

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจการปลอมปนของน้ำส้มสดโดยสารละลายน้ำตาล

โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Detection of adulteration of fresh orange juice by sugar solution

using near infrared spectroscopy



E077944

นางสาว ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

สาขา.....
เลขทะเบียน 077944
รับเดือน.ปี 29 ก.ย. 2559

.b. 12805415
.i.....

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การตรวจการปลอมปนของน้ำส้มสดโดยสารละลายน้ำตาล
 โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
**Detection of adulteration of fresh orange juice by sugar solution
 using near infrared spectroscopy**

นางสาว ปานมนัส ทิริสมบูรณ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินงบประมาณเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ 2558

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การตรวจการปลอมปนของน้ำส้มสดโดยสารละลายน้ำตาล

โดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2558 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 50,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2557 ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ. 2558

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย พร้อมระบุ หน่วยงานต้นสังกัด

หัวหน้าโครงการ น.ส. ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ สาขาวิชา วิศวกรรมเครื่องกล คณะ วิศวกรรมศาสตร์

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อหาความเป็นไปได้ในการใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีในการวิเคราะห์แคปไซซินและสมบัติที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด (TPC) Ferric Reducing Antioxidative Power (FRAP) และ Radical scavenging activity (RSA) ที่มีในเครื่องแกงเผ็ดแดง แบบจำลองเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีสำหรับทำนายสมบัติเหล่านั้นสร้างโดยใช้วิธี partial least square regression และพิสูจน์โดยวิธีการพิสูจน์แบบไขว้โดยสมบูรณ์ แบบจำลองสำหรับแคปไซซิน TPC และ FRAP สร้างจากการใช้ 6 แฟกเตอร์ ซึ่งให้ค่าสัมประสิทธิ์ในการพิจารณา (R^2) เท่ากับ 0.540, 0.570 และ 0.610 ค่าความคลาดเคลื่อนมาตรฐานของการพิสูจน์แบบไขว้เท่ากับ 3.209 mg/g, 0.396 mg gallic acid equivalent/g db และ 0.256 mg Trolox equivalent/g db และความคลาดเคลื่อนเฉลี่ยเท่ากับ 3.971×10^{-6} mg/g, 2.846×10^{-6} mg gallic acid equivalent/g db และ 3.367×10^{-6} mg Trolox equivalent/g db ตามลำดับ แบบจำลองที่ R^2 อยู่ระหว่าง 0.50-0.64 แสดงว่าสามารถใช้แบ่งกลุ่มอย่างหยาบได้ เทคนิคนี้อาจปรับปรุงให้ดีขึ้นได้หากใช้ตัวอย่างที่มาจากการผลิตจริงในโรงงานให้มีจำนวนมากขึ้น

คำสำคัญ : น้ำพริกแกงแดง แคปไซซิน สารประกอบฟีนอลิกทั้งหมด Ferric Reducing Antioxidative Power (FRAP) Radical scavenging activity (RSA) เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

Research Title: Detection of adulteration of fresh orange juice by sugar solution using near infrared spectroscopy

Researcher: Panmanas Sirisomboon

Faculty: Engineering Department: Mechanical Engineering

ABSTRACT

Orange juices are a popular refreshment beverage and nutrition source. However, the adulteration of pure juice has now become a common practice. In this study, near infrared spectroscopy was applied to identify differentiate between the pure fresh orange juice and adulterated orange juice. One hundred samples of the juice included 10 samples of 100% fresh juice, 80 samples which were added by 50% w/w sugar solution and water for 16 different levels of orange juices (5 samples for each level) and 50 of purchased juiced from 25 vendors in Bangkok and near-by provinces. First, near infrared spectroscopy was applied as a means to determine whether different orange juice samples had been adulterated with sugar solution or not. Each sample was scanned with an FT-NIR spectrometer. A PLS regression model tested by validation set to predict the sugar-added content of juice samples provided R^2 , RMSEP and a bias of 92.06%, 0.0361 g/ml, and -0.0041 g/ml, respectively and for water-added 87.68%, 7.37%, and -1.26%, respectively. These results confirmed that an NIR-based protocol could be applied for sugar adulteration in orange juice. Second, the near infrared (NIR) spectroscopy was applied in differentiate the pure fresh orange juice from adulterated juice by table sugar solution using principal component analysis. The score plot of principal component 1 (PC1) and principal component 2 (PC2) indicated that the NIR spectra of orange juice samples scanned by FT-NIR spectrometer could be fairly classified into different groups and the pure fresh orange juice was separated from the adulterated ones. The score plot showed that the juice samples bought from vendors were in groups of 50:20:30, 40:10:50, 40:20:40 and 30:20:50 of juice:50%w/w sugar solution:water (by volume). However, there was a vender sold 100% pure fruit juice. This data is useful for customer.

Keywords : Orange juice; adulteration; sugar solution; near infrared spectroscopy; PLS regression

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัย (รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ หัวหน้าโครงการ) ขอขอบคุณที่การวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุน งบประมาณเงินรายได้ คณะวิศวกรรมศาสตร์ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2558

รองศาสตราจารย์ ดร. ปานมนัส ศิริสมบุรณ์ (หัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน)
นางสาว จุฑารัตน์ นาวายนต์ (นักศึกษาระดับปริญญาโท ผู้ร่วมวิจัย)



สารบัญ (Index)

	หน้า (Page)
บทคัดย่อภาษาไทย.....	iii
Abstract	iv
กิตติกรรมประกาศ.....	v
สารบัญ (Index).....	vi
สารบัญตาราง (Table Index).....	vii
สารบัญภาพ (Figure Index)	viii
Chapter 1 Introduction	1
Introduction.....	1
Objectives.....	2
Chapter 2 Literature Review	3
Chapter 3 Materials and Methods	6
Samples.....	6
Near infrared spectroscopy.....	6
Spectrum Pre-treatment and NIR Spectroscopy Model Establishment.....	8
Chapter 4 Results and Discussion	9
Detection of Sugar Adulteration of Fresh Orange Juice by Near Infrared Spectroscopy.....	9
Classification of orange juice adulterated by table sugar solution using principal component analysis.....	17
Chapter 5 Conclusion	20
References	21
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย	24
รองศาสตราจารย์ ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์	24

สารบัญตาราง (Table Index)

Table	Page
Table 1. Different concentration of orange juice adulterated with sugar solution.....	7
Table 2. Minimum (Min), maximum (Max), mean, and standard deviation (SD) for sugar-added and water-added in fresh orange juice samples in calibration set and validation set.....	9
Table 3. Prediction statistics of sugar-added adulterated of orange juice by PLS model.....	11
Table 4. Wave number and bond vibration that illustrated high regression coefficients and X-loading of optimal prediction model of table sugar added adulterated of orange juice.....	13
Table 5. Statistics of prediction of water added adulterated of orange juice by PLS model.....	14
Table 6. Wavenumber and bond vibration that illustrated high regression coefficients and X-loading of optimal prediction model of water added adulterated of orange juice.....	16
Table 7. Number of sample and spectra of each group of different juice, sugar solution and water mixing ratio.....	18

สารบัญภาพ (Figure Index)

Figure	Page
Fig. 1 infrared scanning of orange juice sample using FT-NIR spectrometer.....	7
Fig. 2 Plot of the observed versus predicted added sugar concentrations for the optimal NIR model generated on sugar adulterated juice samples of the validation set.....	10
Fig. 3 Plot of the regression coefficients versus NIR wavenumber for the optimal NIR model generated on sugar adulterated juice samples.....	12
Fig. 4 Plot of the X-loadings versus NIR wavenumber for the optimal NIR model generated on sugar adulterated juice samples.....	12
Fig. 5 Plot of the observed versus predicted sugar concentrations for the optimal NIR model generated on the water adulterated juice samples of validation set.....	14
Fig. 6 Plot of the regression coefficients versus NIR wavenumber for the optimal NIR model generated on the water adulterated juice samples.....	15
Fig. 7 Plot of the X-loadings versus NIR wavenumber for the optimal NIR model generated on the water adulterated juice samples.....	16
Fig. 8 . Score plot of principal component 1 (PC1) and principal component 2 (PC2) derived from near infrared spectra of different groups of orange juice.....	19

Chapter 1

Introduction

Introduction

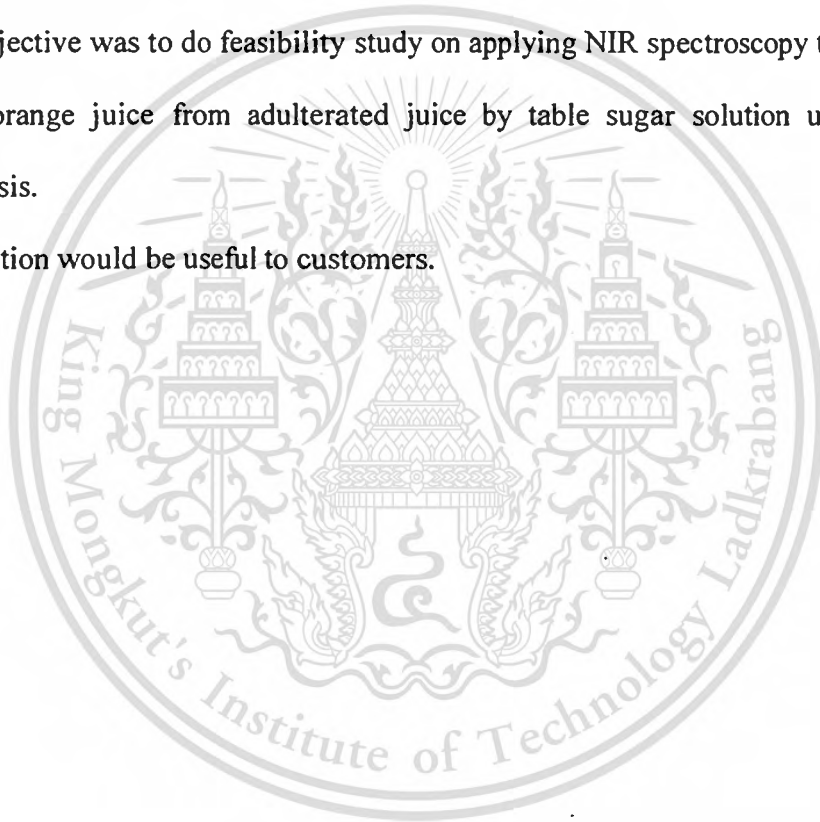
Due to increasing temperatures and the desire for healthier diets, cool fruit juices have become popular particularly in Bangkok and near-by provinces. Orange juice is rich in phenolic compounds and ascorbic acid (Stinco et al., 2015). Because of its phenolic content, orange juice has known antioxidant properties (Scalzoa et al., 2004). In addition, significant amount of L-ascorbic acid or vitamin C is contained in oranges, making them an important source of nutrition. Indeed, the nutrition content found of oranges is commonly used as a nutritional index such as vitamin C, potassium, folate, niacin, riboflavin, and magnesium (Rampersaud, 2007). The size and value of the commercial fruit juice market, the adulteration of the product has been widely practiced, especially in locations along busy roads and intersections in Thailand. Fruit juices (orange and apple juice) were in the top 7 foods reported from 1980 to 2010 as the most common targets for adulteration (Moore et al., 2012, Jandrić et al., 2014). Orange juice vendors are found scattered throughout Bangkok and near-by Provinces. It is a widely held belief that adulteration of the orange juice by the addition of sugar solution is a common practice. Therefore the ability to detect for the adulteration of orange juice with sugar solution is clearly needed to protect consumers.

Objective

The applicability of rapid analytical methods, such as NIR, for fraud detection in fruit juice, and in particular orange juice is of most interest to researchers and government officials. Therefore,

1. The first objective of this research was to assess the application FT-NIR spectroscopy for the determination of the adulteration of orange juice with sugar solution at different concentrations.
2. The second objective was to do feasibility study on applying NIR spectroscopy to differentiate the pure fresh orange juice from adulterated juice by table sugar solution using principal component analysis.

This information would be useful to customers.



Chapter 2

Literature Review

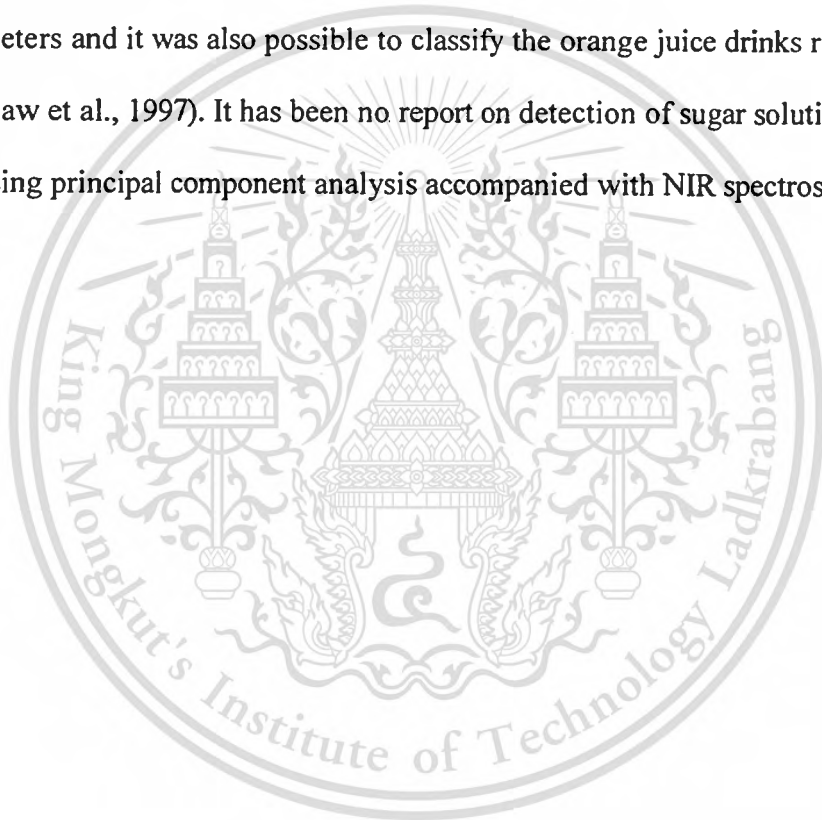
Near infrared spectroscopy (NIR) is a non-destructive technique that can be used to rapidly evaluate chemical constituents of materials. (Rodriguez-Saona et al., 2001) developed an FT-NIR model to predict the sugar levels in fruit juices (apple and orange from department stores) and compared it with HPLC and standard enzymatic techniques. The models generated from transmittance spectra gave the best performance with a standard error of prediction (SEP) < 0.10% and an R² of 99.9%, with the ability to accurately and precisely predict the sugar levels in juices. Hong and Wang (2014) studied the authentication of fresh cherry tomato juices adulterated with different levels of overripe tomato juices: 0 – 30%. Their study indicated that the prediction performances by fusion approaches were better than by the sole usage of an e-nose or e-tongue method; yet classification and prediction performances based on different fusion approaches vary. Boggia et al. (2013) proposed a strategy based on UV-VIS spectroscopy for the detection of filler juices and water added to pomegranate juices. Visible and NIR spectroscopy have also been used to determine the levels of important nutrients in orange juice including citric acid and tartaric acid. The correlation coefficients (r) and root mean squares error of prediction (RMSEP) in the best model were 0.944 and 0.596 for citric acid and 0.930 and 0.013 for tartaric acid (Cen et al., 2007). For soluble solids contents (SSC) and pH, the correlation coefficients (r), standard error of prediction and RMSEP for SSC were 0.98, 0.68, and 0.73 for SSC and 0.96, 0.06, and 0.06 for pH, respectively (Cen et al., 2006). Determination of glucose, fructose, sucrose and citric and malic acids in orange juices were carried out using dry extract samples and

the ability of calibration models was acceptable in comparison with the reference methods (Li et al., 1996). The classification accuracy for prochloraz residue was found to be 100% (Zhang et al., 2013).

In addition, 3D-front-face fluorescence spectroscopy has been used to assess the adulteration of orange juice by grapefruit juice at percentages as low as 1% (Ammari et al., 2015). Principal Component Analysis (PCA) was applied to a set of physicochemical variables and the addition of sugar were investigated. Detecting adulterations started from approximately 15%. The rapid automated screening technique Curie-point pyrolysis mass spectrometry (PyMS) was used to detect a 10% (w/v) beet sucrose solution adulterated with freshly squeezed orange juice over the range 0-20% (or 0-20 g l⁻¹ of added sucrose) and provided calibration models which gave excellent predictions for sucrose adulteration levels below 1% (Goodacre et al., 1997)

It is not easy to determine non-destructively or even destructively whether the juice is pure or being adulterated. Pineapple, orange, grapefruit, apple, clementine, and pomelo were investigated for adulteration using chromatographic experiments performed on a Waters ACQUITY™ UPLC™ system connected to Xevo G2 Q-ToF MS equipped with an electrospray ionisation source with multivariate data analysis and adulteration could be detected at 1% (Jandrić et al., 2014). Ammari et al. (2015) assessed the adulteration of orange juice by grapefruit juice by 3D-front-face fluorescence spectroscopy followed by Independent Components Analysis (ICA) and by classical methods such as free radical scavenging activity and total flavonoid content. The results of this study clearly indicated that frauds by adding grapefruit juice to orange juice can be detected at percentages as low as 1%. Near infrared spectroscopy is a rapid, non-destructive, accurate, environmental friendly technique for

determination of constituents in agricultural product and food and also for detection of an adulteration of food. It was applied to orange juice in some cases such as to estimate the saccharose concentration (Benoudjit et al., 2009) and to detect the citric acid and tartaric acid in orange juice (Cen et al., 2007). The obtained results suggested that the NIR approach represents a promising alternative to the traditional methods. Principal components analysis was used to classify the pure orange juice and adulterated ones using 46 volatile constituents (not NIR spectra) as parameters and it was also possible to classify the orange juice drinks relative to pure juice samples (Shaw et al., 1997). It has been no report on detection of sugar solution adulterated in orange juice using principal component analysis accompanied with NIR spectroscopy.



Chapter 3

Materials and Methods

Samples

There were 10 samples of 100% fresh juices squeezed from oranges (*Citrus tangerina*), referred to as “Kiew Wan” in Thailand, bought from main agricultural produce distributing market in Pathumthani province, Thailand. Before squeezing, the fruit was cut in half, with 2-3 halves being squeezed at a time without peeling or seed removal. There were 80 samples (200 ml each) which were prepared by adding 50% w/w sugar solution and water into 16 different levels of pure orange juices (5 samples for each level) (Table 1). The ratio of the compositions was by volume. There were 50 of purchased juice from 25 vendors in Bangkok and near-by provinces (2 samples from each vendor). Therefore there were 18 groups in total.

Near infrared spectroscopy

Each sample was scanned using near infrared (NIR) radiation of $12500\text{-}3600\text{ cm}^{-1}$ through a glass vial of 22 mm covered with a stainless steel transfection plate which provided a 2 mm optical path length using a Multi-Purpose Analyzer (MPA) FT-NIR spectrometer (Bruker, Bremen, Germany) (Figure 1). The scanning was done with a nominal resolution of 8 cm^{-1} , accumulating 32 scans per spectrum using a background of the gold at a room temperature of $25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$. The NIR spectra obtained were classified into 18 groups using principal component analysis by OPUS, v.7.0.129 software.

Table 1. Different concentration of orange juice adulterated with sugar solution.

Levels	Juice: Sugar Solution*: Water (by volume)	Added Sugar (g/ml juice)	Added Water (% of juice)
1	90:10:00	0.06	6.00
2	80:20:00	0.12	11.93
3	70:30:00	0.18	17.90
4	60:40:00	0.24	23.87
5	50:50:00	0.30	29.83
6	40:60:00	0.36	35.80
7	50:10:40	0.12	45.97
8	50:20:30	0.24	41.93
9	50:30:20	0.36	37.90
10	40:10:50	0.10	55.97
11	40:20:40	0.20	51.93
12	40:30:30	0.30	47.90
13	30:20:50	0.17	61.93
14	30:30:40	0.26	57.90
15	30:40:30	0.34	53.87
16	30:50:20	0.43	49.83

*Sugar solution concentration was 50% w/w.

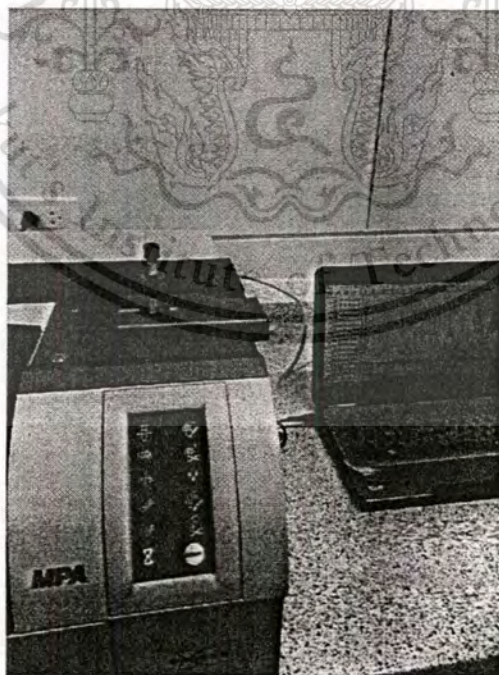


Figure 1. Near infrared scanning of orange juice sample using FT-NIR spectrometer

Spectrum Pre-treatment and NIR Spectroscopy Model Establishment

The NIR calibration models for the pure orange juice and adulterated samples were developed for determination of the amount of added sugar and added water using partial least squares regression (PLS). After the reference data and spectral data were merged and run in ascending order of the reference data. The calibration and validation set were randomly selected using OPUS, v.7.0.129 software with the condition that calibration set covered the full measurement range. Therefore, all types of juice, 100% fresh juice and adulterated juice, were in both calibration set and validation set. The calibration set consisted of approximately 70 % with the remainder used as a validation set. OPUS, v.7.0.129 was used in both spectrum pre-treatment and model development. The NIR spectra used for model development were pre-treated using the following methods in the software; no pre-treatment, constant offset elimination, straight line subtraction, vector normalization (SNV), min-max normalization, multiplicative scatter correction (MSC), first derivatives, second derivatives, first derivatives+straight line subtraction, first derivatives+SNV and first derivatives+MSC. The combination of the following wavenumber ranges including approximately 9000-7500 cm^{-1} (Region A), 7500-6100 cm^{-1} (Region B), 6100-5450 cm^{-1} (Region C), 5450-4600 cm^{-1} (Region D) and 4600-4250 cm^{-1} (Region E), and pre-treatment method was used for model development. The number of latent variables (PLS factors) in a calibration model was optimized by minimum root mean square error of cross validation (RMSECV). After that the optimal model was tested by validation set and the coefficient of determination (R^2), root mean square error of prediction (RMSEP) and the prediction bias were reported.

Chapter 4

Results and Discussion

Detection of Sugar Adulteration of Fresh Orange Juice by Near Infrared Spectroscopy

Table 2 shows the minimum (Min), maximum (Max), mean, and standard deviation (SD) of sugar-added and water-added in fresh orange juice samples in calibration set and validation set.

The scatter plot in Figure 2 shows the prediction data and the reference data for the sugar adulterated samples. The best model was developed using the vector normalization (SNV) method in the range of 6102 - 5446.3 cm^{-1} leading to a coefficient of determination (R^2), root mean square error of prediction (RMSEP), a bias and residual predictive deviation (RPD) of 92.06%, 0.0361%, -0.004% and 3.57, respectively.

Table 2. Minimum (Min), maximum (Max), mean, and standard deviation (SD) for sugar-added and water-added in fresh orange juice samples in calibration set and validation set.

Type of Set	Addition	No. Samples	No. Spectra	Mean	Max	Min	SD
Calibration set	Sugar (g/L)	61	122	0.22	0.43	0.00	0.11
Validation set	Sugar (g/L)	25	50	0.17	0.43	0.00	0.13
Calibration set	Water (%)	64	128	38.66	61.93	0.00	18.13
Validation set	Water (%)	26	51	26.50	61.93	0.00	21.45

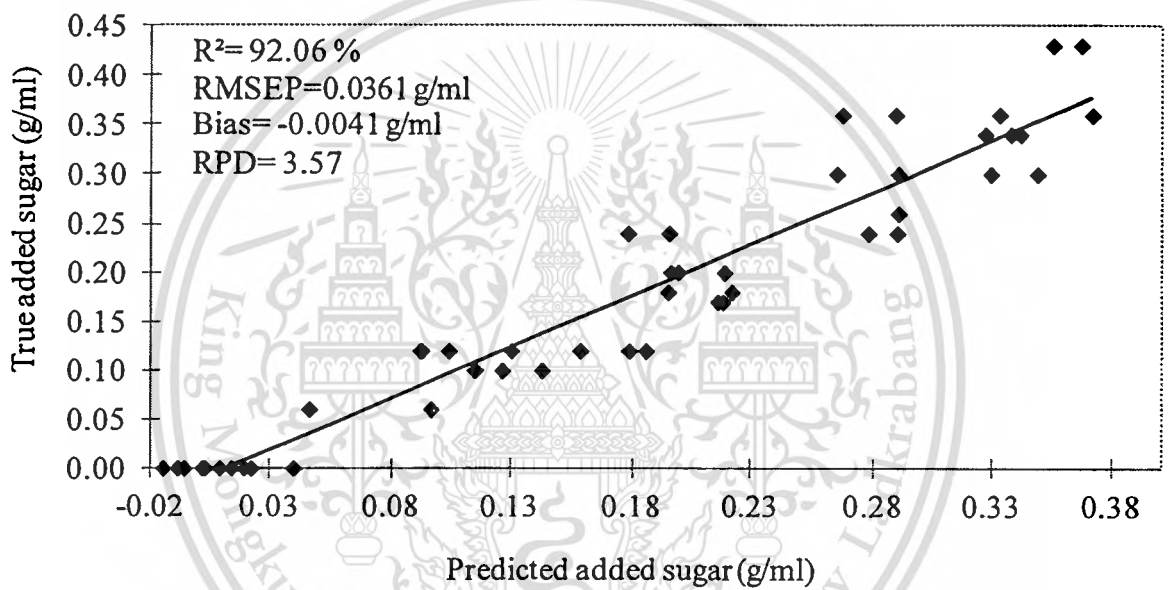


Figure 2. Plot of the observed versus predicted added sugar concentrations for the optimal NIR model generated on sugar adulterated juice samples of the validation set.

Table 3 shows the prediction statistics associated with the PLS model of the adulterated samples. In addition to a very low error of prediction, the R^2 of between 92-96% implies that the model is sufficiently predictive to be used in applications including quality assurance (Williams, 2007). The RPD is calculated from the ratio between the standard deviation of reference values in the validation set and the standard error of prediction. The RPD of 3.1-4.9 implies that the model is sufficient for screening (Williams, 2007).

Table 3. Prediction statistics of sugar-added adulterated of orange juice by PLS model.

Pre-treatment	Wave Number Range (cm ⁻¹)	PLS Factor	Calibration set			Validation set			
			R^2	RMSEE	RPD	R^2	RMSEP	RPD	Bias
Vector Normalization (SNV)	6102- 446.3	3	88.21	0.0396	2.91	92.06	0.0361	3.57	0.004

Figure 3 shows a plot of the regression coefficients for the model generated on the sugar adulterated samples while Figure 4 shows the corresponding X-loadings. The large regression coefficients and X-loadings indicate molecular vibration bands that are important in defining the PLS model. Table 4 contains data for the large peaks in the regression coefficient plot and X-loading plot and corresponds to important bond vibrations. It was apparent from the initial analysis that vibrations due to water effect were not important whereas those of cellulose and other C-H bonds were important. This appears to be a reflection of the fact that pure, fresh orange juice contains some degree of pulp material.

Table 4. Wave number and bond vibration that illustrated high regression coefficients and X-loading of optimal prediction model of table sugar added adulterated of orange juice.

Wave Number (cm ⁻¹)	Wavelength (nm)	Wavelength (nm) [14]	Bond vibration [14]	Structure [14]	Source (Fig. 2 and Fig. 3)
6036	1657	1660	C-H str. first overtone	cis-RCH=CHR ¹	Regression coefficient, Factor 3
5936	1685	1685	C-H str. first overtone	aromatic	Factor 2, Factor 3
5874	1702	1705	C-H str. first overtone	CH ₃	Regression coefficient, Factor 3
5805	1723	1725	C-H str. first overtone	CH ₂	Factor 2, Factor 3
5635	1775	1780	C-H str. first overtone	cellulose	Regression coefficient, Factor 2
5493	1820	1820	O-H str. +2 x C-O str.	cellulose	Regression coefficient

The scatter plot showing the reference data and the prediction data for the water added model is shown in Figure 5. The best model developed using non-pre-treated spectra in the range of 9403.8 - 7498.3 cm⁻¹ led to an R^2 , RMSEP, a bias and RPD of 87.68%, 7.37%, -1.26% and 2.89, respectively. Table 5 shows the prediction statistics associated with the PLS model built on the water-adulterated orange juice samples. The model displays R^2 of between 0.83-0.90 implying that the model is usable with caution for most applications, including research (Williams, 2007). The RPD of between 2.4-3.0 implies that the model is suitable for rough for screening (Williams, 2007).

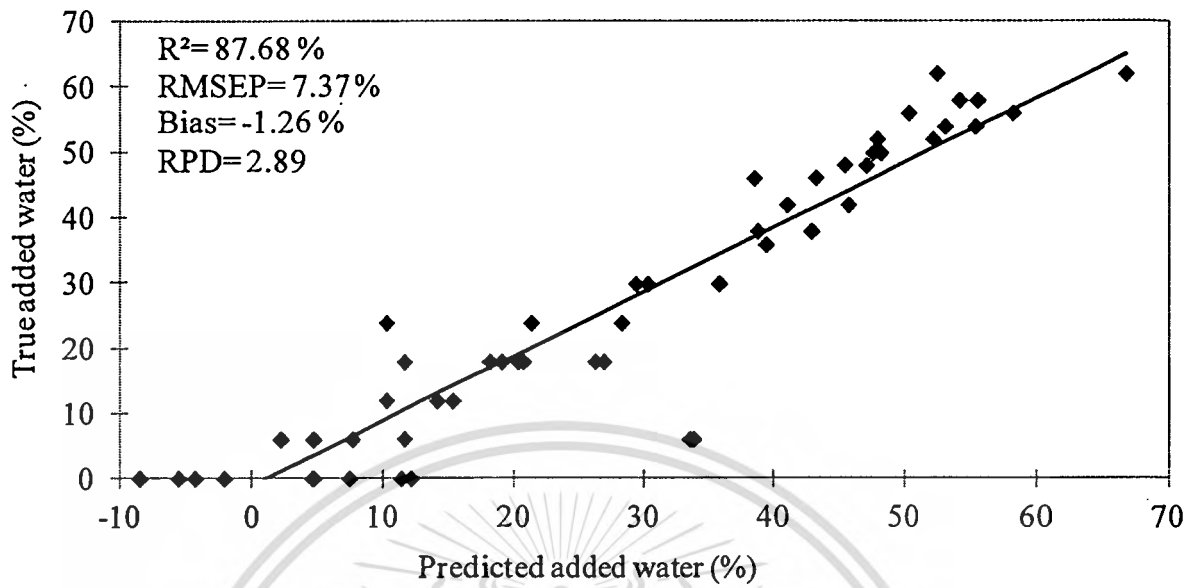


Figure 5. Plot of the observed versus predicted sugar concentrations for the optimal NIR model generated on the water adulterated juice samples of validation set.

Table 5. Statistics of prediction of water added adulterated of orange juice by PLS model.

Pre-treatment	Wavenumber Range (cm ⁻¹)	PLS Factor	Calibration set			Validation set			
			R ²	RMSEE	RPD	R ²	RMSEP	RPD	Bias
Non-pre-treated spectra	9403.8-7498.3	5	94.17	4.47	4.14	87.68	7.37	2.89	-1.26

Figure-6 shows a plot of the regression coefficients for the water adulterated model while Figure 7 shows a plot of the X-loadings. The absorption bands with large X-loadings and regression coefficients are described in more detail in Table 6. It was again obvious that the water band vibration had no effect on the model, instead being reliant on cellulose and other C-H vibration.

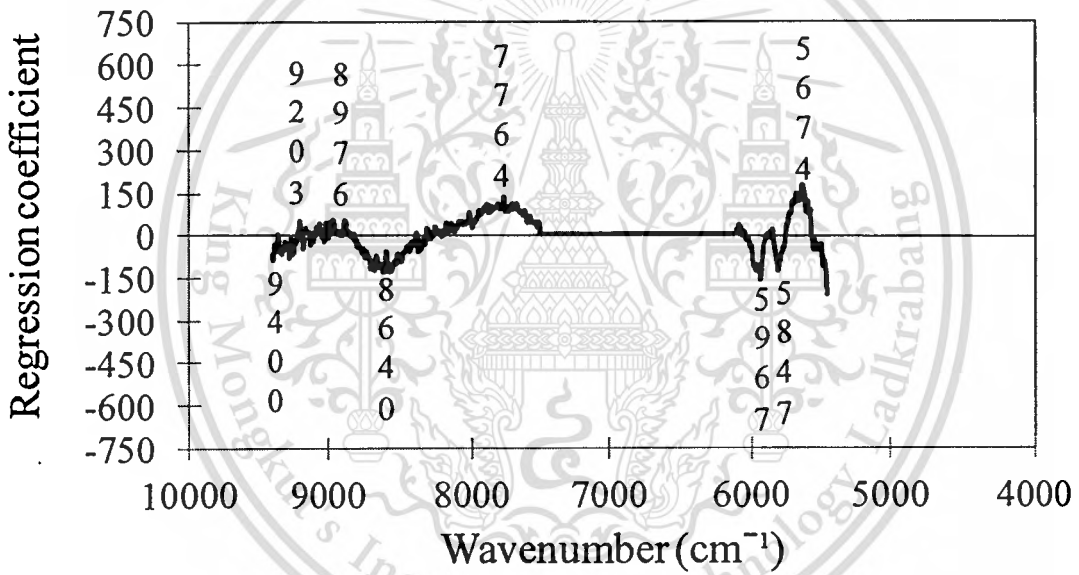


Figure 6. Plot of the regression coefficients versus NIR wavenumber for the optimal NIR model generated on the water adulterated juice samples.

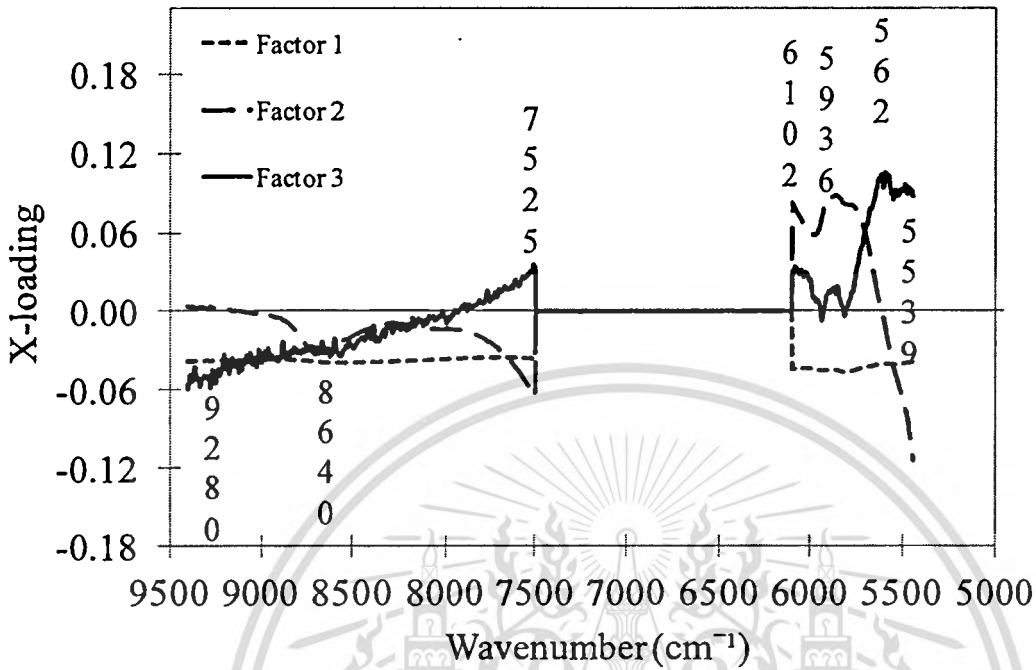


Figure 7. Plot of the X-loadings versus NIR wavenumber for the optimal NIR model generated on the water adulterated juice samples.

Table 6. Wavenumber and bond vibration that illustrated high regression coefficients and X-loading of optimal prediction model of water added adulterated of orange juice.

Wavenumber (cm ⁻¹)	Wavelength (nm)	Wavelength (nm) [14]	Bond Vibration [14]	Structure [14]	Source (Fig. 5 & Fig. 6)
9400	1064	1064	N-H str. second overtone	RNH ₂	Regression coefficient
9280	1078	1080	2 x C-H str.+ 2xC-C str.	benzene	Factor 3
8640	1157	1152	C-H str. second overtone	CH ₃	Regression coefficient, Factor 3
5936	1685	1685	C-H str. first overtone	aromatic	Factor 3
5847	1710	1705	C-H str. first overtone	CH ₃	Regression coefficient
5674	1762	1765	C-H str. first overtone	CH ₂	Regression coefficient
5628	1777	1780	C-H str. first overtone	cellulose	Factor 3

Classification of orange juice adulterated by table sugar solution using principal component analysis

Table 7 shows the detail of juice, sugar solution and water mixing ratio at different levels, the number of samples and number of spectra using in principal component analysis. The color of the markers using for each groups of samples is also indicated. Figure 8 shows the score plot of principal component 1 (PC1) and principal component 2 (PC2). It indicated that the NIR spectra of orange juice samples scanned by FT-NIR spectrometer could be fairly classified into different groups and the pure fresh orange juice was separated from the adulterated ones. The score plot showed that the juice samples bought from vendors were in groups of 50:20:30, 40:10:50, 40:20:40 and 30:20:50 of juice:50%w/w sugar solution:water (by volume). However, there was a vender sold 100% pure fruit juice.

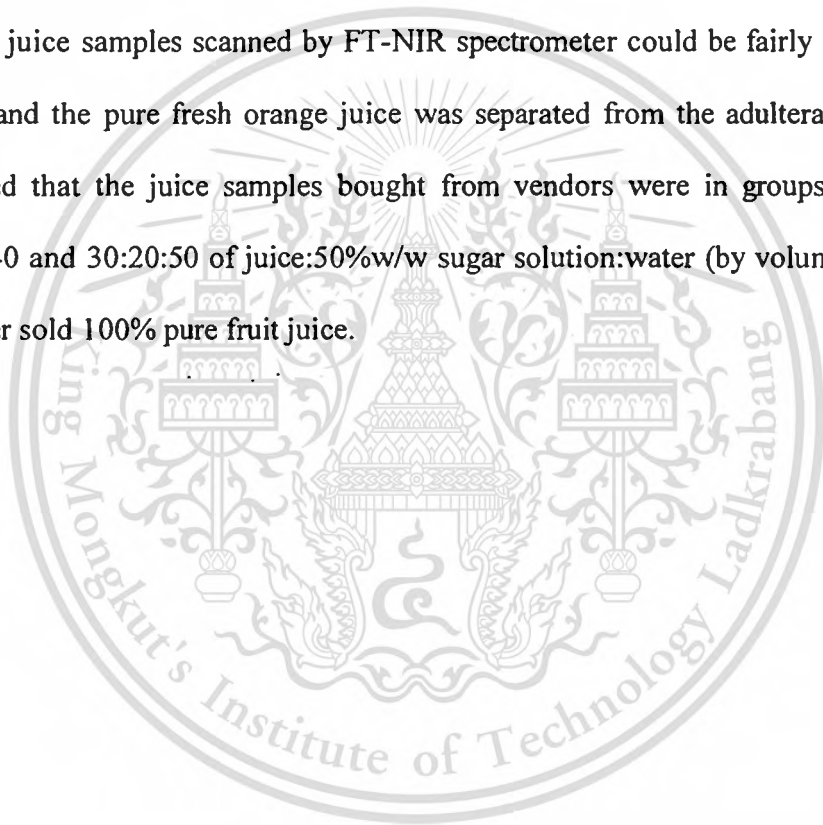


Table 7. Number of sample and spectra of each group of different juice, sugar solution and water mixing ratio.

Juice : 50%w/w sugar solution : water (by volume)	Number of samples	Number of spectra	
100:00:00	10	19	
90:10:00	5	10	
80:20:00	5	10	
70:30:00	5	10	
60:40:00	5	12	
50:50:00	5	10	
40:60:00	5	10	
50:10:40	5	10	
50:20:30	5	10	
50:30:20	5	10	
40:10:50	5	10	
40:20:40	5	10	
40:30:30	5	10	
30:20:50	5	10	
30:30:40	5	10	
30:40:30	5	10	
30:50:20	5	10	
Samples from vendors	50	97	

Color is for indication of group which will be illustrated in score plot in Figure 2.

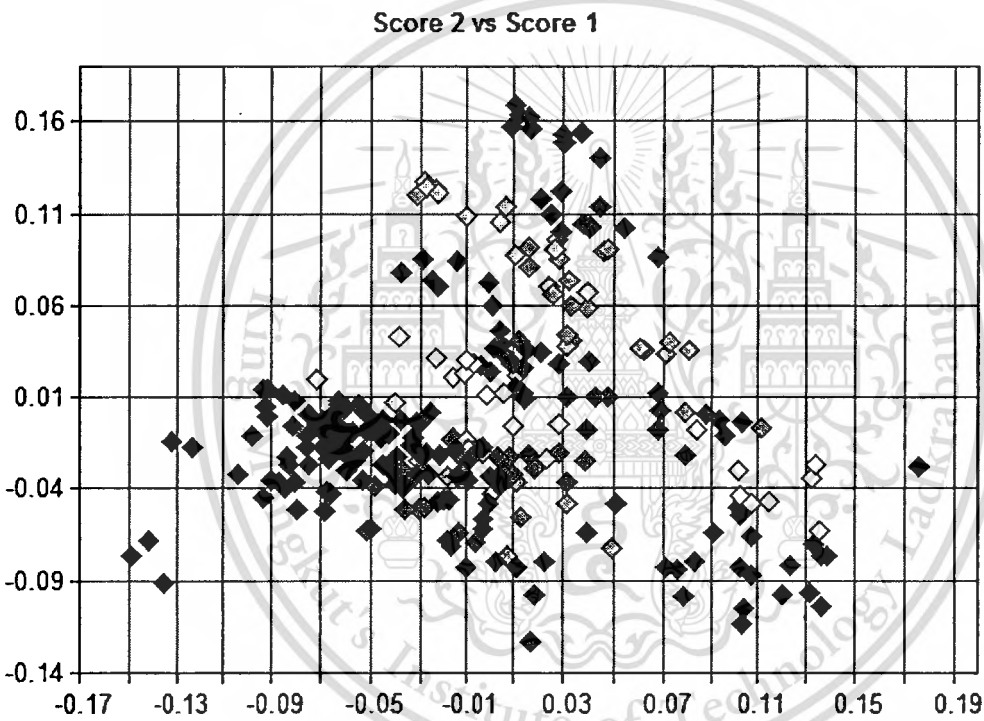


Figure 8. Score plot of principal component 1 (PC1) and principal component 2 (PC2) derived from near infrared spectra of different groups of orange juice. Different color show different group (see Table 7).

Chapter 5

Conclusion

The results obtained in this study suggest that NIR spectroscopy could be used as an alternative method to determine the adulteration of orange juice by sugar and water. The amount of sugar and water added to orange juice can be evaluated using this technique. The predictive statistics suggest these models are suitable for use with caution in most applications. This useful finding suggests the method could be used to guide the decisions by food and drug administrations in terms of product quarantine in order to protect consumers.

Near infrared spectroscopy with principal component analysis proved its ability in classification of pure orange juice and sugar solution adulterated ones. This protocol developed in this study is rapid, accurate, and can be substituted the complicated detection methods. It needed no sample preparation and used only a few drops of sample. The food security or food safety organization and related sectors should be encouraged to apply this method to benefit the consumers.

References

- Ammari F, Redjidal L, Rutledge DN (2015) Detection of orange juice frauds using front-face fluorescence spectroscopy and Independent Components Analysis. *Food Chem* 168: 211–217. [doi:10.1016/j.foodchem.2014.06.110](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2014.06.110)
- Benoudjit N., Melgani F., Bouzgou H. (2009), Multiple regression systems for spectrophotometric data analysis. *Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems*, 95(2), 144-149.
- Boggia R, Casolino MC, Hysenaj V, Oliveri P, Zunin PA (2013) Screening method based on UV–Visible spectroscopy and multivariate analysis to assess addition of filler juices and water to pomegranate juices. *Food Chem* 140: 735–741. [doi:10.1016/j.foodchem.2012.11.20](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2012.11.20)
- Cen H, He Y, Huang M (2006) Measurement of soluble solids contents and pH in orange juice using chemometrics and vis-NIRS. *J Agr Food Chem* 54(20): 7437-7443. [doi:10.1021/jf061689f](https://doi.org/10.1021/jf061689f)
- Cen H, Bao Y, He Y, Sun D-W (2007) Visible and near infrared spectroscopy for rapid detection of citric and tartaric acids in orange juice. *J Food Eng* 82 (2): 253-260. [doi:10.1016/j.jfoodeng.2007.02.039](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.02.039)
- Goodacre R, Hammond D, Kell DB (1997) Quantitative analysis of the adulteration of orange juice with sucrose using pyrolysis mass spectrometry and chemometrics. *J Anal Appl Pyrol* 40-41: 135-158. [doi:10.1016/S0165-2370\(96\)00973-4](https://doi.org/10.1016/S0165-2370(96)00973-4)
- Hong X, Wang J (2014) Detection of adulteration in cherry tomato juices based on electronic nose and tongue: Comparison of different data fusion approaches. *J Food Eng* 126: 89–97. [doi:10.1016/j.jfoodeng.2013.11.008](https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2013.11.008)
- Jandrić Z., Roberts D., Rathor M.N., Abraham A., Islam M., Cannavan A. (2014), Assessment of fruit juice authenticity using UPLC–QToF MS: A metabolomics approach. *Food Chemistry*, 148, 7-17.
- Li W, Goovaerts P, Meurens M (1996) Quantitative analysis of individual sugars and acids in orange juices by near-infrared spectroscopy of dry extract. *J Agr Food Chem* 44(8): 2252-2259. [doi:10.1021/jf9500750](https://doi.org/10.1021/jf9500750)

- Moore J.C., Spink J., Lipp M. (2012), Development and application of a database of food ingredient fraud and economically motivated adulteration from 1980 to 2010. *J. Food Science*, 77, R118–R126.
- Osborne BG, Fearn T (1986) *Near infrared spectroscopy in food analysis* (1st published). Longman Science and Technical, UK: p117.
- Rampersaud G. (2007), A comparison of nutrient density scores for 100% fruit juices. *J Food Science*, 72, 261–266.
- Rodriguez-Saona LE, Fry FS, McLaughlin MA, Calvey EM (2001) Rapid analysis of sugars in fruit juices by FT-NIR spectroscopy. *Carbohyd Res* 336: 63–74. [doi:10.1016/S0008-6215\(01\)00244-0](https://doi.org/10.1016/S0008-6215(01)00244-0)
- Scalzoa R L, Iannoccaria T, Summaa C, Morellib R, Rapisardac P (2004) Effect of thermal treatments on antioxidant and antiradical activity of blood orange juice. *Food Chem* 85: 41–47. [doi:10.1016/j.foodchem.2003.05.005](https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.05.005)
- Shaw P.E., Moshonas M.G. (1997), Quantification of volatile constituents in orange juice drinks and its use for comparison with pure juices by multivariate analysis. *LWT - Food Science and Technology*, 30(5), 497-501.
- Stinco CM, Baroni MV, Romina D, Naranjo DP, Wunderlin DA, Francisco JH, Antonio J, Isabel MV (2015) Hydrophilic antioxidant compounds in orange juice from different fruit cultivars: Composition and antioxidant activity evaluated by chemical and cellular based (*Saccharomyces cerevisiae*) assays. *J Food Compos Anal* 37: 1–10. [doi:10.1016/j.jfca.2014.09.006](https://doi.org/10.1016/j.jfca.2014.09.006)
- Vaira S, Mantovani VE, Robles JC, Sanchis JC, Goicoechea HC (1999) Use of chemometrics: Principal component analysis (PCA) and principal component regression (PCR) for the authentication of orange juice. *Anal Lett* 32(15): 3131-3141. [doi:10.1080/00032719908543031](https://doi.org/10.1080/00032719908543031)
- Williams P (2007) *Near-infrared technology—Getting the best out of light* (5thed.). A short course in the practical implementation of near-infrared spectroscopy for the user. PDK Grain, Nanaimo, Canada: p 5-8.

- Yang M., Lee S.-G., Wang Y., Lloyd B., Chung S.-J., Song W.O., Chun O.K. (2013), Orange juice, a marker of diet quality, contributes to essential micronutrient and antioxidant intakes in the United States population. *J. Nutrition Education and Behavior*, 45(4), 340-348.
- Zhang Y, Xiang B, Dong, Y, Xu J (2013) Rapid determination of prochloraz in orange juice by near-infrared spectroscopy. *Anal Lett* 46(17): 2739-2751.
[doi:10.1080/00032719.2013.811678](https://doi.org/10.1080/00032719.2013.811678)



ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

1. ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาว ปานมนัส สิริสมบุญ
(ภาษาอังกฤษ) Ms. Panmanas Sirisomboon
2. รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38-50-0171
3. เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 4-1009-00107-43-1
4. ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
5. หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมเบอร์โทรศัพท์และโทรสาร

หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

กรุงเทพฯ 10520

โทรศัพท์ 02-329800 ต่อ 5120, 5008

โทรสาร 02-33298336

6. ประวัติการศึกษา
ปริญญาตรี (พ.ศ.2519 - พ.ศ.2523) วศ.บ. (วิศวกรรมเกษตร) มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
ปริญญาโท (พ.ศ.2525 - พ.ศ. 2527) M.Eng. (Farm machinery and management)
Asian Institute of Technology (Thailand)
ปริญญาเอก (พ.ศ.2540 - พ.ศ.2544) Ph.D. (Agric. Science) United Graduate School of
Kagoshima University (Saga University), Japan.
6. สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของวัสดุเกษตรและอาหาร
สมบัติทางเนื้อสัมผัสของวัสดุเกษตรและอาหาร
การตรวจสอบคุณภาพของวัสดุเกษตรและอาหารโดยใช้ Near Infrared Spectroscopy
เทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ

รางวัลงานวิจัยคุณภาพในการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขต

กำแพงแสน ครั้งที่ 6 ประจำปี 2552 (The 6th Conference of Kasetsart University

Kamphaeng Saen Campus)

สาขาวิศวกรรมศาสตร์

ระดับดีเด่น

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และ พัทรี คล้ายมณี

เรื่อง : สมบัติเชิงกายภาพของข้าวโพดหวาน

(Physical Properties of Sweet Corn)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ
- โคจรระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัย หรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น
- 7.1 ผู้อำนวยการแผนการวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย
- 7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย
1. โครงการ เครื่องเกี่ยวนวดถั่วเหลือง (ทุนวิจัยกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดลอม)
 2. โครงการ เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด (ทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.)
 3. โครงการ การศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่ง เป็นพันธุ์ที่มีการส่งออก (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน โดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 496,280 บาท)
 4. โครงการเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบที่ระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ (เงิน รายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 147,000 บาท ปี 2549)
 5. โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก (เงินรายได้คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สจล. 152,500 บาท ปี 2550)
 6. โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องทำไอศกรีมโดยใช้ระบบการทำความเย็น เบื้องต้นที่ความดันสูญญากาศ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 67,060 บาท ปี 2551)
 7. การประเมินดัชนีคุณภาพภายในและภายนอกของส้มโอเพื่อการส่งออกที่ระยะเวลา เก็บรักษาต่าง ๆ กันด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (ทุน วิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 200,000 บาท ปี2551)
 8. โครงการเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชุดด้วยความดันสูญญากาศเพื่อการผลิตน้ำมัน มะพร้าวบริสุทธิ์ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 100,000 บาท ปี 2552)
 9. โครงการการวิเคราะห์ค่าปริมาณเนื้อยางแห้งและความหนืดของน้ำยางข้น สำหรับ ห้องปฏิบัติการในโรงงานด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรส โคปี (สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรม ในโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา ปี 2552 132,000 บาท)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

10. โครงการเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดด้วยความดันสูญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรดเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 59,000 บาท ปี 2553)
11. โครงการการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อยางแห้งในน้ำยางสดและน้ำยางข้นโดยการวัดที่ต้นยางพาราโดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2553-2554 โดยพิจารณาโครงการ โดยสภาวิจัย 551,200 บาทและ สกอ. 192,800บาท)
12. โครงการการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเนื้อแตงโมด้วยเทคนิคที่ไม่ทำลายด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 โดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 242,500บาท)
13. โครงการการพัฒนาเทคนิคมาตรฐานการวัดเนื้อสัมผัสข้าวสวยเพื่อใช้ในอุตสาหกรรมผลิตข้าวสารและข้าวแปรรูป (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2555)
14. โครงการการตรวจสอบคุณภาพของส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้ง โดยวิธีแบบไม่ทำลาย ด้วยเทคนิค Near Infrared Spectroscopy (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2555)
15. โครงการเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับจ๋า (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2555)
16. โครงการการวิเคราะห์สารแกมมาอะมิโนบิวทริกแอซิดหรือสารกาบาในข้าวกล้องงอกด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2555 โดยพิจารณาโครงการ โดยสภาวิจัย 1,207,000บาท)
17. โครงการการจำแนกพันธุ์ข้าวหอมมะลิจากพันธุ์ปลอมปน โดยวิธีไม่ทำลายด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 80,000 บาท ปี 2556)
18. โครงการการตรวจวัดสารที่มีสรรพคุณต่อสุขภาพและสมบัติที่เกี่ยวข้องบางประการในน้ำพริกแกงแดงของไทย โดยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 80,000 บาท ปี 2556)
19. โครงการการพัฒนาเทคนิคการวัดปริมาณน้ำมันและสมบัติเชิงความร้อนของชีวมวล โดยวิธีไม่ทำลายด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี: กรณีศึกษา เนื้อในเมล็ดสับจ๋า (ประจำปี 2556โครงการทุนวิจัยมหัศจรรย์ สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 270,000บาท)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

20. โครงการการวิเคราะห์ปริมาณเกลือของปลาชารดินในอุตสาหกรรมผลิตปลาชารดิน กระทบด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (ประจำปี 2556 ทุนพัฒนา นักวิจัย กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 924,000 บาท)
21. โครงการเทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับบการวัดความหนืด ปริมาณความเป็นด่าง และ จำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยางพาราชั้น โดยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี(โครงการทุน พวอ. ระดับปริญญาโท ประจำปี 2556 300,000 บาท)
22. โครงการการวิเคราะห์ฮีสตามีนและความสดของปลาชารดินด้วยเทคนิคเนียร์ อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี(ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2557 โดยพิจารณา โครงการโดยสภาวิจัย 729,000บาท)
23. โครงการการศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจวัดปริมาณความชื้นในแป้งมัน สําปะหลังหมาด โดยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (เงินรายได้คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สจล. 60,000 บาท ปี 2557)
24. โครงการการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 60,000 บาท ปี 2557)
25. โครงการการวิเคราะห์คุณภาพของน้ำแกงเขียวหวานและน้ำแกงเผ็ดแดงด้วยเนียร์ อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.): ระดับปริญญาโท ประจำปี 2557 300,000 บาท)
26. โครงการการใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีแทนวิธีเทอร์โมกราวิเมตรีและบอมบ์ แคลอรีเมตรีในการวิเคราะห์สมรรถนะการแยกสลายด้วยความร้อน พารามิเตอร์เชิง จลน์และค่าความร้อนสูงของไม้ไผ่อัดเม็ด (โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก(คปก) สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี1,838,000 บาท ปี 2557)
27. โครงการการประเมินความสุกแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองเพื่อการส่งออกและการ ประเมินคุณภาพการรับประทานของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองเพื่อการขายใน ห้างสรรพสินค้าโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี(ทุนวิจัยงบประมาณ แผ่นดิน ประจำปี 2558 โดยพิจารณาโครงการ โดยสภาวิจัย 297,900.บาท บาท)
28. โครงการการตรวจการปลอมปนของน้ำส้มสดโดยสารละลายน้ำตาลโดยใช้เนียร์ อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 50,000 บาท ปี 2558)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วที่เกี่ยวข้องกับเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี :

1. โครงการวิจัย เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด (หัวหน้าโครงการ)

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Panmanas Sirisomboon, Yuki Hashimoto and Munehiro Tanaka, 2008. Study on Non-destructive Evaluation Methods for Defect Pods for Green Soybean Processing by Near-Infrared Spectroscopy. Annual Meeting on the Japanese Society of Agricultural Machinery, 27 - 30 March 2008. Miyazaki Kanko Hotel 1-1-1 Matsuyama, Miyazaki-city, Miyazaki-prefecture, Japan.

Panmanas Sirisomboon, Yuki Hashimoto, Munehiro Tanaka. Study on non-destructive evaluation methods for defect pods for green soybean processing by near-infrared spectroscopy Journal of Food Engineering, 93 (4), 502-512 (2009)

2. โครงการวิจัย Study on the relationship between texture and pectin constituents of Japanese pear (ผู้ร่วมวิจัย)

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Takayoshi Akinaga and Takayuki Kojima 2001. Evaluation of the texture properties of Japanese pear, Journal of Texture Studies 31. 665-677. (be cited by Thompson A.K.: Fruit ripening conditions. In Fruit and vegetables-harvesting, handling and storage. 2nd editions. Blackwell Publishing. UK p. 88 (2003))

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Shuji Akinaga and Takayuki Kojima 2001. Relationship between the texture and pectin constituents of Japanese pear, Journal of Texture Studies 31. 679-690.

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Shuji Fujita, Takayoshi Akinaga and Takayuki Kojima 2001. A simplified method for the determination of total oxalate soluble pectin content of Japanese pear. Journal of food Composition and Analysis. 14, 14: 83-91.

Takayuki Kojima, Shuji Fujita, Munehiro Tanaka, Panmanas Sirisomboon 2004 Chapter 11, Plant Compounds and Fruit Texture: the Case of Pear. In Texture in Food, Volume 2: Solid Foods, David Kilcast Editor. Woodhead publishing limited. Cambridge, England. 1st edition p 259-294.

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Shuji Fujita, Takayuki Kojima 2007. Evaluation of pectin constituents of Japanese pear by near infrared spectroscopy, J. Food Engineering 78(2): 701-707.

3. โครงการ ญ่ค่าและชีวมวล

Panmanas Sirisomboon, Prakob Kitchaiya, Teerapong Pholpho and Wiroj Mahuttanyavanitch: Physical and mechanical properties of *Jatropha curcas* L. fruits, nuts and kernels, Biosystems Engineering, 2007, 97:201-207.

P. Sirisomboon, P. Kitchaiya, Physical properties of *Jatropha curcas* L. kernels after heat treatments. Biosystems Engineering, 2009, 102 (2), 244-250.

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Panmanas Sirisomboon, Jetsada Posom, Thermal properties of Jatropha curcas L. kernels. Biosystems Engineering, 113(4), 402-409.

Jetsada Posom and Panmanas Sirisomboon. Development of the technique for measuring of oil content and thermal properties of biomass by non-destructive method using near infrared spectroscopy: case study of Jatropha curcas kernels. RRI-MAG Congress I, the Twin Tower, Bangkok, Thailand Thailand during April 3-5, 2014 (in Thai).

Jetsada Posom, Panmanas Sirisomboon, Evaluation of the thermal properties of Jatropha curcas L. kernels using near-infrared spectroscopy, Biosystems Engineering, 125, 45-53 (2014).

Jetsada Posom, Panmanas Sirisomboon, Evaluation of the moisture content of Jatropha curcas kernels and the heating value of the oil-extracted residue using near-infrared spectroscopy. Biosystems Engineering, 130, 52-59 (2015).

Amrit Shrestha, Wanphut Saechua, Panmanas Sirisomboon, Some physical and combustion characteristic of Leucaena leucophala pellet, The 8th TSAE International conference, Bitec, Bangkok, Thailand during March 17-19, 2015.

4. โครงการตรวจสอบคุณภาพส้มโอโดยไม่ทำลาย

ปานมนัส ศรีสมบูรณ์, จรูญพงศ์ เทียมประทีป, รวิภัทร ลากเจริญสุข, จิตรา คิวงช้าง. 2551. คุณภาพของเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ. รายงานการประชุมทางวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 18 ประจำปี 2551, การวิจัยกับการแก้ปัญหาวิกฤติชาติ 25-26 กันยายน 2551. โรงแรมกรีนเว็ลด์ พาเลซ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา หน้า 27 (6 หน้า)

ปานมนัส ศรีสมบูรณ์ และ รวิภัทร ลากเจริญสุข. 2552. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ “เกษตรนำไทย : อาหารและพลังงานทดแทนสู่สมดุลอย่างยั่งยืน” เล่มที่ 7 สาขาสถาปัตยกรรมศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ 17-20 มีนาคม 2552 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตบางเขน กรุงเทพมหานคร

Panmanas Sirisomboon, Jitra Duangchang. 2009. Prediction and analysis of peel essential oil of pomelo by NIR spectroscopy. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on “Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind” 1-3 April 2009, Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

Panmanas Sirisomboon, Warunee Thanapase, Ravipat Lapcharoensuk 2009. Identification of Different Storage Duration of Pomelo (Kao Num Peung Variety) by Near Infrared Spectroscopy using

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

SIMCA. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on “Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind” 1-3 April 2009 , Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

Panmanas Sirisomboon, Charoonpong Theamprateep 2009. Maturity Classification of Kao Nampueng Pomelo Fruit using Visible Range Spectrum. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on “Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind” 1-3 April 2009 , Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

Panmanas Sirisomboon, Warunee Thanapase, Ravipat Lapcharoensuk. Identification of Different Storage Duration of Pomelo (Kao Num Peung Variety) by Near Infrared Spectroscopy using PLS-DA. The 3rd Asian Near Infrared Symposium (ANS2012) Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand; 14-18 May 2012.

P. Sirisomboon and C. Theamprateep, Physicochemical and Textural Properties of Pomelo (*Citrus maxima* Merr. cv. Kao Num Peung) at Preharvest, Postharvest and During the Commercial Harvest Period. *The Philippine Agricultural Scientist*, 95 (1), 43-52 (2012).

P. Sirisomboon, R. Lapchareonsuk, Evaluation of the physicochemical and texture properties of pomelo fruit following storage. *Fruits*, 67 (6), 399-414 (2012).

Panmanas Sirisomboon, Warunee Thanapase, Ravipat Lapcharoensuk. Identification of Different Storage Duration of Pomelo (Kao Num Peung Variety) by Near Infrared Spectroscopy using PLS-DA. The 3rd Asian Near Infrared Symposium (ANS2012) Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand; 14-18 May 2012.

5. โครงการขยายพารา

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และวิพันธ์ ชาวบ้านกร่าง 2552. สมบัติเชิงความหนืดของน้ำยางชั้นที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6, 8-9 ธันวาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์, และ อภินันท์ แก้วกับทอง, 2553. ผลของอายุการเก็บรักษาน้ำยางชั้นต่อปริมาณเนื้อยางแห้ง. รายงานการประชุมทางวิชาการสมาคมวิศวกรรมเกษตรแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 11. 6-7 พฤษภาคม 2553. นวัตกรรมทางวิศวกรรมเกษตรเพื่อเศรษฐกิจพอเพียงและชุมชนเข้มแข็ง. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม. หน้า 382-385.

Panmanas SIRISOMBOON and Apidul KEAWKUPTONG. Evaluation of dry rubber content of
This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

concentrated latex by Near-infrared Spectroscopy, The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering “International Conference on Agricultural Engineering” (Novelty, Clean and Sustainable) Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011, p 49-1 -49-5.

ปานมนัส สิริสมบูรณ์, รวิพันธ์ ชาวบ้านกร่างและ อภิญญา แก้วกับทอง, 2554. .การวิเคราะห์ค่าความหนืดและปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสดและน้ำยางข้นสำหรับห้องปฏิบัติการในโรงงานด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี วิจัยยางพารา เล่มที่ 6, 297-308.

Panmanas Sirisomboon, Rawiphon Chowbankrang, Phil Williams, Evaluation of apparent viscosity of Para rubber latex by diffuse reflection near infrared spectroscopy. Applied Spectroscopy, 66(5), 595-599 (2012).

Tetsuya Inagaki, Panmanas Sirisomboon, Chang Liu, Warunee Thanapase, and Satoru Tsuchikawa, High accuracy in-line prediction and feasibility of on-site nondestructive estimation of Para rubber quality by spectroscopic methods. Journal of Wood Science, 59(2), 119-126, 2013.

P. Sirisomboon, A. Kaewkuptong and P. Williams, Feasibility study on the evaluation of the dry rubber content of field and concentrated latex of Para rubber by diffuse reflectance near infrared spectroscopy. J. Near Infrared Spectrosc. 21, 81–88 (2013).

Aphichart Sompiw and Panmanas Sirisomboon. Nondestructive evaluation technique for viscosity, alkalinity and potassium hydroxide number in concentrated para rubber latex by near infrared spectroscopy. RRI-MAG Congress I, the Twin Tower, Bangkok, Thailand during April 3-5, 2014 (in Thai).

Aphichart Sompiw and Panmanas Sirisomboon. Evaluation of Para rubber latex viscosity using shortwave near infrared spectroscopy. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhaya, Thailand during April 2-4, 2014.

6. โครงการข้าว

Areerat Imsil, Ronnarit Rittiron, Panmanas Sirisomboon and Varipat Areekul, Classification of Hom Mali rice with different degrees of milling based on physicochemical measurements by principal component analysis. Kasetsart Journal: Natural Science, 45(5), 863-873 (2011)

Somchai Kladsuk, Panmanas Sirisomboon, Selection of cooking method for cooked rice texture

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

determination and sensory panel training in research work. International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST - 2012) November 21 - 24, 2012, SwissÔtel Le Concorde, Bangkok, Thailand (Paper ID 00136)

Nuttagom Sonsanguan, **Panmanas Sirisomboon**, Jiraporn Sripinyowanich Jongyingcharoen, Selection of objective test for cooked rice texture determination in research and industrial work. International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST - 2012) November 21 - 24, 2012, SwissÔtel Le Concorde, Bangkok, Thailand (Paper ID 00137)

C. Dachoupan Sirisomboon, R. Putthang, P. Sirisomboon, Application of near infrared spectroscopy to detect aflatoxigenic fungal contamination in rice. Food Control, 33(1), 207-214, 2013.

Ravipat Lapchareonsuk and **Panmanas Sirisomboon**. Some physical properties of rice in rice improvement plant. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhya, Thailand during April 2-4, 2014.

Kannapot Kaewsorn and Panmanas Sirisomboon. Feasibility study for evaluation of gamma-aminobutyric acid (GABA) content of germinated brown rice by visible and near infrared spectroscopy. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhya, Thailand during April 2-4, 2014.

K. Kaewsorn and Panmanas Sirisomboon, Determination of the gamma-aminobutyric acid content of germinated brown rice by near infrared spectroscopy, J. Near Infrared Spectrosc. 22(1), 45-54 (2014).

Ravipat Lapchareonsuk and Panmanas Sirisomboon, Alternative method for measuring of whiteness and transparency of rice using mathematic model of color values, The 8th TSAE International conference, Bitec, Bangkok, Thailand during March 17-19, 2015.

Ravipat Lapchareonsuk & Panmanas Sirisomboon, Sensory Quality Evaluation of Rice Using Visible and Shortwave Near-Infrared Spectroscopy. International Journal of Food Properties, 18(5), 1128-1138, 2015.

7. โครงการมะเขือเทศ

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka and Takayuki Kojima, 2008. Intensive Evaluation of Tomato ‘Momotaro’ Textural Properties. Annual Meeting on the Japanese Society of Agricultural Machinery, 27 - 30 March 2008. Miyazaki Kanko Hotel 1-1-1 Matsuyama, Miyazaki-city, Miyazaki-prefecture, Japan

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Takayuki Kojima, Evaluation of tomato textural mechanical properties. Journal of Food Engineering, 111(4), 618-624, 2012.

Panmanas Sirisomboon, Munehiro Tanaka, Takayuki Kojima, Phil Williams, Nondestructive Estimation of Maturity and Textural Properties on Tomato ‘Momotaro’ by Near Infrared Spectroscopy. Journal of Food Engineering, 112(3), 218-226, 2012.

8. ทูเรียน

Phalanon Onsawai and Panmanas Sirisomboon. Color and soluble solids content of Durian pulp at different maturity stages. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhya, Thailand during April 2-4, 2014.

Phalanon Onsawai and Panmanas Sirisomboon, Determination of dry matter and soluble solids of durian pulp using diffuse reflectance near infrared spectroscopy. Journal of Near Infrared Spectroscopy, 23(3), 167-179, (2015).

9. แป้งมันสำปะหลัง

Wantanee Phoonphatthanachai and Panmanas Sirisomboon. Feasibility study for the evaluation of moisture content in tapioca starch cake by near Infrared spectroscopy. The 3rd International Conference on Engineering, Applied Sciences, and Technology (ICEAST 2013), The Sukosol, Bangkok, Thailand during August 21-24, 2013.

Kittisak Phetpan and Panmanas Sirisomboon. Feasibility study for the evaluation of moisture content in tapioca starch cake by near infrared reflectance spectroscopy. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhya, Thailand during April 2-4, 2014.

Kittisak Phetpan, Panmanas Sirisomboon, Evaluation of the moisture content of tapioca starch using near-infrared spectroscopy, J. Innovative Optical Health Sciences, 8(2), (2015) 1550014 (12 pages).

10. น้ำแกงสำเร็จรูป

Natcha Thitibunjan and Panmanas Sirisomboon. Feasibility study on evaluation of salt content of Massaman curry soup using near infrared spectroscopy. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhya, Thailand during April 2-4, 2014.

Jutharat Nawayon and **Panmanas Sirisomboon**. Feasibility study on evaluation of total solids of Massaman curry soup using near infrared spectroscopy. The 7th TSAE International conference, Krungsri River Hotel, Ayudhya, Thailand during April 2-4, 2014.

11. ปลาซาร์ดีนกระป๋อง

Panmanas Sirisomboon, Pimpen Pornchaloempong, Peerawat Ramsiri, Skaow Pongkuan and Sarocha Srikornkarn, Evaluation of the salt content of canned sardines in tomato ketchup by diffuse reflection near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectrosc.* 22(5), 329–336 (2014)

Sarocha Srikornkarn, Panmanas Sirisomboon, Feasibility of evaluation of salt content in canned sardine in oil by near infrared spectroscopy. *Agriculture and Agricultural Science Procedia*, 2, 381-385 (2014).

Srocha Srikornkarn and Panmanas Sirisomboon, Feasibility of evaluation of salt content of canned sardines in oil by near infrared spectroscopy. The Second International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEi2014), Berjaya Times Square Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia, during 1-3 December 2014.

Sakaow Pongkuan and Panmanas Sirisomboon, Feasibility study on evaluation of salt content in canned sardines in brine by near infrared spectroscopy. The Second International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEi2014), Berjaya Times Square Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia, during 1-3 December 2014.

12. น้ำส้ม

Panmanas Sirisomboon, Teerapong Pholpho and Jutharat Nawayon, Classification of orange juice adulterated by table sugar solution using principal component analysis, The 11th International Conference “Inter-University Cooperation Program” “ASIAN Community Knowledge Networks for the Economy, Society, Culture, and Environmental Stability” 30 March – 3 April 2015 at Soaltee Crowne Plaza Kathmandu Hotel, Federal Democratic Republic of Nepal.

Jutharat Nawayon and Panmanas Sirisomboon, Detection of Sugar Solution Adulteration of Fresh Orange Juice by Near Infrared Spectroscopy. *International Journal of Bioprocess and Biotechnological Advancements*, Volume:1, Issue:1, April 24, 2015.

13. อื่นๆ

Panmanas Sirisomboon, Suppakit Howvimanporn 2009. Determination of soluble solids of honey by

This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.

near infrared spectroscopy. 10th International Conference of Thailand Society of Agricultural Engineering on “Innovations of Agricultural, Food and Renewable Energy Productions for Mankind” 1-3 April 2009 , Suranaree Univeristy of Technology, THAILAND.

P. Sirisomboon, W. Thanapase, S. Kasemsumran and S. Howvimanporn 2009. Identification of honey authenticity by NIRS. The 14th International Conference on Near Infrared Spectroscopy. NIR 2009 Breaking the Dawn. 7-16 Novemebr 2009, Amari Watergate Hotel, Bangkok, Thailand.

Panmanas SIRISOMBOON, Sarid CHURCHART. Prediction of soluble solids content in cut watermelons using near infrared Spectroscopy, The 12th Annual Conference of Thai Society of Agricultural Engineering “International Conference on Agricultural Engineering” (Novelty, Clean and Sustainable) Chon-Chan Pattaya Resort, Chonburi, Thailand; 31 March-1 April 2011, p 48-1 - 48-5.

Jutharat Nawayon and Panmanas Sirisomboon, Detection of adulteration of orange juice by sugar solution using near infrared spectroscopy. The Second International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEi2014), Berjaya Times Square Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia, during 1-3 December 2014.

Kittisak Phetpan and Panmanas Sirisomboon, Application of near infrared spectroscopy for detection of steroid adulteration in traditional Thai medicine. The Second International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEi2014), Berjaya Times Square Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia, during 1-3 December 2014.

Natcha Thitibunjan and Panmanas Sirisomboon, Detection of adulteration of soy sauce by brine using near infrared spectroscopy. The Second International Conference on Agricultural and Food Engineering (CAFEi2014), Berjaya Times Square Hotel, Kuala Lumpur, Malaysia, during 1-3 December 2014.

T. Natcha, S. Panmanas, Detection of Adulteration of Soy Sauce by Brine Using Near Infrared Spectroscopy. Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2, 212-217 (2014).

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยคล้งแล้วประมาณร้อยละเท่าใด

ชื่อข้อเสนอการวิจัย	ปีที่รับ ทุน	ระยะเวลา (ปี)	วิจัยคล้งแล้ว (ร้อยละ)	แหล่งทุน

เทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับการวัดความหนืด ปริมาณความเป็นด่าง และจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยางพาราชั้นโดยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	2556	1	100	ทุน พวอ. (สกว.) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2556
การวิเคราะห์ปริมาณเกลือของปลาชาร์คินในอุตสาหกรรมผลิตปลาชาร์คินกระป๋องด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	2556	2	100	ทุนพัฒนานักวิจัยกองทุนวิจัยสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การวิเคราะห์ฮิสตามีนและความสดของปลาชาร์คินด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	2557	1	100	งบประมาณประจำปี 2557 (วช)
การวิเคราะห์คุณภาพของน้ำแกงเขียวหวานและน้ำแกงเผ็ดแดงด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	2557	1.5	95	โครงการพัฒนานักวิจัยและงานวิจัยเพื่ออุตสาหกรรม (พวอ.): ระดับปริญญาโท ประจำปี 2557
การใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีแทนวิธีเทอร์โมกราวิเมตรีและบอมบ์แคลอริเมตรีในการวิเคราะห์สมรรถนะการแยกสลายด้วยความร้อน พารามิเตอร์เชิงจลน์และค่าความร้อนสูงของไม้ไผ่อัดเม็ด	2557	3	20	โครงการปริญญาเอกกาญจนาภิเษก(คปก)สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ปี 2557)
การประเมินความสึกแก่ของทุเรียนพันธุ์หมอนทองเพื่อการส่งออกและการประเมินคุณภาพการรับประทานของเนื้อทุเรียนพันธุ์หมอนทองเพื่อการขายในห้างสรรพสินค้า	2558	1	90	ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2558 โดยพิจารณาโครงการ โดยสภาวิจัย

โดยใช้เทคนิคเนียร์				
อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี				
การตรวจการปลอมปนของ น้ำส้มสดโดยสารละลาย น้ำตาลโดยใช้เนียร์				เงินรายได้คณะ วิศวกรรมศาสตร์ สจล. ปี
อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี	2558	1	100	2558)



This material is reserved for educational use only, not allowed for commercial use.

Forbidden to modify the content, and cite the document when use.