Prukwarun, Wasan Khumchoo, Waraporn Seancotr, Sarawut Phupaichitkun, 2013. CFD simulation of fixed bed dryer by using porous media concept: Unpeeled longan case. *Int J Agric & Biol Eng.*; 6(1): 100 - 110.

Nagle M, Gonzalez Azcrraga J C, Phupaichitkun S, Mahayothee B, Haewsungcharern M, Janjai S, Leis H Moller J. 2008. Effects of operating practices on performance of a fixed-bed convection dryer and quality of dried longan. *International Journal of Food Science & Technology* 43:1979-1987.

Sarawut Phupaichitkun, Busarakorn Mahayothee, Thomas Waldenmaier, Joachim Müller. 2008, Generalized single-layer model for drying kinetics of unpeeled-longan. *Int J Agric & Biol Eng.*; 1(2): 64 - 71.

Ohno Y, Sarawut P, Horino H, Kobal I, Hiratsuka A & Matsushima T. 2003. Product desorption dynamics in explosive NO + CO reaction on Pt(1 0 0). *Chemical Physics Letters* 373(1-2):161-166.

ผลงานวิจัยที่ได้รับการเผยแพร่ในที่ประชุมวิชาการ

Niramol Towangjohn, Sarawut Phupaichitkun 2011. The influence of plasticity model on tensile result simulation of polypropylene, 2nd Polymer Conference of Thailand (PCT-2), October 21, 2011, Bangkok, Thailand (Poster)

Niramol Towangjohn, Sarawut Phupaichitkun 2012. Fracture surface simulation of composites using ANSYS program, Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2012), January 11-13, 2012, Chaing Mai, Thailand (Poster)

Chanon Sangmanee, Sarawut Phupaichitkun 2012. Effect of viscosity model on flow pattern of polymer melt on ANSYS software, Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2012), January 11-13, 2012, Chaing Mai, Thailand (Poster)

Wuttichai Prukwarun, Sarawut Phupaichitkun 2013. Effect of cell structure and porosity on viscous loss and inertial loss coefficient in CFD simulation, Pure and Applied Chemistry International Conference (PACCON 2013), January 22-25, 2013, Chonburi, Thailand (Poster)

หัวหน้าโครงการวิจัย

ชื่อ นายชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ (Chaiyong Taechapairoj)

ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์

สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยี
อุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร โทรศัพท์ 034-219360 e-mail:
chaiyong_t@yahoo.com

ประวัติการศึกษา

- ปริญญาตรี วท.บ. (เทคโนโลยีอาหาร) มหาวิทยาลัยเชียงใหม่ ปีที่จบ 2530
- ปริญญาโท วศ.ม. (วิศวกรรมเคมี) KMITT, Thailand ปีที่จบ 2535
- ปริญญาเอก ปร.ด.(เทคโนโลยีอุณหภาพ) KMUTT, Thailand ปีที่จบ 2546

ผลงาน

Peer-Reviewed Article

Rewthong, O., Soponronnarit, S., Taechapairoj, C., Tungtrakul, P., and Prachayawarakorn. S., 2011. Effects of cooking, drying and pretreatment methods on texture and starch digestibility of instant rice, J. Food Engineering, 103(3), 258-264.

Soponronnarit, S., Chiawwet, M., Prachayawarakorn, S., Tungtrakul, P., and Taechapairoj, C., 2008. Comparative study of physicochemical properties of accelerated and naturally aged rice, J. Food Engineering 85(2), 268-276.

Taechapairoj, C., Prachayawarakorn, S., and Soponronnarit, S., 2006. Modelling of parboiled rice in superheated-steam fluidized bed, J. Food Engineering 76(3), 411-419..

Soponronnarit, S., Nathakaranakule, A., Jirajindalert, A., and Taechapairoj, C., 2006. Parboiling brown rice using super heated steam fluidization technique, J. Food Engineering 75(3), 423-432.

Taechapairoj, C., Prachayawarakorn, S., and Soponronnarit, S., 2004. Characteristic of Rice Dried in Superheated-Steam fluidised bed, Drying Tech., 22(4), 719-743.

Taechapairoj, C., Dhuchakallaya, I., Soponronnarit, S., Wetchacama, S., and Prachayawarakorn, S., 2003. Superheated steam fluidised bed paddy drying, J. Food Engineering 58, 67-73.

ผลงานวิจัยในรูปแบบบทความ/Proceeding ในการประชุมวิชาการ

1. Taechapairoj, C., Noppamas, N. and Kaewyot, K., (2014) Effects of drying on germinated mung bean by fluidization technique”, The 26 th Annual Meeting of the Thai Society for Biotechnology and International Conference. November, 26-29, Mae Fah Luang University, Chiang Rai, Thailand.
2. Changboonmee,P., Khuwijitjaru,P., and Taechapairoj, C., 2012, “EFFECTS OF GERMINATION AND ROASTING ON THE ISOFLAVONES CONTENT AND UREASE ACTIVITY OF SOYBEAN”, The 38th Congress on Science and Technology of Thailand, October 17-19, Empress Convention Centre, Chiang Mai, Thailand.
3. กฤตนิย แก้วยศ และ ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์, 2555, อิทธิพลของการอบแห้งของข้าวเปลือกเริ่มงอกต่อสารต้านอนุมูลอิสระโดยเทคนิคฟลูอิดไดเซชัน”,การประชุมวิชาการเครือข่ายพลังงานแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 8, 2-4 พฤษภาคม,มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, จ.มหาสารคาม
4. ศิริวัฒน์ สีนประเสริฐ, ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์, สมเกียรติ ปรัชญาวารากร และสมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2549, "การศึกษาจลนพลศาสตร์การอบแห้งเนื้อข้าวด้วยไอน้ำร้อนยวดยิ่งและอากาศร้อน", การประชุมวิชาการครั้งที่ 7 ประจำปี 2549 สมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, 23-24 มกราคม, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม, จ.มหาสารคาม, หน้า 473-48.
5. ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์, สมเกียรติ ปรัชญาวารากร, พชร ตั้งตระกูล, พยงค์ศักดิ์ ท่าไม้สุข และสมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2548, "ผลของการอบแห้งต่อสมบัติของข้าวกล้องสำเร็จรูป", การประชุมวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 6 "วิศวกรรมเกษตรนำไทยสู่ศรัวโลก", 30-31 มีนาคม, โรงแรมมิราเคิลแกรนด์, กรุงเทพฯ, หน้า 491-498.
6. ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์, ศิริวัฒน์ สีนประเสริฐ, สมเกียรติ ปรัชญาวารากร และสมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2548, "อิทธิพลของชนิดตัวกลางในการอบแห้งที่มีต่อจลนพลศาสตร์ของการลดความชื้นและคุณภาพของเนื้อข้าว", วารสารราชบัณฑิตยสถาน, ปีที่ 30, ฉบับที่ 4, ตุลาคม-ธันวาคม, หน้า 970
7. เฉลิมพร เอี่ยมมิ, พชร ตั้งตระกูล, ชัยยงค์ เตชะไพโรจน์ และสมชาติ โสภณธนฤทธิ์, 2547, "การรวมกระบวนการผลิตของการนึ่งและการอบแห้งข้าวนึ่งสำหรับข้าวหอม", วารสารสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย, ปีที่ 11, ฉบับที่ 1, มกราคม-ธันวาคม, หน้า 24-33

บทความวิชาการ

1. Prachayawarakorn, S., Taechapairoj, C., Nathakarakakule, A., Devahastin, S., and Soponronnarit, S., Drying of Rice, Handbook of Industrial Drying, 4th ed. Mujumdar, A.S., Ed., CRC Press, New York, USA.