



รายงานแผนงานวิจัย
เรื่อง

การพัฒนาวิธีตรวจสอบอย่างรวดเร็วเพื่อวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์อาหาร
เพื่อสุขภาพด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

Development of rapid methods for determination of bioactive compounds in
functional foods using near-infrared spectroscopy

ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ
ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

ได้รับทุนอุดหนุนการวิจัยจาก
สถาบันวิจัยและพัฒนา มหาวิทยาลัยศิลปากร ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557-2558

ปีที่ดำเนินการเสร็จ พ.ศ. 2559

สารบัญ

สารบัญ	ก
บทคัดย่อ.....	ข
Abstract	ค
กิตติกรรมประกาศ	ง
1. บทนำ	1
1.1 ความสำคัญและที่มาของชุดโครงการวิจัย	1
1.2 วัตถุประสงค์	3
1.3 รายชื่อผู้รับผิดชอบแผนงานวิจัย.....	4
2. ผลการดำเนินงาน	7
2.1 ผลการดำเนินงานของแผนงานวิจัย	7
2.2 ผลการดำเนินงานของโครงการย่อย	7
การเผยแพร่ผลงานวิจัย	12
เอกสารอ้างอิง	13
ประวัติผู้วิจัย	14

บทคัดย่อ

ชื่อโครงการ การพัฒนาวิธีตรวจสอบอย่างรวดเร็วเพื่อวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในผลิตภัณฑ์ อาหาร เพื่อสุขภาพด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย ปราโมทย์ คุวิจิตรจากรุ

หน่วยงานที่สังกัด ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัย ศิลปากร

แหล่งทุนอุดหนุนการวิจัย งบประมาณแผ่นดินประจำปี 2557 และ 2558 สถาบันวิจัยและพัฒนา

มหาวิทยาลัยศิลปากร

ปีที่เสร็จ พ.ศ. 2559

ประเภทการวิจัย การวิจัยประยุกต์

สาขาวิชา สาขาเกษตรศาสตร์และชีววิทยา กลุ่มอุตสาหกรรมเกษตร

แผนงานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์ปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพชนิดต่างๆ ที่พบในอาหาร ประกอบด้วยโครงการย่อยทั้งหมด 7 โครงการซึ่งแต่ละโครงการดำเนินการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่แตกต่างกัน จากผลการดำเนินงานของโครงการย่อยพบว่าความเป็นไปได้และประสิทธิภาพของสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพมีความแตกต่างกันไป โดยสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพที่สามารถวิเคราะห์ปริมาณได้ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ได้แก่ ปริมาณสารที่ออกฤทธิ์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมันเบอร์รี่สกัดเข้มข้น น้ำมันมะเขือเทศสกัดเข้มข้น และน้ำทับทิมสกัดเข้มข้น ปริมาณคอลลาเจนและแอลคาร์นิทีนในเครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ ปริมาณแซนโทนสีในเปลือกมังคุดผง ปริมาณแกมมาโอไรซานอลในน้ำมันรำข้าว ปริมาณของแอนโธไซยานินส์ ปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในข้าวกล้องงอก ปริมาณคาเทชินและอีพิกาทะชินในช็อคโกแลต และ sphingomyelin ในโยเกิร์ต ในขณะที่การวิเคราะห์ปริมาณวิตามินอีในน้ำมันรำข้าวและปริมาณฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ในไซรัปกล้วยตากมีประสิทธิภาพไม่ดีนัก

คำสำคัญ: สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพ อาหารเพื่อสุขภาพ การวิเคราะห์

Abstract

Research Title Development of rapid methods for determination of bioactive compounds in functional foods using near-infrared spectroscopy

Researcher Pramote Khuwijitjaru

Office Department of Food Technology, Faculty of Engineering and Industrial technology, Silpakorn University

Research Grant Fiscal Year 2014 and 2015 Research and Development Institute, Silpakorn University

Year of completion 2016

Type of research Applied research

Subjects Agriculture and Biology, Sub-group: Agro-industry

This research project was aimed to investigate the feasibility of near infrared spectroscopy (NIRS) for determination of bioactive compounds in various food products. The project consisted of seven sub-projects in which different products and bioactive compounds were studied. The results showed that feasibilities and performances of NIRS for the targeted bioactive compounds were different. Good analysis performances were obtained for anti-radical scavenging activity in concentrated mulberry, concentrated tomato, and concentrated pomegranate juices, collagen and L-carnitine contents in functional drink, xanthone content in mangosteen rind powder, gamma-oryzanol content in rice bran oil, anthocyanins, phenolic compounds contents and anti-radical scavenging activity in germinated brown rice, catechin and epicatechin contents in chocolate and sphingomyelin content in yogurt while low performances were obtained for vitamin E content in rice bran oil and fructo-oligosaccharide content in dried banana syrup.

Keywords: NIRS; Bioactive compound; Functional food; Analysis

กิตติกรรมประกาศ

แผนการวิจัยนี้ได้รับงบประมาณสนับสนุนการวิจัยจากงบประมาณแผ่นดินปี พ.ศ. 2557 และ 2558
ผู้อำนวยการแผนวิจัยขอขอบคุณหัวหน้าโครงการ ผู้ร่วมวิจัย และผู้ช่วยวิจัยในโครงการย่อยทุกท่านที่
ดำเนินการวิจัยตามแผนงานที่ได้กำหนดไว้

1. บทนำ

1.1 ความสำคัญและที่มาของชุดโครงการวิจัย

ปัจจุบันอาหารเพื่อสุขภาพ (Functional Food) เป็นผลิตภัณฑ์ที่ผู้บริโภคทั่วโลกให้ความสนใจอย่างมาก เนื่องจากความสนใจต่อสุขภาพและแนวคิดในการป้องกันโรคด้วยการบริโภคอาหารแทนยา ส่งผลให้อุตสาหกรรมอาหารเพื่อสุขภาพเติบโตอย่างรวดเร็ว ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพเป็นอาหารที่คงไว้ซึ่งส่วนประกอบเดิมตามธรรมชาติหรืออาหารที่มีการแต่งเติมสารอาหารให้มากขึ้นเพื่อให้มีผลต่อการส่งเสริมสุขภาพเมื่อบริโภคเป็นส่วนหนึ่งของอาหารในแต่ละวันและในปริมาณที่พอเหมาะ สำหรับประเทศไทยซึ่งเป็นพื้นที่ที่มีความหลากหลายของพืชพรรณสมุนไพรธรรมชาติ ทำให้มีการนำไปแปรรูปเป็นผลิตภัณฑ์ต่างๆ เข้าสู่ตลาดผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมากขึ้นในปัจจุบัน

ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพมีหลากหลายประเภท ในงานวิจัยนี้ได้ให้ความสนใจกับอาหารเพื่อสุขภาพบางชนิดที่ได้รับความนิยมหรือมีศักยภาพสามารถผลิตได้ในประเทศ ได้แก่ สารประกอบแซนโทนในมังคุด ซึ่งเป็นโครงสร้างแกนหลักของสาร Mangostin ซึ่งพบว่ามีคุณสมบัติในการยับยั้งเชื้อแบคทีเรีย, ลดการอักเสบ และต่อต้านมะเร็ง ส่วนสารประกอบฟีนอลิกอื่นๆ ในพืชนั้นโดยส่วนใหญ่พบว่ามีความสามารถในการเป็นสารต้านอนุมูลอิสระเช่นกัน แอนโทไซยานิน เป็นสารให้สีธรรมชาติในกลุ่มสารประกอบฟลาโวนอยด์ที่มีขนาดใหญ่ ช่วยต้านอนุมูลอิสระ สามารถลดอาการอักเสบ และที่สำคัญคือผลิตภัณฑ์จากข้าวที่สำคัญคือน้ำมันรำข้าว ซึ่งอุดมไปด้วยสารแกมมาโอริซานอลและวิตามินอีซึ่งมีประโยชน์ทั้งในแง่เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ และมีความสามารถในการต่อต้านเซลล์มะเร็งที่กำลังเป็นที่สนใจของนักวิจัยทั่วโลก นอกจากนี้ ผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพหลายชนิดถูกนำไปเติมในผลิตภัณฑ์ใหม่ที่สะดวกแก่การบริโภคโดยเฉพาะในรูปแบบเครื่องดื่ม เช่น L-carnitine และคอลลาเจนได้รับความนิยมจากกลุ่มผู้บริโภคที่ใส่ใจเรื่องของรูปร่างและความงามเป็นอย่างมาก Fructo-oligosaccharides ซึ่งเป็นใยอาหารไม่สามารถถูกย่อยโดยเอนไซม์ในระบบทางเดินอาหารของมนุษย์ แต่จะถูกย่อยที่ลำไส้ใหญ่โดยเชื้อแบคทีเรียในลำไส้ใหญ่ จึงมีคุณสมบัติเป็นพรีไบโอติกส์ (Prebiotic)

จากทั้งหมดที่กล่าวมานี้จะพบว่าอาหารที่จัดว่าเป็นผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพได้ จะต้องมีการสกัดฤทธิ์ทางชีวภาพ (Bioactive compounds) ซึ่งมีคุณสมบัติทางเภสัชวิทยาและชีววิทยาที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ เช่น ช่วยป้องกันโรคต่างๆ ช่วยส่งเสริมระบบภูมิคุ้มกันของร่างกาย เป็นต้น วิธีการวิเคราะห์หาปริมาณสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในอาหารนั้นๆ จึงเป็นสิ่งที่สำคัญมาก โดยจะต้องมีความถูกต้องและประสิทธิภาพสูง เพื่อให้สามารถควบคุมคุณภาพของผลิตภัณฑ์สุดท้ายได้ ซึ่งโดยทั่วไปนั้นเทคนิคที่ใช้ในการวิเคราะห์สารสำคัญเหล่านี้มักเป็นเทคนิคทางโครมาโตกราฟี โดยเฉพาะ Gas chromatography (GC) และ High performance liquid chromatography (HPLC) ซึ่งเทคนิคเหล่านี้แม้จะมีประสิทธิภาพสูงในการวิเคราะห์แต่ก็มีข้อด้อยในด้านระยะเวลาที่ใช้ในการเตรียมตัวอย่างและทดสอบ การใช้สารเคมีปริมาณมาก รวมถึงต้องใช้ทักษะในการวิเคราะห์ และเครื่องมือเฉพาะซึ่งมีราคาแพงจึงทำให้การวิเคราะห์ทำได้เฉพาะในห้องปฏิบัติการที่มีความทันสมัยเท่านั้น

จึงมีความพยายามในการหาการตรวจสอบอย่างง่ายและรวดเร็วเพื่อแทนที่เทคนิคโครมาโตกราฟีเหล่านี้ อยู่เสมอ โดยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ หรือ NIRS (near infrared spectroscopy) เป็นอีกเทคนิคหนึ่งที่ถูกนำมาประยุกต์ใช้ตรวจวัดปริมาณองค์ประกอบต่างๆ ได้อย่างหลากหลาย โดยเทคนิคนี้เป็นการนำข้อมูลการดูดกลืนหรือสะท้อนกลับของแสงช่วงอินฟราเรดย่านใกล้ นั่นคือประมาณ 700-2,500 นาโนเมตรของโมเลกุลต่างๆ ร่วมกับการใช้เทคนิคทางสถิติในการวิเคราะห์ข้อมูลสเปกตรัมที่ได้

จากงานวิจัยที่ผ่านมาพบว่าเทคนิค NIRS นี้สามารถใช้ในการวิเคราะห์สารประกอบที่หลากหลายและให้ผลการทำนายค่าที่แม่นยำและมีประสิทธิภาพจึงเหมือนเป็นเครื่องมือการวิเคราะห์แบบ Universal เช่น ในกระบวนการผลิตน้ำมัน (Casale และ Simonetti, 2014) ผลิตภัณฑ์นม (Holroyd, 2013) สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในอาหาร (McGoverin และคณะ, 2010) ซึ่งหากมีการพัฒนาวิธีการวัดอย่างเหมาะสมจะทำให้สามารถใช้เครื่องมือเครื่องเดียวในการวิเคราะห์องค์ประกอบและคุณลักษณะอื่นๆของผลิตภัณฑ์ได้อย่างหลากหลายขั้นตอน หลากหลายผลิตภัณฑ์ รวมถึงสามารถนำไปพัฒนาเป็นระบบตรวจสอบในสายการผลิต (in-line process control) ได้ง่ายกว่าวิธีการวิเคราะห์แบบอื่น

ในประเทศไทย มีการนำเทคโนโลยี NIRS มาประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรมต่างๆ ไม่ว่าจะเป็นงานด้านเภสัชกรรม ด้านไม้และกระดาษ ด้านปิโตรเคมี ด้านเกษตรกรรม และด้านสุขภาพมากขึ้นตามลำดับ แต่การนำมาใช้ในงานด้านการวิเคราะห์สารออกฤทธิ์ทางชีวภาพในอาหารเพื่อสุขภาพยังมีอยู่น้อย ดังนั้นจึงควรมีการพัฒนาในเรื่องการวิเคราะห์สารสำคัญในผลิตภัณฑ์อาหารเพื่อสุขภาพด้วยเทคโนโลยีสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ให้มากขึ้น โดยในแผนงานวิจัยนี้ประกอบด้วยโครงการวิจัยย่อย จำนวน 8 เรื่อง ดังต่อไปนี้

โครงการที่ 1	การตรวจสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มผักและน้ำผลไม้สกัดเข้มข้นเพื่อสุขภาพอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	Rapid determination of bioactive compounds and antioxidant capacity in concentrated vegetables and fruits juice using near infrared spectroscopy
โครงการที่ 2	นวัตกรรมการตรวจสอบแอลคาร์นิทีนและคอลลาเจนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพด้วยเครื่องสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	Innovative technique for rapid determination of L-carnitine and collagen in functional drink using near infrared spectroscopy
โครงการที่ 3	การประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมังคุด
	The application of near infrared spectroscopy for determination of antioxidative capacity of mangosteen fruit
โครงการที่ 4	การพัฒนาวิธีการตรวจสอบแกมมาโอริซานอลและวิตามินอีในน้ำมันรำข้าวแบบรวดเร็วด้วยสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	Development of a rapid method for determination of gamma-oryzanol and vitamin E in rice bran oil
โครงการที่ 5	การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ เพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพในผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยตากเพื่อสุขภาพ
	Development of analytical method for fructooligosaccharide using near infrared spectroscopy in quality monitoring of functional banana fig syrup
โครงการที่ 6	การใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์แอนโทไซยานินส์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก
	Using near-infrared spectroscopy analysis for determination of anthocyanins

	and antioxidant capacity of brown rice and germinated brown rice
โครงการที่ 7	การพัฒนาวิธีการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในช็อกโกแลตด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	Rapid method development for phenolic compounds in chocolate using near infrared spectroscopy
โครงการที่ 8	การพัฒนาเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบและติดตามสฟิงโกไมอีลินสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในผลิตภัณฑ์นมหมัก
	Development of near infrared spectroscopy technique for detection and monitor of sphingomyelin as immunnutritional substance in fermented milks

1.2 วัตถุประสงค์

เพื่อพัฒนาวิธีการตรวจสอบอย่างรวดเร็วในการวิเคราะห์องค์ประกอบที่สำคัญซึ่งมีฤทธิ์เชิงชีวภาพที่เต็มหรือมีอยู่ตามธรรมชาติในผลิตภัณฑ์อาหารในกลุ่มอาหารเพื่อสุขภาพที่ได้รับความนิยมในประเทศโดยใช้สเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

วัตถุประสงค์ของแต่ละโครงการย่อยมีดังนี้

โครงการที่ 1	การตรวจสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผักและน้ำผลไม้สกัดเข้มข้นเพื่อสุขภาพอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ในการตรวจสอบสารที่ออกฤทธิ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพ ได้แก่ แอนโทไซยานิน (anthocyanins) ไลโคปีน (lycopene) สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolic compounds) และวิตามินซี (vitamin c) ในน้ำมัลเบอร์รี่สกัดเข้มข้น น้ำมะเขือเทศสกัดเข้มข้น และน้ำทับทิมสกัดเข้มข้น 2. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ ในการตรวจสอบความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมัลเบอร์รี่สกัดเข้มข้น น้ำมะเขือเทศสกัดเข้มข้น และน้ำทับทิมสกัดเข้มข้น
โครงการที่ 2	นวัตกรรมการตรวจสอบแอลคาร์นิทีนและคอลลาเจนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพด้วยเครื่องสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	1. เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบคอลลาเจนและแอลคาร์นิทีนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพ
โครงการที่ 3	การประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมังคุด
	1. เพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ทำนายได้จากเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้กับค่าจริงที่วัดได้จากวิธีทางเคมี 2. เพื่อประเมินความแม่นยำของการทำนายความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมังคุดด้วยเทคนิคอินฟราเรดย่านใกล้

โครงการที่ 4	การพัฒนาวิธีการตรวจสอบเกมมาโอรีซานอลและวิตามินอีในน้ำมันรำข้าวแบบรวดเร็วด้วยสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	1. พัฒนาการวิเคราะห์ปริมาณเกมมาโอรีซานอลและวิตามินอีในน้ำมันรำข้าวด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ 2. ศึกษาการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการติดตามปริมาณเกมมาโอรีซานอลในระหว่างให้ความร้อนกับ medium chain fatty acids
โครงการที่ 5	การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ เพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพในผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยตากเพื่อสุขภาพ
	1. เพื่อพัฒนากระบวนการติดตามและตรวจวัด ตลอดจนการสร้างแบบจำลองความสัมพันธ์ของชนิด ปริมาณ และคุณลักษณะที่สำคัญของโยอาหารฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ โดยเปรียบเทียบกับเทคนิคตรวจวัดแบบ HPLC 2. เพื่อติดตามการเปลี่ยนแปลงปัจจัยด้านคุณภาพโยอาหารฟรุคโตโอลิโกแซคคาไรด์ที่มีอยู่ในผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยตากเพื่อสุขภาพในระหว่างการเก็บรักษา ด้วยการประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
โครงการที่ 6	การใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์แอนโธไซยานินส์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก
	1. เพื่อศึกษาการใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์ปริมาณแอนโธไซยานินส์ทั้งหมด (total anthocyanins) สารฟีนอลิกทั้งหมด (total phenolics) และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (antioxidant capacity) ข้าวกล้องงอก (germinated brown rice)
โครงการที่ 7	การพัฒนาวิธีการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในช็อคโกแลตด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
	1. เพื่อตรวจวัดสเปกตรัมของช็อคโกแลตด้วยสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ 2. เพื่อตรวจวัดปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในช็อคโกแลตด้วยวิธีทางเคมี 3. เพื่อศึกษาการสร้างแบบจำลองที่เหมาะสมสำหรับการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกในช็อคโกแลตด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้
โครงการที่ 8	การพัฒนาเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบและติดตามสฟิงโกไมอีลินสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในผลิตภัณฑ์นมหมัก

1.3 รายชื่อผู้รับผิดชอบแผนงานวิจัย

ผู้อำนวยการแผนงานวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจาร์

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โทรศัพท์ 034-219 361 e-mail: khuwijitjaru_p@su.ac.th

ผู้ประสานงาน/ผู้วางแผน/เลขานุการแผนงานวิจัย

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี

ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม

มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

e-mail: busarakornm@yahoo.com

หัวหน้าโครงการวิจัยย่อย

โครงการที่	หัวหน้าโครงการ และหน่วยงาน
โครงการที่ 1	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 2	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บุศรากรณ์ มหาโยธี ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 3	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ประสงค์ ศิริวงศ์วิไลชาติ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 4	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 5	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.บัณฑิต อินณวงศ์ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 6	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกพันธ์ แก้วมณีชัย ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000
โครงการที่ 7	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.โสภาค สอนไ ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

โครงการที่	หัวหน้าโครงการ และหน่วยงาน
โครงการที่ 8	อาจารย์ ดร.ชัยวัฒน์ บรรโธเพ็ชร ภาควิชาเทคโนโลยีชีวภาพ คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร อ. เมือง จ. นครปฐม 73000

2. ผลการดำเนินงาน

2.1 ผลการดำเนินงานของแผนงานวิจัย

แผนงานวิจัยได้ดำเนินกิจกรรมเพื่อสนับสนุนการดำเนินงานวิจัยของโครงการวิจัยย่อย และดำเนินกิจกรรมตามเป้าหมายของแผนงานวิจัยดังนี้

1. ดำเนินการจัดซื้อครุภัณฑ์ของแผนงานวิจัยคือเครื่อง High Performance Liquid Chromatograph ที่มีอุปกรณ์ตรวจวัดสารชนิด อุปกรณ์ตรวจวัดสารชนิดการเรืองแสง (Fluorescence Detector) ซึ่งเป็นครุภัณฑ์สำคัญในแผนงานวิจัยในระยะเวลาที่เหมาะสม พร้อมทั้งจัดอบรมเทคนิคการวิเคราะห์และใช้เครื่องมือดังกล่าวให้กับผู้ร่วมโครงการและนักศึกษาผู้สนใจ
2. ดำเนินการจัดซื้อวารสาร Journal of Near Infrared Spectroscopy แบบออนไลน์ซึ่งเป็นวารสารเฉพาะทางด้านการใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ โดยผู้วิจัย บุคลากรและนักศึกษาสามารถเข้าถึงได้ตลอดระยะเวลาโครงการวิจัยและหลังจากสิ้นสุดโครงการวิจัยแล้วอีก 1 ปี
3. ประสานงานเพื่อการจัดส่งรายงานในแต่ละครั้งโดยมีการจัดจ้างผู้ช่วยประสานงานแผนงานวิจัยเพื่อทำหน้าที่ประสานงานอำนวยความสะดวกแก่โครงการวิจัยย่อยต่างๆ

2.2 ผลการดำเนินงานของโครงการย่อย

ผลการดำเนินงานของโครงการย่อยสามารถสรุปได้ดังนี้

โครงการย่อยที่ 1 การตรวจสอบสารออกฤทธิ์ทางชีวภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผักและน้ำผลไม้สกัดเข้มข้นเพื่อสุขภาพอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ในการทำนายปริมาณสารที่ออกฤทธิ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มน้ำผักและน้ำผลไม้สกัดเข้มข้นด้วยวิธี NIRS ในตัวอย่างน้ำมัลเบอร์รี่สกัดเข้มข้น น้ำมะเขือเทศสกัดเข้มข้น และน้ำทับทิมสกัดเข้มข้น

จากการศึกษาพบว่าในตัวอย่างน้ำมัลเบอร์รี่สกัดเข้มข้นนั้น สมการทำนายปริมาณแอนโทไซยานินชนิด cyanidin-3-glucoside ที่ดีที่สุดให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2), ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (RMSECV), ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (bias) และ ค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มทดสอบสมการ (RPD) ของชุดข้อมูล validation เท่ากับเท่ากับ 0.9037, 23.5 mg cyanidin-3-glucoside/kg sample, 0.504 และ 3.22 ตามลำดับ สมการทำนายปริมาณแอนโทไซยานิน cyaniding-3-rutinoside ที่ดีที่สุด ให้ค่า R^2 , RMSECV, Bias และ RPD เท่ากับ 0.8239, 26.2 mg cyaniding-3-rutinoside/kg sample, 0.0703 และ 2.38 ตามลำดับ ส่วนสมการทำนายปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ดีที่สุด ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.8370, RMSECV เท่ากับ 0.319 g GAE/kg sample, bias เท่ากับ 0.0598 และ RPD เท่ากับ 2.52 และสมการทำนายปริมาณวิตามินซีที่ดีที่สุด มีค่า R^2 เท่ากับ 0.9860, RMSECV เท่ากับ 1,630 mg ascorbic acid/kg sample, Bias เท่ากับ 351 และค่า RPD เท่ากับ 8.65 ในส่วนความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี FRAP มีค่า R^2 เท่ากับ 0.7604, RMSECV เท่ากับ 5.62 mmol FeSO₄/kg sample, Bias เท่ากับ 0.037 และค่า RPD เท่ากับ 2.04

สมการทำนายปริมาณไลโคปีนของน้ำมะเขือเทศสกัดเข้มข้นที่เหมาะสมให้ค่า R^2 , RMSECV, Bias และ RPD เท่ากับ 0.9122, 1.69 mg lycopene/g sample, 0.0367 และ 3.38 ตามลำดับ ส่วนสมการทำนายปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่ดีที่สุด ให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.6544, RMSECV เท่ากับ 0.592 g GAE/kg sample, bias เท่ากับ 0.000279 และ RPD เท่ากับ 1.70 และสมการทำนายปริมาณวิตามินซีที่ดีที่สุด มีค่า R^2 เท่ากับ 0.8896, RMSECV เท่ากับ 15,500 mg ascorbic acid/kg sample, Bias เท่ากับ -328 และค่า RPD เท่ากับ 3.01 พบว่าสมการทำนายความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ที่มีความเหมาะสมที่สุดให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.4086, RMSECV เท่ากับ 11.3 mmol Trolox equivalents/kg sample, Bias เท่ากับ 3.76 และค่า RPD เท่ากับ 1.38 ตามลำดับ

สำหรับในตัวอย่างน้ำทับทิมสกัดเข้มข้นนั้น ผลการสร้างสมการทำนายปริมาณสารประกอบฟีนอลิกทั้งหมดที่เหมาะสมที่สุดให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.8682, RMSECV เท่ากับ 10.2 g gallic acid equivalents/L, bias เท่ากับ 0.135 และ RPD เท่ากับ 1.96 และสมการทำนายค่าความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระด้วยวิธี DPPH ที่เหมาะสมที่สุดให้ค่า R^2 เท่ากับ 0.8384, RMSECV เท่ากับ 846 mL/mol DPPH, bias เท่ากับ -63.6 และ RPD เท่ากับ 2.49 จะเห็นได้ว่าเทคนิค NIRS มีความเป็นไปได้ในการนำมาใช้ติดตามปริมาณสารที่ออกฤทธิ์ที่มีประโยชน์ต่อสุขภาพและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมัลเบอร์รี่สกัดเข้มข้น น้ำมะเขือเทศสกัดเข้มข้น และน้ำทับทิมสกัดเข้มข้นได้

โครงการย่อยที่ 2 นวัตกรรมการตรวจสอบแอลคาร์นิทีนและคอลลาเจนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพด้วยเครื่องสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ในการตรวจสอบปริมาณคอลลาเจนและแอลคาร์นิทีนในผลิตภัณฑ์เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพด้วยเทคนิค NIRS โดยเลือกใช้เครื่องดื่มผสมคอลลาเจนที่มีในท้องตลาดจำนวน 9 ยี่ห้อ วัดสเปกตรัมในช่วงความยาวคลื่นตั้งแต่ 12500-4000 cm^{-1} ที่ resolution 8 cm^{-1} สแกนตัวอย่าง 32 ครั้ง ในโหมดการวัดแบบสะท้อนผ่านตัวอย่าง (transflectance) จากนั้นสร้างสมการทำนายด้วยวิธีการถดถอยกำลังสองน้อยที่สุดบางส่วน ด้วยการทดสอบสมการภายนอก (external validation) ผลการศึกษาพบว่าสมการทำนายที่เหมาะสมในการวิเคราะห์เครื่องดื่มผสมคอลลาเจนให้ค่าสัมประสิทธิ์การตัดสินใจ (R^2) เท่ากับ 0.975, ค่าความคลาดเคลื่อนในการทำนาย (RMSEP) เท่ากับ 2,910 mg/L, ค่าความคลาดเคลื่อนเฉลี่ย (bias) เท่ากับ -351 และค่าสัดส่วนระหว่างส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานกับค่าความผิดพลาดมาตรฐานในการทำนายของกลุ่มทดสอบสมการ (RPD) เท่ากับ 6.39 จะเห็นได้ว่าเทคนิค NIRS มีความสามารถในการติดตามปริมาณคอลลาเจนและแอลคาร์นิทีนได้

โครงการย่อยที่ 3 การประยุกต์ใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจวิเคราะห์ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของผลมังคุด

ในการวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิก ความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ และปริมาณแซนโทนส์บริเวณเปลือกมังคุดด้านใน (mesocarp) และเปลือกมังคุดด้านนอก (exocarp) ของผลมังคุด พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและค่าที่ทำนายได้จากเทคนิค NIRS ของสารประกอบฟีนอลิกบริเวณเปลือกมังคุดด้านในในรูปแบบแห้งและรูปสารสกัดมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงมากกว่า ($R^2 =$

0.365 และ 0.510 ตามลำดับ) เมื่อเปรียบเทียบกับ การหาความสัมพันธ์ดังกล่าวกรณีศึกษาในบริเวณเปลือก มังคุดด้านนอกในรูปผงแห้งและรูปสารสกัด ($R^2 = 0.278$ และ 0.326 ตามลำดับ) ซึ่งสมการที่มีความแม่นยำ มากที่สุดในการวิเคราะห์ปริมาณฟีนอลิกทั้งหมดคือสมการที่สร้างจากสารสกัดบริเวณเปลือกมังคุดด้านใน (RMSECV = 1.15, RPD = 1.42 และ Bias = 0.0213) สำหรับการวิเคราะห์ปริมาณสารต้านอนุมูลอิสระด้วย วิธี DPPH radical scavenging พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและค่าที่ทำนาย ได้บริเวณเปลือกด้านในในรูปผงแห้งและรูปสารสกัด ($R^2 = 0.453$ และ 0.101 ตามลำดับ) และเปลือกมังคุด ด้านนอกในรูปผงแห้งและรูปสารสกัด ($R^2 = 0.353$ และ 0.248 ตามลำดับ) มีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรง ไกล่เคียงกันโดยที่ข้อมูลจากการวิเคราะห์เปลือกมังคุดผงให้ความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงดีกว่า ซึ่งการทดสอบ ความแม่นยำของสมการพบว่าสมการที่มีความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบประสิทธิภาพน้อยที่สุดคือสมการที่ สร้างจากตัวอย่างเปลือกมังคุดบริเวณด้านนอกบดผง (RMCECV = 4.22) แต่สำหรับสมการที่มีเปอร์เซ็นต์การ ยอมรับดีที่สุดคือสมการที่สร้างจากการวิเคราะห์ตัวอย่างเปลือกมังคุดด้านในบดผง (RPD = 1.35) และสมการ ที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากการทดลองน้อยที่สุดคือสมการที่สร้างจากการรวมข้อมูลจากผงเปลือกมังคุด บริเวณด้านในและด้านนอก (Bias = -0.003)

การวิเคราะห์ปริมาณแซนโทนส์พบว่าเมื่อทำการรวมข้อมูลจากทั้งบริเวณเปลือกมังคุดด้านในและ เปลือกมังคุดด้านนอกความสัมพันธ์ระหว่างค่าที่ได้จากการวิเคราะห์ทางเคมีและค่าที่ทำนายของตัวอย่าง เปลือกมังคุดในรูปผงแห้งและรูปสารสกัดมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงสูง ($R^2 = 0.970$ และ 0.869 ตามลำดับ) ซึ่งการทดสอบความแม่นยำของสมการพบว่าสมการที่มีความคลาดเคลื่อนจากการทดสอบประสิทธิภาพน้อย ที่สุดคือสมการที่สร้างจากสารสกัดบริเวณเปลือกมังคุดด้านใน (RMCECV = 0.00203) แต่สำหรับสมการที่มี เปอร์เซ็นต์การยอมรับดีที่สุดคือสมการที่สร้างจากการรวมข้อมูลผงเปลือกมังคุดบริเวณด้านในและด้านนอก (RPD = 5.69) และสมการที่เกิดความคลาดเคลื่อนจากการทดลองน้อยที่สุดคือสมการที่สร้างจากสารสกัด บริเวณเปลือกมังคุดด้านนอก (Bias = -0.003) จึงสรุปได้ว่าสมการที่ได้จากรวมข้อมูลในรูปของผงทั้งบริเวณ เปลือกด้านในและด้านนอกในการวิเคราะห์ปริมาณแซนโทนส์มีความน่าเชื่อถือมากที่สุด จึงทำการศึกษาต่อใน ส่วนของการวิเคราะห์ปริมาณแซนโทนส์ โดยแบ่งตัวอย่างมังคุดเป็น 3 กลุ่มตามระดับความเข้มของสีเปลือก ซึ่งเมื่อทำการรวมข้อมูลจากตัวอย่างที่มีสีเปลือกแตกต่างกัน พบว่าความสัมพันธ์ระหว่างค่าจริงและค่าที่ทำนาย ได้จะมีความสัมพันธ์ในเชิงเส้นตรงสูง ($R^2 = 0.78$) เช่นเดียวกันก็ให้ค่าเปอร์เซ็นต์การยอมรับดีที่สุด (RPD = 2.13) และเกิดความคลาดเคลื่อนน้อย (Bias = 0.0032)

โครงการย่อยที่ 4 การพัฒนาวิธีการตรวจสอบเกมมาโอรีซานอลและวิตามินอีในน้ำมันรำข้าวแบบรวดเร็ว ด้วยสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้

ในการพัฒนาวิธีการตรวจสอบปริมาณเกมมาโอรีซานอลและวิตามินอี (ในรูปของแอลฟาโทโคฟีรอล) ด้วยเทคนิค NIRS ในน้ำมันรำข้าว โดยการเตรียมระบบจำลอง 3 ระบบคือ เฮกเซน กรดไขมันสายกลาง (MCF) และ 10% MCF ในเฮกเซน และใช้ NIRS ติดตามปริมาณเกมมาโอรีซานอลในระหว่างการทำ ความร้อนใน MCF ผลการศึกษาพบว่าสมการทำนายปริมาณเกมมาโอรีซานอลที่สร้างขึ้นจากเฮกเซนให้ค่า R^2 และ RPD สูงที่สุดคือ 99.89, 63.9 mg/L โดยให้ค่า RMSECV ต่ำที่สุดคือ 4.53 mg/L ขณะที่สมการทำนาย ปริมาณแอลฟาโทโคฟีรอลที่สร้างขึ้นจาก 10% MCF ในเฮกเซนให้ค่า R^2 และ RPD สูงที่สุดคือ 99.33, 12.2 mg/L และมี RMSECV ที่ต่ำคือ 1.23 mg/L เมื่อนำสมการทำนายที่ได้จากทั้งสามระบบมาใช้ในการทำนาย ปริมาณเกมมาโอรีซานอล และแอลฟาโทโคฟีรอลในน้ำมันรำข้าวที่มีจำหน่ายตามท้องตลาดจำนวน 27

ตัวอย่างพบว่าสมการทำนายปริมาณแกมมาโอริซานอลที่สร้างจาก 10% MCF ในเฮกเซนให้ค่า RMSEP ต่ำที่สุดคือ 225 mg/L และสมการทำนายปริมาณแอลฟาโตโคฟีรอลที่สร้างจากเฮกเซนให้ค่า RMSEP น้อยที่สุดคือ 29.59 mg/L

เมื่อนำสมการทำนายปริมาณแกมมาโอริซานอลไปใช้ในการติดตามปริมาณแกมมาโอริซานอลขณะให้ความร้อนที่ 180 – 220 องศาเซลเซียส พบว่าผลการทำนายมีค่า RMSEP และ bias ที่สูงมากคือ 478 ถึง 407 mg/L และ 403 ถึง 388 mg/L ตามลำดับ ทำให้ไม่สามารถนำไปใช้ในการศึกษาจลนพลศาสตร์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ได้ แต่การศึกษาจลนพลศาสตร์จากปริมาณที่วิเคราะห์ด้วยโครมาโทกราฟีของเหลวความดันสูงพบว่า การสลายตัวของแกมมาโอริซานอลสามารถอธิบายได้ด้วยสมการ Weibull โดยค่าพารามิเตอร์ β ซึ่งแสดงค่าคงที่อัตราของปฏิกิริยา ที่อุณหภูมิ 180 200 และ 220 องศาเซลเซียสคือ 0.0331 0.0227 และ 0.0538 h⁻¹ ตามลำดับ

โครงการย่อยที่ 5 การพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเทคนิคสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ เพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพในผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยตากเพื่อสุขภาพ

ในการพัฒนากระบวนการวิเคราะห์ฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ด้วยเทคนิค NIRS เพื่อใช้ในการติดตามการเปลี่ยนแปลงด้านคุณภาพในผลิตภัณฑ์ไซรัปกล้วยตากเพื่อสุขภาพ โดยเมื่อใช้เทคนิค NIRS ที่ช่วงคลื่น 12500-4000 cm⁻¹ และทำการปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมก่อนการวิเคราะห์ด้วยเทคนิคทางคณิตศาสตร์ร่วมกับการสร้างสมการด้วยเทคนิค partial least squares regression (PLS) พบว่า สมการทำนายปริมาณซูโครส กลูโคส ฟรุกโตส เคสโทส นีสโทส และฟรุกโตฟูโรโนซิลนีสโทส มีค่า R² เท่ากับ 0.650, 0.540, 0.500, 0.727, 0.696 และ 0.737 โดยสมการดังกล่าวมีประสิทธิภาพไม่เพียงพอสำหรับการวัดปริมาณฟรุกโตโอลิโกแซคคาไรด์ แต่พบว่าสมการทำนายดังกล่าวมีความสามารถนำไปคัดเลือกและประมาณค่าองค์ประกอบทางเคมีของไซรัปกล้วยตากเบื้องต้นได้

โครงการย่อยที่ 6 การใช้เทคนิคสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์แอนโธไซยานินส์และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของข้าวกล้องและข้าวกล้องงอก

ในการพัฒนาวิธีการตรวจสอบ ปริมาณแอนโธไซยานินส์ ปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ ให้มีความถูกต้อง แม่นยำและรวดเร็วโดยเทคนิค NIRS กับกระบวนการวิเคราะห์ทางเคมีดังกล่าวของกล้องงอก ที่ช่วงคลื่น 12480-4000 cm⁻¹ และทำการปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยเทคนิคคณิตศาสตร์ร่วมกับการสร้างสมการด้วยเทคนิค partial least squares regression (PLS) พบว่าสมการทำนายปริมาณของแอนโธไซยานินส์ ปริมาณสารฟีนอลิก และความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระ (ซึ่งวิเคราะห์ด้วยวิธี DPPH assay และ ABTS assay) ของเมล็ดข้าวกล้องงอก เมื่อใช้เมล็ดข้าวกล้องงอกทั้งเมล็ดมีค่า R² เท่ากับ 0.5360, 0.8761, 0.5805 และ 0.7155 ตามลำดับ เมื่อใช้เมล็ดข้าวกล้องงอกที่ผ่านการบดพบว่ามีค่า R²

เท่ากับ 0.8037, 0.8306, 0.5783 และ 0.5957 และเมื่อใช้สารสกัดข้าวกล้องงอกมีค่า R^2 เท่ากับ 0.3603, 0.4645, 0.6882 และ 0.4242 ตามลำดับ

โครงการย่อยที่ 7 การพัฒนาวิธีการตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลิกในช็อคโกแลตด้วยเทคนิคสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้

ในการพัฒนาวิธีการวิเคราะห์สารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในช็อคโกแลตคือสารโมเลกุลเดี่ยวในกลุ่มคาเทชิน (catechins) ได้แก่ คาเทชิน (catechin) และอีพิกาทะชิน (epicatechin) โดยใช้เทคนิค NIRS ซึ่งเป็นเทคนิคที่ไม่ต้องทำลายตัวอย่าง เปรียบเทียบกับวิธีมาตรฐานคือเทคนิค High performance liquid chromatography (HPLC) ที่มีอุปกรณ์ตรวจวัดสารชนิดเรืองแสง (fluorescence detector) พบว่าเทคนิค NIRS สามารถวิเคราะห์ปริมาณสารประกอบฟีนอลิกดังกล่าวในช็อคโกแลตได้อย่างรวดเร็วและถูกต้องแม่นยำ (คาเทชิน $R^2 = 0.880$, อีพิกาทะชิน $R^2 = 0.892$) และอีพิกาทะชินมีปริมาณมากกว่าคาเทชินซึ่งเป็นสารในกลุ่มเดียวกัน สารทั้งสองชนิดมีปริมาณมากที่สุดในช็อคโกแลตประเภทดาร์กช็อคโกแลต ช็อคโกแลตนม และช็อคโกแลตขาว ตามลำดับ นอกจากนี้ปริมาณโกลไกแมสที่ระบุบนฉลากบรรจุภัณฑ์ช็อคโกแลตยังมีความสัมพันธ์เชิงเส้นตรงกับปริมาณรวมของคาเทชินและอีพิกาทะชิน ($R^2 = 0.6895$) ผู้บริโภคที่ต้องการเลือกซื้อช็อคโกแลตเพื่อสุขภาพจึงสามารถประมาณปริมาณสารประกอบฟีนอลิกที่สำคัญในช็อคโกแลตอย่างคร่าวๆ ได้จากร้อยละสัดส่วนของโกลไกแมสที่ระบุบนฉลากบรรจุภัณฑ์

โครงการย่อยที่ 8 การพัฒนาเทคนิคสเปกโตรสโคปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการตรวจสอบและติดตามสฟิงโกไมอีลินสารกระตุ้นภูมิคุ้มกันในผลิตภัณฑ์นมหมัก

ในการพัฒนาเทคนิค NIRS ในการตรวจวัดและติดตามสาร sphingomyelin และสารชีวภัณฑ์อื่นในระหว่างการหมักนม ได้แก่ การวิเคราะห์หาปริมาณเชื้อแบคทีเรีย (Lactic acid bacteria; LAB) ทั้งหมดโดยเทคนิค total plate count (วิธี pour plate) ผลที่ได้ออกมาเป็นสเปกตรัมของสารที่ต้องการตรวจวัดและเมื่อสร้าง calibration model ของสารชีวภัณฑ์มาตรฐานแล้วเทียบทวนสอบความแตกต่างโดยทำ cross validation พบว่า เทคนิค NIRS สามารถใช้ตรวจติดตามเชื้อ LAB มีความแม่นยำในระดับหนึ่งด้วยค่า R^2 เท่ากับ 0.90 และข้อดีของเทคนิค NIRS แทนคือ ใช้เวลาตรวจไม่นาน รู้ผลเร็วและไม่ทำลายตัวอย่าง ส่วนการใช้เทคนิค NIRS ตรวจกรดแลคติก เทียบกับเทคนิคเคมีคือการไตเตรท มีค่าความแม่นยำด้วยค่า R^2 เท่ากับ 0.96 ซึ่งแม้เทคนิคไตเตรททำได้ง่าย ไม่แพงและรวดเร็วกว่า แต่ข้อดีของเทคนิค NIRS คือช่วยติดตามแบบ real time หรือระบบอัตโนมัติได้ ขณะที่เมื่อใช้เทคนิค NIRS ตรวจสารมาตรฐานและสารสกัด sphingomyelin ของโยเกิร์ตหมักเทียบกับเทคนิคเคมีและเอนไซม์ได้ค่า R^2 เท่ากับ 0.93 ซึ่ง แล้วจึงสรุปได้ว่าเทคนิค NIR สามารถนำมาใช้ตรวจสอบหาปริมาณเชื้อ, ปริมาณกรดแลคติกและสาร sphingomyelin ในผลิตภัณฑ์นมหมักแทนเทคนิคอื่นที่ใช้ปกติ

การเผยแพร่ผลงานวิจัย

โครงการวิจัยย่อยในชุดโครงการนี้ได้เผยแพร่ผลงานวิจัยที่ได้รับในรูปแบบต่างๆ ดังต่อไปนี้

ระดับนานาชาติ

1. Thitiwat Pungseeklao, Praneet Opanasopit, and Pramote Khuwijitjaru. 2016. Development of a Method for Quantitative Determination of γ -Oryzanol using Near Infrared Spectroscopy. Food and Applied Bioscience Journal 4(2) 107-115
2. Thitiwat Pungseeklao, Praneet Opanasopit, and Pramote Khuwijitjaru. 2016. Development of a Method for Quantitative Determination of γ -Oryzanol using Near Infrared Spectroscopy. International Conference on Food and Applied Bioscience, February 4-5, 2016. Chiangmai, Thailand (Poster)

ระดับชาติ

1. ภัทรภรณ์ ธาตุวิจักขณ์ เพ็ญญา ตั้งขยัน พิลาศลักษณ์ วิชัยดิษฐ์ ปิยะพร เนียมมณี ปราโมทย์ คูวิจิตรจาร์ และบุศราภรณ์ มหาโยธี. 2557. การทำนายปริมาณสารประกอบฟีนอลและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระของน้ำทับทิมสกัดเข้มข้นด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้. การประชุมวิชาการวิทยาการหลังการเก็บเกี่ยวแห่งชาติ ครั้งที่ 12. 16-18 กรกฎาคม 2557, โรงแรมดิเอ็มเพรส เชียงใหม่ (โปสเตอร์)
2. พิลาศลักษณ์ วิชัยดิษฐ์ บุศราภรณ์ มหาโยธี และ ปราโมทย์ คูวิจิตรจาร์. 2559. การตรวจสอบปริมาณสารประกอบฟีนอลทั้งหมดและความสามารถในการต้านอนุมูลอิสระในน้ำมัลเบอร์รี่สกัดเข้มข้นอย่างรวดเร็วด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้. โครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง “สหวิทยาการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน” 11-12 กรกฎาคม 2559, ณ ศูนย์สันสกฤตศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร เขตทวีวัฒนา กรุงเทพฯ (ภาคบรรยาย)
3. ปิยะพร เนียมมณี บุศราภรณ์ มหาโยธี และ ปราโมทย์ คูวิจิตรจาร์. 2559. การศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบคอลลาเจนในสารละลายและระบบจำลองด้วยเทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้. โครงการประชุมวิชาการบัณฑิตศึกษาระดับชาติและนานาชาติ ครั้งที่ 6 เรื่อง “สหวิทยาการสร้างสรรค์เพื่อการพัฒนาที่ยั่งยืน” 11-12 กรกฎาคม 2559, ณ ศูนย์สันสกฤตศึกษา มหาวิทยาลัยศิลปากร เขตทวีวัฒนา กรุงเทพฯ (ภาคบรรยาย)

เอกสารอ้างอิง

- Casale, M.; Simonetti, R., Review: Near infrared spectroscopy for analysing olive oils. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 2014, 22, 59-80.
- McGoverin, C.; Weeranantanaphan, J.; Downey, G.; Manley, M., Review: The application of near infrared spectroscopy to the measurement of bioactive compounds in food commodities. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 2010, 18, 87-111.
- Holroyd, S., Review: The use of near infrared spectroscopy on milk and milk products. *Journal of Near Infrared Spectroscopy* 2013, 21, 311-322.

ประวัติผู้วิจัย

ผู้อำนวยการแผนวิจัย นายปราโมทย์ คูวิจิตรจารุ (Pramote Khuwijitjaru)
ตำแหน่งทางวิชาการ ผู้ช่วยศาสตราจารย์
สถานที่ทำงานปัจจุบัน ภาควิชาเทคโนโลยีอาหาร คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม
 โทรศัพท์ 034-219361 โทรสาร 034-272194 e-mail: kpramote@su.ac.th

ประวัติการศึกษา

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

รางวัลเกี่ยวกับงานวิจัยที่ได้รับ

ปี พ.ศ.	ชื่อรางวัล	หน่วยงานที่ให้
2559	Visiting Research Fellowship	Graduate School of Agriculture, Kyoto University ประเทศญี่ปุ่น
2558	รางวัลผู้มีผลงานวิจัยดีเด่น	คณะวิศวกรรมศาสตร์และเทคโนโลยีอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยศิลปากร
2558	รางวัลผลงานวิจัยดี	สถาบันวิจัยและพัฒนามหาวิทยาลัยศิลปากร
2558	JSFE Award for Outstanding Young Researcher	Japan Society for Food Engineering ประเทศญี่ปุ่น
2557	JSPS Invitation Fellowship Program for Research in Japan (Short-Term)	Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) ประเทศญี่ปุ่น
2556	JASSO Follow-up Research Fellowship	JASSO ประเทศญี่ปุ่น
2554	JSPS Invitation Fellowship Program for Research in Japan (Short-Term)	Japan Society for the Promotion of Science (JSPS) ประเทศญี่ปุ่น
2553	JOS Editor's Award 2010	Japan Oil Chemists Society ประเทศญี่ปุ่น

ผลงานวิจัยที่ตีพิมพ์เผยแพร่ในวารสารวิชาการ

- 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.
- Klinchongkon, K.; Khuwijitjaru, P.; Wiboonsirikul, J.; Adachi, S., Extraction of oligosaccharides from passion fruit peel by subcritical water treatment. Journal of Food Process Engineering, doi:10.1111/jfpe.12269.

3. 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.
4. Khuwijitjaru, P.; Koomyart, I.; Kobayashi, T.; Adachi, S., Hydrolysis of konjac flour under subcritical water conditions. *Chiang Mai Journal of Science* (in press).
5. Khuwijitjaru, P.; Kobayashi, T.; Adachi, S., Degradation kinetics of trisaccharides comprising glucose residues in subcritical water. *Journal of Carbohydrate Chemistry* 2016, 35, 286-299.
6. 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
7. 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.
8. 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.
9. 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.
10. 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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, 2, 335–341.
14. Khuwijitjaru, P., Utilization of plant-based agricultural waste by subcritical water treatment *Japan Journal of Food Engineering* 2016, 17, 33-39.
15. 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.

16. 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.
17. 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.
18. 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.
19. 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.
20. 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.
21. 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.
22. 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.
23. 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.
24. 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.
25. 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.
26. 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.
27. 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.
28. 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.
 29. Khuwijitjaru, P.; Suthasirisup, T., Properties of breader prepared from rice flour. *KKU Research Journal* 2010, 15, 965-972.
 30. 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.
 31. 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).
 32. 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.
 33. 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.
 34. 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.
 35. 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.
 36. 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.
 37. 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.
 38. 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.
 39. 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.
 40. Khuwijitjaru, P.; Adachi, S.; Matsuno, R., Solubility of saturated fatty acids in water at elevated temperatures. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry* 2002, 66, 1723-1726.