



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
Evaluation of main composition of honey by near infrared spectroscopy

รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง



รายงานการวิจัยฉบับสมบูรณ์

การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
Evaluation of main composition of honey by near infrared spectroscopy

รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์

ได้รับทุนสนับสนุนงานวิจัยจากเงินรายได้ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
แหล่งเงิน งบประมาณเงินรายได้

ประจำปีงบประมาณ 2557 จำนวนเงินที่ได้รับการสนับสนุน 60,000 บาท

ระยะเวลาทำการวิจัย 1 ปี ตั้งแต่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ. 2556 ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ. 2557

ชื่อ-สกุล หัวหน้าโครงการ และผู้ร่วมโครงการวิจัย

น.ส. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ (หัวหน้าโครงการ) สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อประยุกต์ใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี ช่วงความยาวคลื่น 1100-2500 nm ในการทำนายองค์ประกอบของน้ำผึ้งและการแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐาน โดยวิเคราะห์องค์ประกอบน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และ ซูโครสของน้ำผึ้ง โดยใช้วิธีโครมาโตกราฟีแบบของเหลวแรงดันสูง และความชื้นด้วยการวัดโดยใช้ Refractometer และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างสเปกตรัมและค่าองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้ง ก่อนการทำชุดข้อมูล calibration ได้ใช้เทคนิค Principal Component Analysis (PCA) ตรวจสอบข้อมูลที่ผิดปกติจากกลุ่ม สร้างแบบจำลองด้วยวิธี Partial Least Square Regression (PLSR) โดยใช้สเปกตรัมเดิม หรือ ปรับแต่งสเปกตรัมด้วย First and Second Derivative (Savitzky-Golay algorithm with segment, 10 and 20 nm, second polynomial), Full Multiplicative Scatter Correction (MSC) และ Standard Normal Variance (SNV) แบบจำลองของฟรุกโตสที่การปรับแต่งสเปกตรัม 1st derivative with segment of 20 nm มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุด เท่ากับ 0.851 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 7.69 % ค่า bias เท่ากับ 0.031 % แบบจำลองของกลูโคสที่การปรับแต่งสเปกตรัม 1st derivative with segment of 20 nm มีค่า r สูงที่สุด เท่ากับ 0.807 SEP เท่ากับ 6.15 % ค่า bias เท่ากับ 0.47 % แบบจำลองของซูโครสที่การปรับแต่งสเปกตรัม 2nd derivative with segment of 20 nm มีค่า r สูงที่สุด เท่ากับ 0.937 SEP เท่ากับ 4.07 % ค่า bias เท่ากับ 0.28 % แบบจำลองของความชื้น ที่การปรับแต่งสเปกตรัม MSC มีค่า r สูงที่สุด เท่ากับ 0.979 SEP เท่ากับ 0.47 % ค่า bias เท่ากับ 0.11 %

ส่วนการแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งจะใช้วิธี Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA) และ Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) ในการแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานนั้นพบว่าวิธี PLS-DA สามารถแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานได้ถูกต้องกว่าวิธีแบบ SIMCA ซึ่งค่าการแบ่งกลุ่มนั้นพบว่าแบบจำลองของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานจะทำนายตัวเองได้ถูกต้อง 92.3 % และทำนายกลุ่มอื่นได้ถูกต้อง 100 % ส่วนแบบจำลองของน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานจะทำนายตัวเองได้ถูกต้อง 100 % และทำนายอีกกลุ่มหนึ่งได้ถูกต้อง 92.3 % การทำนายโดยรวมมีความถูกต้อง 95.8 %

คำสำคัญ : น้ำผึ้ง เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี น้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส ความชื้น

Research Title: Evaluation of main composition of honey by near infrared spectroscopy

Researcher: Panmanas Sirisomboon

Faculty: Engineering **Department:** Mechanical Engineering

ABSTRACT

This research aimed to use near infrared spectroscopy (NIRS) (1100-2500 nm) in prediction of the honey composition and in identification of honey authenticity. The reference laboratory used high performance liquid chromatography (HPLC) to measure fructose, glucose, and sucrose of honey and digital refractometer to measure moisture content. NIRS was used to obtain NIR spectrum of major composition of honey. Before developing of calibration set, principal component analysis (PCA) was used to detect outlier spectrum. Partial least square regression (PLSR) was used to develop calibration model using raw spectrum or pre-treated spectrum by first and second derivative (Savigny-Goley algorithm with segment 10 and 20 nm, second polynomial; full multiplicative scatter correction (MSC) and standard normal variance (SNV). To predict fructose the model developed from spectra of first derivative with segment of 20 nm prediction correlation coefficient (r) of 0.851, standard error of prediction (SEP) of 7.69% and bias of 0.03%. To predict glucose, The model developed from first derivative with segment of 20 nm spectra provided r of 0.87, SEP of 6.15% and bias of 0.48%. To predict sucrose, the model developed from second derivative with segment of 20 nm provided r of 0.937, sep of 4.07% and bias of 0.29%. To predict moisture content, the model developed from MSC spectra provided r of 0.979, SEP of 0.47 % and bias of 0.11%

For identification of honey authenticity, partial least square discriminant analysis (PLS-DA) and soft independent modeling of class analogy (SIMCA) were used. PLS-DA showed better performance in classifying groups of real honey and false honey than SIMCA. Model of real honey could self-predict with 92.3% correctness and other group-predict with 100% correctness. Model of false honey could self-predict with 100% correctness and other group-predict with 92.3% correctness. The percentage of overall correct classification was 95.8 %.

Keywords : honey, near infrared spectroscopy, fructose, glucose, sucrose, moisture

กิตติกรรมประกาศ

คณะผู้วิจัยขอขอบคุณคณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ซึ่งการวิจัยครั้งนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัยจากสถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง จากแหล่งทุนเงินรายได้ ประจำปีงบประมาณ พ.ศ. 2557

รศ.ดร. ปานมนัส คิริสมบูรณ์

นาย ศุภกิจ หอวิมานพร

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	ข
กิตติกรรมประกาศ.....	ค
สารบัญ.....	ง
สารบัญตาราง.....	ฉ
สารบัญภาพ.....	ช
บทที่ 1 บทนำ	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	3
1.3 ขอบเขตของการวิจัย.....	3
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	3
บทที่ 2 การทบทวนวรรณกรรม	4
2.1 วิธีการผลิตน้ำผึ้ง.....	4
2.2 สมบัติของน้ำผึ้งตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 211) พ.ศ. 2543	4
2.3 น้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอม.....	5
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	7
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	8
3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำผึ้งที่นำมาทดลอง.....	8
3.2 การวิเคราะห์อ้างอิง.....	8
3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม NIR กับข้อมูลอ้างอิง.....	13
3.4 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ.....	14
บทที่ 4 ผลการวิจัย	16
4.1 ผลการทดลองการหาองค์ประกอบของน้ำผึ้ง.....	16
4.2 ผลการทำนายการแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้ง.....	27

สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	31
5.1 การทดสอบหาค่าประกอบของน้ำผึ้ง.....	31
5.2 การแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งมาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐาน	32
บทที่ 6 สรุปผลผลิตงานวิจัย	33
6.1 สรุปรายชื่อและรายละเอียดผลผลิตงานวิจัยที่ผลิตได้และที่อยู่ระหว่างดำเนินการทั้งหมด.....	33
อาทิเช่น บทความ/ชิ้นงาน/สิทธิบัตร หรืออื่นๆ	
บรรณานุกรม/เอกสารอ้างอิง	34
ภาคผนวก	37
ภาคผนวก ก Relation between Brix value (%) and refractive index (nD).....	37
[Digital hand-held pocket refractometer PAL]	
ภาคผนวก ข Table 969.38 Relationship between refractive index and water contents of honey.....	38
ภาคผนวก ค ตารางบันทึกผลการทดลอง % ความชื้นของน้ำผึ้งที่ทราบแหล่งที่มาในชุด.....	40
calibration จากการหาค่าจาก Refractometer	
ภาคผนวก ง ตารางผลการทดลองหาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ด้วยวิธี HPLC.....	44
ภาคผนวก จ Results of PLS regression of honey.....	46
ภาคผนวก ฉ สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย.....	51
ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย	54

สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
1.1 องค์ประกอบมาตรฐานของน้ำผึ้งแท้.....	1
4.1 ค่าทางสถิติของชุด Calibration และชุด Prediction ขององค์ประกอบของน้ำผึ้ง.....	18
4.2 ผลของ PLS regression ของแต่ละองค์ประกอบของน้ำผึ้ง (ตารางรวมแสดงในภาคผนวก จ).....	19
4.3 ผลการคัดแยกน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานออกจากกันด้วยวิธี SIMCA.....	28
4.4 ผลการคัดแยกน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานออกจากกันด้วยแบบจำลอง PLS-DA.....	30

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
3.1 ขั้นตอนในการทดลอง	9
3.2 เครื่อง Refractometer รุ่น (ATAGO-PAL2, Japan)	10
3.3 การฉีดตัวอย่างเข้าเครื่อง HPLC	11
3.4 เครื่อง InfraAlyzer 500 (Bran+Luebbe).....	12
3.5 Sample cell สำหรับใส่ตัวอย่าง	13
3.6 ภาพการช่องใส่ตัวอย่าง.....	13
4.1 raw spectra ของน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และ ซูโครส.....	16
4.2 ค่าเฉลี่ยของสเปกตรัมเดิมของน้ำผึ้ง	17
4.3 สเปกตรัม NIR (2 nd derivative) ของของน้ำผึ้ง.....	18
4.4 ผลการทำนายน้ำตาลฟรุกโตสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิงโดยวิธี HPLC..	20
4.5 Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลฟรุกโตส.....	20
4.6 X-loading weight plot ของโมเดลน้ำตาลฟรุกโตส.....	21
4.7 ผลการทำนายน้ำตาลกลูโคสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิงโดยวิธี HPLC...	22
4.8 Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลกลูโคส.....	22
4.9 X-loading weight plot ของโมเดลน้ำตาลกลูโคส.....	23
4.10 ผลการทำนายน้ำตาลซูโครสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิงโดยวิธี HPLC...	24
4.11 Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลซูโครส	24
4.12 X-loading weight plot ของโมเดลน้ำตาลซูโครส	25
4.13 ผลการทำนายค่า ความชื้นด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิง.....	26
4.14 Regression coefficient ของ ความชื้น ที่สเปกตรัม NIR ของน้ำผึ้ง.....	26
4.15 X-loading weight plot ของโมเดลความชื้น.....	27
4.16 ผลการทำนาย % ความถูกต้อง.....	29

บทที่ 1

บทนำ

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เนื่องจากในปัจจุบันประเทศไทยมีการผลิตน้ำผึ้งออกสู่ตลาดน้ำผึ้งเพื่อใช้บริโภคและเป็นส่วนประกอบต่างๆของอุตสาหกรรมอาหาร เครื่องสำอาง ซึ่งน้ำผึ้งที่ผลิตออกมาในแต่ละท้องถิ่นจะมีลักษณะที่แตกต่างกันเช่น สี กลิ่น ซึ่งขึ้นอยู่กับแหล่งอาหารของผึ้งในปัจจุบันเนื่องจากปริมาณน้ำผึ้งมีเป็นจำนวนมากและมาจากหลายแหล่ง การจำแนกว่าน้ำผึ้งนั้นเป็นน้ำผึ้งที่ได้จากธรรมชาติหรือได้จากการปลอมปน หรือปรุงแต่งขึ้นจึงทำได้ยาก โดยปกติส่วนประกอบของน้ำผึ้งหลักจะประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และความชื้นดังตารางที่ 1 [1]

ตารางที่ 1.1 องค์ประกอบมาตรฐานของน้ำผึ้งแท้

ความชื้น	17.20%
น้ำตาลเลวูโลส Levulose หรือ D-Fructose	38.19%
น้ำตาลเดกโทรส Dextrose หรือ D-Glucose	31.21%
น้ำตาลซูโครส Sucrose หรือ น้ำตาลธรรมชาติ	1.31%
น้ำตาลมอลโทส Maltose	7.35%
น้ำตาลอย่างอื่น Higher Sugar	1.50%
รวม	96.76%
กรด Acids	0.57%
โปรตีน Protein	0.26%
แร่ธาตุ Minerals	0.17%
ส่วนประกอบอื่น Minor Component	2.21%
รวม	99.97%

จากมาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน (มพช.๒๖๓/๒๕๔๗) [2] น้ำผึ้ง หมายถึง ของเหลวรสหวาน ซึ่งผึ้งผลิตขึ้นจากน้ำหวานของดอกไม้หรือจากส่วนใดส่วนหนึ่งของต้นไม้ แล้วสะสมไว้ในรวงผึ้ง ตามมาตรฐานนี้ น้ำผึ้งจะต้องมี น้ำตาลรีควิ่ง (คำนวณเป็นน้ำตาลอินเวอร์ต) ต้องไม่น้อยกว่าร้อยละ ๖๕ โดยน้ำหนัก ความชื้นต้องไม่เกินร้อยละ ๒๑ โดยน้ำหนัก น้ำตาลซูโครสต้องไม่เกินร้อยละ ๕ โดยน้ำหนัก และ การทดสอบ น้ำตาลรีควิ่ง ความชื้น น้ำตาลซูโครส ให้ใช้วิธีทดสอบตาม AOAC หรือวิธีทดสอบอื่นที่เป็นที่

ยอมรับ จากมาตรฐาน AOAC มีวิธีการ AOAC Official Method 977.20 สำหรับวัดน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส ในน้ำผึ้ง ด้วยวิธี Liquid Chromatography [3] และวิธีการ AOAC Official Method 969.38 [4] สำหรับวัดความชื้นในน้ำผึ้ง [4] ซึ่งวิธีการวัดด้วยวิธี Liquid Chromatography เป็นวิธีที่ยุ่งยาก สิ้นเปลือง สารเคมี ใช้เวลานาน และต้องใช้ผู้เชี่ยวชาญ

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีเป็นเทคนิคที่อาศัยหลักการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ของสารในช่วงย่านใกล้อินฟราเรดที่มีความยาวคลื่น 780-2500 นาโนเมตร การที่จะมองเห็นความเปลี่ยนแปลง ในรูปแบบการดูดกลืนแสงโดยตรงนั้นเป็นไปได้ยาก เนื่องจากมีรูปแบบการดูดกลืนแสง (Absorption band) ขององค์ประกอบต่างๆที่อาจซ้อนทับกัน ดังนั้นจึงต้องนำการใช้หลักการทาง Chemometric คือ เทคนิคการ วิเคราะห์ข้อมูลแบบตัวแปรพหุ (Multivariate analysis) มาช่วยในการจัดตัวแปรรบกวนออกไปแล้วสร้าง แบบจำลองในการทำนาย (Calibration model) ซึ่งเทคนิค NIRS นี้เป็นวิธีทดสอบที่ไม่ทำลาย ตัวอย่าง วิธีการเตรียมตัวอย่างไม่ยุ่งยาก ทำให้รวดเร็ว ประหยัดระยะเวลา และเนื่องจากเป็นวิธีทดสอบที่ไม่ใช้สารเคมีจึงปลอดภัย เป็นมิตรกับสิ่งแวดล้อม ลดค่าใช้จ่าย นอกจากนี้ยังเป็นวิธีที่มีความแม่นยำและ เชื่อถือได้ [5]

เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีถูกนำมาใช้ในการวิเคราะห์หาองค์ประกอบของอาหารและ ผลผลิตทางการเกษตรที่เป็นสารอินทรีย์ เช่น โปรตีนในข้าว [6] ปริมาณเพคตินในสาเกญี่ปุ่น [7] ปริมาณ น้ำตาลในผลไม้ [8] ปริมาณของแข็งที่ ละลายได้ (ความหวาน) ของน้ำผึ้ง [9] น้ำมันหอมระเหยที่ เปลือกส้ม โอ [10] และหาแบคทีเรียในน้ำผลไม้ [11] จากการตรวจสอบเอกสารพบว่ามีคนนำเทคนิคนี้ไปใช้ในการ ตรวจสอบการปลอมปนน้ำผึ้ง [12-14] และตรวจสอบแหล่งดอกไม้ [15] ยังไม่พบการนำเทคนิคนี้มาวิเคราะห์ องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยเทียบกับวิธี AOAC Official Method 977.20 สำหรับวัดน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส ในน้ำผึ้ง ด้วยวิธี Liquid Chromatography [3] และวิธีการ AOAC Official Method 969.38 [4] สำหรับวัดความชื้นในน้ำผึ้ง

ดังนั้นด้วยเหตุผลและความสำคัญดังที่กล่าวมาจึงขอเสนอ โครงการวิจัยเพื่อของบประมาณเพื่อการ วิจัย เรื่องการวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

1.2 วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการวัดองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้ง ได้แก่ น้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และความชื้น ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

1.3 ขอบเขตของการวิจัย

ศึกษาองค์ประกอบของตัวอย่างน้ำผึ้งที่ผลิตในประเทศไทย ทั้งผึ้งเลี้ยงที่ปล่อยหากินในป่า ผึ้งป่า และน้ำผึ้งปลอม ที่จำหน่ายภายในประเทศ โดยใช้วิธีทางเคมีและเทคนิค NIR Spectroscopy โดยสร้างแบบจำลองด้วยวิธี Partial Least Square Regression

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ได้เทคนิคการวัดองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้ง ได้แก่ น้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และความชื้น ด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี
2. ได้บทความวิจัยตีพิมพ์ในวารสารระดับนานาชาติ

บทที่ 2

การทบทวนวรรณกรรม

น้ำผึ้ง (อังกฤษ: Honey) เป็นอาหารหวานที่ผึ้งผลิตโดยใช้น้ำต้อยจากดอกไม้ น้ำผึ้งมักหมายถึงชนิดที่ผลิตโดยผึ้งน้ำหวานในสายพันธุ์ *Apis* เนื่องจาก เป็นผึ้งเก็บน้ำหวานให้คุณภาพสูง และสามารถเลี้ยงระบบบดล่องได้ น้ำผึ้งมีประวัติการบริโภคของมนุษย์มายาวนาน และถูกใช้เป็นสารให้ความหวานในอาหารและเครื่องดื่มหลายชนิด น้ำผึ้งยังมีบทบาทในศาสนาและสัญลักษณ์นิยม รสชาติของน้ำผึ้งแตกต่างกันตามน้ำต้อยที่มา และมีน้ำผึ้งหลายชนิดและเกรดที่สามารถหาได้ นอกจากนี้ ยังมีภูมิปัญญาที่ใช้น้ำผึ้งในการรักษาอาการเจ็บป่วย [16]

2.1 วิธีการผลิตน้ำผึ้ง [17]

เมื่อผึ้งงานเก็บน้ำหวานจากดอกไม้ลงสู่กระเพาะน้ำหวาน จะมีเอ็นไซม์จากต่อมน้ำลายขับออกมาเปลี่ยนหรือเมตาบอลิซึมน้ำตาลกลูโคส และ ฟรุคโตสเป็นน้ำตาลแปรรูป คือน้ำตาล ลิวโลส เดกซ์โทรส และมอลโทส นอกจากนั้นยังมีน้ำตาลอื่น ๆ อีก แต่มีจำนวนน้อยมากปฏิกิริยาการเปลี่ยนแปลงนี้เกิดขึ้นตั้งแต่ผึ้งเริ่มบินกลับรัง ในขณะที่ผึ้งกระพือปีกจะเกิดพลังงานความร้อนช่วยเร่งการทำงานของเอ็นไซม์ ตลอดจนช่วยเผาผลาญลดความชื้นในน้ำหวานให้กลายเป็นน้ำผึ้งเร็วขึ้น เมื่อผึ้งงานกลับถึงรัง จะคายน้ำหวานแปรรูปนี้ให้กับผึ้งงานประจำรังซึ่งจะรับกันด้วยปากต่อกัน น้ำหวานแปรรูปนี้ยังไม่เป็นน้ำผึ้งที่สมบูรณ์ เพราะยังมีความชื้นหรือน้ำในน้ำหวานจำนวนมากถึง 30- 40 % ต่อมาผึ้งงานประจำรังจะนำน้ำหวานนี้ไปเก็บในหลอดรวงน้ำผึ้งตอนเย็นผึ้งกลับรังกันเป็นส่วนใหญ่จะช่วยกันกระพือปีก ช่วยให้มีการระเหยของน้ำหวานอีก จนได้น้ำผึ้งที่สมบูรณ์คือน้ำที่เหลืออยู่เพียง 20- 25 % เท่านั้น หลังจากนั้นผึ้งงานจะใช้ไขผึ้งปิดหลอดรวงที่เก็บน้ำผึ้งไว้ใช้เพื่อให้พลังงานในชีวิตประจำวันและยามขาดแคลนอาหารต่อไป

2.2 สมบัติของน้ำผึ้งตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 211) พ.ศ. 2543 [18]

สมบัติของน้ำผึ้งตามมาตรฐานของกระทรวงสาธารณสุขดังนี้

1. มีสี กลิ่นและรส ตามลักษณะเฉพาะของน้ำผึ้ง
2. มีน้ำตาลรีดิวซิงคิดเป็นน้ำตาลอินเวอร์ตไม่น้อยกว่าร้อยละ 65 ของน้ำหนัก
3. มีความชื้นไม่เกินร้อยละ 21 ของน้ำหนัก
4. มีน้ำตาลซูโครสไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก

5. มีสารที่ไม่ละลายน้ำไม่เกินร้อยละ 0.1 ของน้ำหนัก
6. มีเถ้าไม่เกินร้อยละ 0.6 ของน้ำหนัก
7. มีค่าความเป็นกรดไม่เกิน 40 มิลลิอิกิวาเลนท์ของกรดต่อ 1 กิโลกรัม
8. มีค่าไฮดรอกซีเมทิลเฟอร์ฟูรัล (Hydroxymethylfurfural) ไม่เกิน 80 มิลลิกรัม ต่อ 1 กิโลกรัม
9. ไม่ใช้วัตถุเจือปนอาหาร
10. ไม่มีสี
11. ไม่มีจุลินทรีย์ที่ทำให้เกิดโรค
12. ไม่มีสารพิษจากจุลินทรีย์ในปริมาณที่อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ
13. ตรวจพบยีสต์และราไม่เกิน 10 ต่อน้ำผึ้ง 1 กรัม
14. ไม่สารปนเปื้อนอื่น

2.3 น้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอม [1]

ความแตกต่างของน้ำผึ้งปลอมกับน้ำผึ้งแท้ ย่อมเป็นที่อยากรู้ในหมู่ผู้บริโภคน้ำผึ้งเพราะน้ำผึ้งปลอมมักมีขายอยู่ทั่วไปในดงในป่า ในหุบเขา และในเผ่าชนที่ด้อยพัฒนาทั้งหลาย เช่น กะเหรี่ยง แม้ว มูเซอร์ อีโก้ ไทยใหญ่ โดยผู้ขายมักโฆษณาว่าเป็นน้ำผึ้งแท้ แม้ไม่เชื่อก็จะให้พิสูจน์ด้วยวิธีการต่างๆ อาทิ เช่น การใช้หัวไม้ขีดจุ่มลงไปใต้น้ำผึ้งแล้วนำมาจุดข้อมติคไฟ หากหยดน้ำผึ้งลงในน้ำ น้ำผึ้งนั้นย่อมไม่ละลาย ถ้าหยดบนกระดาษหนังสือพิมพ์ กระดาษเช็ดปาก ย่อมไม่ซึมซาบเข้าไปในกระดาษ แล้วถ้าหยดให้หมด มดต้องไม่กิน เพราะน้ำผึ้งนั้นไม่ใช่น้ำตาลธรรมดาเป็นของวิเศษมดจึงไม่กล้ากิน หากหยดลงในน้ำชา (ชาจีน) น้ำชาต้องไม่เปลี่ยนสี คนส่วนมากหลงเชื่อ เพราะไม่เคยรู้และเข้าใจหรือสัมผัสกับน้ำผึ้งแท้และเทียมมาก่อน

แต่จากการเก็บตัวอย่างน้ำผึ้งที่วางขายโดยทั่วไป พบว่าน้ำผึ้งเทียมที่ทำมาจากน้ำตาลแล้วตั้งชื่อเป็นการค้าว่า น้ำผึ้ง ในรูปสลากที่ปิดขวดเป็นภาษาอังกฤษเช่นมีชื่อว่า Honey syrup โดยคำว่า Honey มีขนาดใหญ่ให้ดูเด่นส่วนคำว่า Syrup ขนาดเล็กนิดเดียว ความหมายก็คือน้ำเชื่อมที่มีชื่อว่าน้ำผึ้งนั่นเอง โดยมีชื่อเป็นการค้าต่าง ๆ กันเช่น IMPERIAL HONEY syrup, COLDEN HONEY Syrup, SIS HONEY Syrup นอกจากนี้ก็มีน้ำผึ้งที่ไม่ปิดสลากไม่มีชื่อทางการค้า ไม่สามารถทราบแหล่งผลิตหรือผู้จำหน่ายที่แท้จริง ผู้ขายมักจะบอกว่าเป็นน้ำผึ้งแท้จากธรรมชาติจริง ๆ บางรายใส่ตัวผึ้งลงไปลอยอยู่ในขวดให้เห็นด้วยว่าผึ้งไม่เนาเปื่อย ตัวอย่างที่ได้มามีทั้งที่เป็นน้ำผึ้งเทียมและน้ำผึ้งแท้ แต่ส่วนใหญ่ไม่แท้ส่วนประกอบของน้ำผึ้งเทียมที่ทำขายในประเทศไทยส่วนใหญ่เป็นน้ำตาล น้ำตาลที่ใช้มีทั้งน้ำตาลทราย น้ำตาลโตนด และน้ำตาลมะพร้าว รายที่ใช้น้ำตาลทรายมักเจือปนด้วยกรดนม หรือกรดน้ำส้ม กรดส้ม กรดฟิวลัม เพื่อให้น้ำตาลเหลวไม่จับตัวเป็นก้อนหรือผลึกใสสีแดง สีที่ใช้มีทั้งชนิดที่ใช้ปรุงอาหารและชนิดที่ใช้ย้อมผ้าซึ่งอันตรายต่อผู้บริโภค ใส่เบะแซ (ผลิตภัณฑ์จากข้าวสาลี) มีรสเปรี้ยวเล็กน้อยเพื่อให้เหนียวหนืดมากขึ้น บางรายใส่สารกันบูด ใส่กลิ่นหอม น้ำผึ้งเทียมชนิดนี้จึงมีความเป็นมันและเมือกกลิ้น ไม่ซึมซาบเมื่อหยดลงบนกระดาษฟาง

หรือกระดาษซับ บางรายเป็นนักเคมีใช้สารเคมีที่มีความเป็นด่างผสมลงในส่วนผสมดังกล่าวเพื่อให้เกิดความเป็นกลางแล้วใช้เครื่องกวน Mixer กวนจนส่วนผสมนั้นเกาะตัวเข้ากันเป็นอย่างดี บางรายมีการใช้เครื่องนวด Homogenizer ที่สามารถนวดส่วนผสมนั้นให้เข้ากันทุกอนุจนเป็นเนื้อเดียวกันหมด น้ำผึ้งเทียมชนิดนี้มีวิธีการทำที่ค่อนข้างยุ่งยากและประณีต แต่พิสูจน์ได้ง่ายเพียงชงลงในน้ำชาก็ทำให้น้ำชาเปลี่ยนสีคล้ำขึ้น

ส่วนน้ำผึ้งเทียมที่ทำด้วยน้ำตาลมะพร้าว หรือน้ำตาลโตนดนั้นทำได้ง่ายไม่ต้องใช้ความรู้และเทคโนโลยีอะไรเลย ระดับชาวบ้านธรรมดาทำก็ได้ด้วยการเคี่ยวน้ำตาลสดให้มีความเข้มข้นสูงๆแล้วตักใส่กระบอกไม้ไผ่ปิดฝาป้องกันสัตว์และสิ่งต่าง ๆ ตกลงไปเสร็จแล้วทิ้งไว้นาน ๆ ประมาณ 2-3 เดือน เพื่อให้น้ำตาลส่วนหนึ่งตกผลึกนอนก้นและจับตัวรอบ ๆ กระบอก น้ำตาลอีกส่วนหนึ่งซึ่งอยู่ใจกลางกระบอกไม่ตกผลึกเป็นน้ำตาลเหลวเหนียวหนืดเล็กน้อย กลิ่นหอมคล้ายน้ำผึ้งชาวบ้านเรียกน้ำตาลในกระบอกนี้ว่าน้ำตาลหุงน หรือน้ำตาลอุน บางท้องถิ่นก็เรียกว่าน้ำผึ้ง นิยมใช้ในการกวนขนม กวนกระยาสารท กวนข้าวกระยาทิพย์หรือข้าวยา ลูกน้ำผึ้งที่จากรรมวิธีนี้มีกลิ่นหอมในตัวเอง มักถูกบรรจุขวดหรือบีบแล้วออกจำหน่ายเป็นน้ำผึ้งด้วยราคาค่อนข้างแพง เพื่อให้คนเชื่อถือ การพิสูจน์ด้วยชาจีนจะไม่ได้ผล เพราะสีของน้ำมีลักษณะเช่นเดียวกับน้ำผึ้งทุกประการ

สำหรับในสหรัฐอเมริกาสามารถใช้แป้งข้าวโพดหมักได้เป็นน้ำตาล (Corn Syrup) แล้วผ่านกรรมวิธีต่าง ๆ จนได้น้ำตาลฟรุกโตสชั้นสูง (High Fructose) ซึ่งมีคุณค่าและสารอาหารเหมือนกับน้ำผึ้ง [5] ในจีน ใต้หวัน ก็สามารถทำได้ และบรรจุขวดขายในรูปน้ำผึ้งแต่มีการบอกไว้ว่าเป็นน้ำผึ้งสังเคราะห์โดยใช้คำว่า Honey Artificial ญี่ปุ่นได้นำน้ำตาลชนิดนี้ไปให้ผึ้งกินแล้วเก็บผลผลิตที่ได้มาจำหน่ายซึ่งมีสมบัติเช่นเดียวกับน้ำผึ้งในธรรมชาติแต่กลิ่นหอมน้อยกว่า

น้ำผึ้งแท้มีทั้งที่เอาหัวไม่ขิดจุ่มลงไปแล้วจุดไฟติดและจุดไม่ติด มีทั้งชนิดที่หยดลงไปในน้ำแล้วไม่ละลายและละลาย หยดในกระดาษฟาง กระดาษหนังสือพิมพ์แล้วซึมซาบเข้าไปในเนื้อกระดาษแล้วไม่ซึมเลย แต่ที่เป็นความจริงมากที่สุดก็คืออมชอบกิน และชอบยิ่งกว่าน้ำตาลทุกชนิด หยดลงไปในน้ำชาต้องไม่เปลี่ยนสี สาเหตุที่น้ำผึ้งแท้หยดลงไปไม่ละลายและหยดบนกระดาษแล้วซึมหรือเอาไม่ขิดจุ่มลงไปแล้วจุดไฟไม่ติดนั้นเป็นเพราะน้ำผึ้งมีความชื้นสูง การพิสูจน์น้ำผึ้งด้วยวิธีการดังกล่าวจึงใช้ไม่ได้ แม้แต่การใช้น้ำชาเป็นตัวทดสอบก็เช่นกัน น้ำตาลธรรมดาที่ใส่ลงไป ในน้ำชาก็ไม่เปลี่ยนสี ด้วยเหตุนี้จึงมีการเอาน้ำตาลให้ผึ้งกิน โดยเฉพาะผึ้งมีที่เกาะทำรังตามกิ่งไม้ เมื่อผึ้งเก็บสะสม น้ำตาลไว้ที่รวงรังเหนือคอนที่มีแผ่นรวงรังห้อยอยู่จนเต็มที่แล้วผู้เลี้ยงจึงตัดมาขายทั้งแผ่นรวงรัง เมื่อผู้ซื้อซื้อไปกินเอาเฉพาะน้ำผึ้งใส่ขวดไว้แล้วทำการชิมจะรู้สึกว่ารสเป็นน้ำตาล ทดลองใส่ในน้ำชาก็ไม่เปลี่ยนสี แม้ผู้เลี้ยงที่ทำกันเป็นอุตสาหกรรมก็มีบางรายที่ไม่รักษาจรรยาบรรณ กระทำการดังกล่าวเพื่อผลผลิตให้เศรษฐกิจของตนเองดีขึ้น น้ำผึ้งอย่างนี้ไม่มีอันตรายต่อผู้บริโภคแต่อย่างใด ถ้าไม่คิดในเรื่องความซื่อตรงและคำกำไรเกินควรไม่เหมือนน้ำผึ้งที่มดไม่ยอมกิน เพราะมีสารพิษเจือปนอยู่มากจึงไม่กล้ากิน อาจเป็นไปได้ว่าผู้ผลิตใช้สีที่มีสารพิษใส่ลงไป น้ำผึ้งอย่างนี้ไม่ควรดื่มและกินเป็นอันตราย เพราะขนาดมดตัวเล็ก ๆ ไม่กล้ากินแล้วคนเราควรจะกินหรือ

2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

Garcia-Alvarez, et al. [19] วิเคราะห์ น้ำตาล ฟรุกโตส กลูโคส และความชื้นในน้ำผึ้งโดยใช้ตัวอย่างทั้งหมด 161 ตัวอย่าง โดยจะใช้ตัวอย่างที่เก็บในปี ค.ศ. 1992, 1995 และ 1996 การวิเคราะห์อ้างอิง จะใช้วิธี Enzymatic ใช้วิเคราะห์ ปริมาณน้ำตาล ฟรุกโตส และ กลูโคส และใช้วิธี refractometric ในการวิเคราะห์หาปริมาณความชื้นจากนั้นจะทำการ สร้างสมการ calibration ของตัวอย่างแต่ละปีและนำไปทำนายค่าในกลุ่มตัวอย่างของปีอื่นจะได้ผลการทำนายดี และ สร้างสมการ Calibration รวมของทั้ง 3 ปี โดยแบ่งตัวอย่างเป็นชุด calibration set 121 ตัวอย่างและ prediction set 40 ตัวอย่างผลการทำนายดีเช่นกัน

Downey et al. [20] ตรวจสอบน้ำผึ้งปลอมปนโดยการเติมน้ำตาล ฟรุกโตส กลูโคส โดยใช้ Near-Infrared transreflectance spectroscopy โดยเก็บตัวอย่างจากเกษตรกรโดยตรงในประเทศไอส์แลนด์และนำมาเติมน้ำตาลฟรุกโตส และ กลูโคส ผสมกัน ในอัตราส่วน 0.7:1, 1.2:1 และ 2.3:1 w/w เพื่อนำมาใช้ในการเปรียบเทียบน้ำผึ้งและน้ำผึ้งที่ผสมจะทำการ ปรับค่าของแข็งที่ละลายได้ และนำมาวัดด้วย Visible and near infrared (400-2498 nm) transreflectance spectra น้ำผึ้ง จะถูกเลือกก่อนและหลังการเติมน้ำตาลที่ระดับ 7, 14, และ 21 w/w ด้วยสารละลายที่ผสมกันระหว่างกลูโคสกับฟรุกโตส การวิเคราะห์ทางคณิตศาสตร์โดยใช้ discriminant partial least squares regression (PLS1), k-nearest neighbours (k-NN) และ soft independent modeling of class analogy (SIMCA) มาใช้ในการแยกแยะระหว่างน้ำผึ้งที่เติมน้ำตาลกับ น้ำผึ้งที่ไม่เติมน้ำตาลผลที่ได้สรุปว่าวิธีการทั้ง 3 จะมีการคัดแยกได้ถูกต้อง.

Corbella, E., and Cozzolino, D. [21] ใช้ Visible and near infrared and near infrared spectroscopy ในการแบ่งกลุ่ม แหล่งกำเนิดของน้ำผึ้งจากตัวอย่างน้ำผึ้งในประเทศ อูรู圭ว ในการศึกษานี้จะใช้ Visible and near infrared and near infrared spectroscopy เป็นเครื่องมือที่ใช้ในการแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งจากประเทศอูรู圭วซึ่งทราบข้อมูลของแหล่งที่มาจาก แหล่งดอกไม้ในการสร้างโมเดลจะใช้ principal component analysis, discriminant partial least squares (DPLS) regression และ linear discriminant analysis (LDA) ตัวอย่างน้ำผึ้งจำนวน 50 ตัวอย่างจาก 2 แหล่งกำเนิด คือที่ได้จาก ยูคาลิปตัส และ ดอกหญ้า นำมารวมกันและสุ่มเลือกมาเป็นกลุ่ม calibration 25 ตัวอย่าง และ predicting 25 ตัวอย่าง ผลการแบ่งกลุ่มของ (DPLS) และ (LDA) ในการแบ่งกลุ่ม มีความถูกต้องมากกว่า 75% ของน้ำผึ้งดอกหญ้า และ มากกว่า 85% ของน้ำผึ้งยูคาลิปตัส จากผลที่ได้คือการวัดแบบ Vis-NIR spectroscopy ใช้ในการแบ่งกลุ่มตัวอย่างน้ำผึ้ง จากแหล่งกำเนิดได้และจะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมได้.

Dvash et al. [22] ศึกษาการใช้ near-infrared(NIR) reflectance spectroscopy ในการหาความเข้มข้นของ persectol ของน้ำผึ้ง น้ำตาลนี้เป็นสมบัติเฉพาะของน้ำผึ้ง avocado โดยค่าอ้างอิงที่ใช้สำหรับงานนี้ได้จากวิธี high-performance liquid chromatography ค่าความเข้มข้นเฉลี่ยในจำนวนน้ำผึ้ง 109 ตัวอย่าง มีเพียง 0.48 % ผลของสมการทำนายได้ $R^2 > 0.95\%$ และเมื่อพิสูจน์โดยใช้ครั้งหนึ่งของตัวอย่าง $R^2 = 0.87$ ค่า bias มีค่าต่ำเท่ากับ 0.005% และค่า SEP มีค่าต่ำ เท่ากับ 0.13%

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

3.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำผึ้งที่นำมาทดลอง

ตัวอย่างน้ำผึ้งทั้งหมด 90 ตัวอย่างได้ถูกรวบรวมมาจากแหล่งจำหน่าย และสถานที่ผลิตที่แตกต่างกันทั้งที่เป็นน้ำผึ้งที่มีฉลากถูกต้องและไม่มีฉลาก ที่จำหน่ายในประเทศไทย และบันทึกสถานที่จำหน่ายและสถานที่ผลิตของน้ำผึ้งซึ่งได้รับข้อมูลจากแหล่งน้ำผึ้งที่ได้มา น้ำผึ้งที่ได้มาจะถูกเก็บไว้ที่อุณหภูมิห้อง ก่อนการทดลอง ซึ่งแสดงผังการทดลองดังภาพที่ 3.1

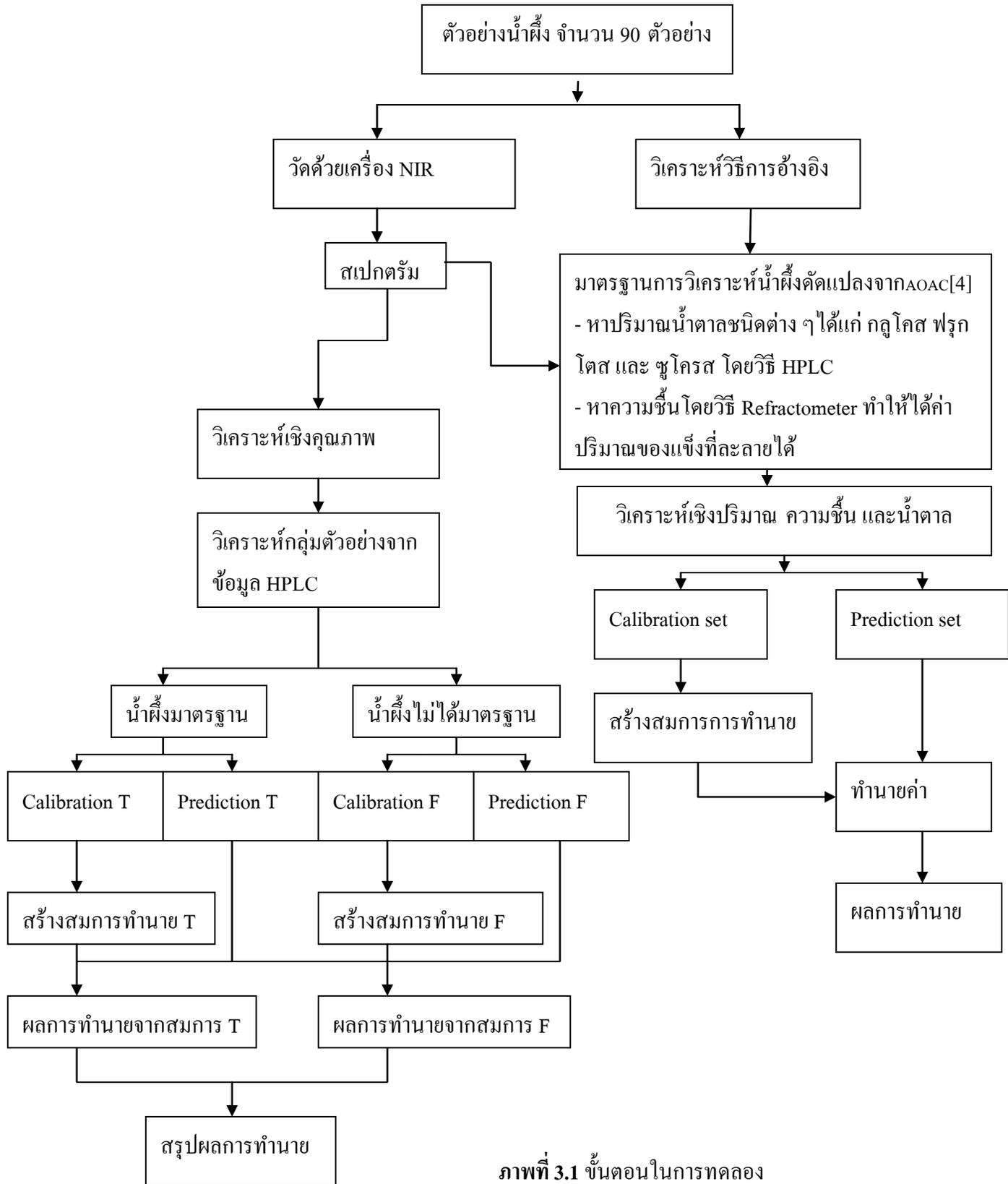
3.2 การวิเคราะห์อ้างอิง

3.2.1 การทดลองวิเคราะห์อ้างอิงเพื่อหาความชื้นของน้ำผึ้ง วัสดุและอุปกรณ์

1. Refractometer รุ่น (ATAGO – PAL2 Japan) ภาพที่ 3.2
2. ตัวอย่างน้ำผึ้งจำนวน 90 ตัวอย่าง
3. อุปกรณ์ทำความสะอาดน้ำกลั่น กระดาษทิชชู
4. เทอร์โมมิเตอร์

วิธีการทดลองดัดแปลงจากวิธีการ AOAC [4]

1. เตรียมน้ำผึ้งโดยจะแบ่งน้ำผึ้งออกเป็น 2 กลุ่มในหนึ่งตัวอย่าง
2. ปรับอุณหภูมิห้องที่ใช้ในการวัดให้คงที่ (28 องศาเซลเซียส)
3. ปรับเครื่องวัดโดยใช้น้ำกลั่นเป็นค่าการวัดอ้างอิง
4. หยดตัวอย่างน้ำผึ้งลงในส่วนของช่องใส่ตัวอย่างของเครื่องและกดปุ่มสตาร์ทเครื่องจะทำการวัดและแสดงผลออกมาที่จอแสดงผล ผลที่แสดงจะออกมาเป็นค่าปริมาณเปอร์เซ็นต์ของแข็งที่ละลายได้
5. บันทึกค่าของแข็งที่ละลายได้ ของน้ำผึ้งแต่ละตัวอย่าง
6. นำค่าของแข็งที่ละลายได้ ไปทำการเทียบเพื่อหาค่า Refractive Index ในตาราง ภาคผนวก ก
7. นำค่า Refractive Index ที่ได้ไปเทียบหาเปอร์เซ็นต์ความชื้นในตาราง ภาคผนวก ข และก่อนใช้ตารางจะทำการปรับแก้อุณหภูมิตามข้อเสนอแนะท้ายตาราง
8. บันทึกผลค่าความชื้นของน้ำผึ้งแต่ละตัวอย่าง



ภาพที่ 3.1 ขั้นตอนในการทดลอง



ภาพที่ 3.2 เครื่อง Refractometer รุ่น (ATAGO-PAL2, Japan)

3.2.2 วิธีการวิเคราะห์หาค่าประกอบ มาตรฐานของน้ำผึ้ง (น้ำตาลเลวูโลส หรือ D-Fructose น้ำตาลเดกโทส หรือ D-Glucoses และน้ำตาล Sucrose) [4]

โดยใช้การวิเคราะห์ แบบ High Performance Liquid Chromatography (HPLC) แยกองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้ง

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างน้ำผึ้ง 90 ตัวอย่าง
2. เครื่อง High Performance Liquid Chromatography (HPLC) พร้อมอุปกรณ์
3. เครื่องแก้ว ปิกเกอร์ ปิเปต ขวดแก้ว ขนาดต่าง ๆ
4. เครื่องซังคิจิตอลความละเอียดที่ทศนิยม 3 ตำแหน่ง
5. สารเคมี น้ำ (HPLC เกรด) และ อะซิโตไนไตรท์ (CH_3CN)

วิธีการทดสอบ

1. High Performance Liquid Chromatography (HPLC)

สถานะในการแยกคือคอลัมน์ Luna 5u NH_2 ขนาด 250x 4.6 mm วัฏภาคไหล อะซิโตไนไตรท์ /น้ำ (60/20 โดยปริมาตร) อัตราการไหล 3.0 มิลลิลิตรต่อนาที ความคุมอุณหภูมิคอลัมน์ที่ 40 องศาเซลเซียส ตัวตรวจวัดมาตรฐานหักเห (RI)

2. สารละลายน้ำตาลมาตรฐาน

2.1 น้ำตาลฟรุกโตส 3.804 กรัมใน Volumetric flask ขนาด 100 mL ละลายโดยน้ำ 50 mL และเติมอะซิโตไนไตรท์ (CH_3CN) จนได้ระดับเต็ม

2.2 น้ำตาลกลูโคส 3.010 กรัม ใน Volumetric flask ขนาด 100 mL ละลายโดยน้ำ 50 mL และเติมอะซิโตไนไตรท์ (CH_3CN) จนได้ระดับเต็ม

2.3 น้ำตาลซูโครส 0.602 กรัมใน Volumetric flask ขนาด 100 mL ละลายโดยน้ำ 50 mL และเติมอะซิโตไนไตรท์ (CH₃CN) จนได้ระดับเต็ม

3. การเตรียมสารละลายน้ำผึ้ง

น้ำผึ้ง 1 กรัมในบีกเกอร์ขนาดเล็กเจือจางกับน้ำ 10 mL และเติมอะซิโตไนไตรท์ CH₃CN 10 mL ใช้แท่งคนให้น้ำผึ้งละลายในสารละลายจนหมดและกรองผ่านฟิวเตอร์ขนาด 0.45 μm

4. Chromatography

ฉีด 50 μL สารละลายมาตรฐานไปในโครมาโตกราฟดังภาพที่ 3.3 แล้วตั้งไว้ช่วงเวลานิ่ง วัดความสูงของพีค และทำการตรวจสอบอีกครั้งหนึ่ง ทำซ้ำโดยใช้สารละลายที่จะทดสอบ กำหนดปริมาณน้ำตาล กลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส จากค่าอินทิเกรตหรือค่าความสูงของพีค

$$\text{เปอร์เซ็นต์โดยน้ำหนักของน้ำตาล} = 100 (PH/PH') \times (V/V') \times (W'/W) \quad (3.1)$$

เมื่อ PH และ PH' คือพื้นที่ใต้กราฟของสารละลายน้ำผึ้งและสารละลายมาตรฐานตามลำดับ

V และ V' คือ ปริมาณสารละลายน้ำผึ้งและสารละลายมาตรฐาน (ซึ่งเท่ากับ 20 และ 100) ตามลำดับ

W และ W' คือน้ำหนักของน้ำผึ้งที่นำมาทดสอบ (1 กรัม) และน้ำหนักมาตรฐานของน้ำตาล กลูโคส (3.010 กรัม)

ฟรุคโตส (3.804 กรัม) และซูโครส (0.602 กรัม) ตามลำดับ



ภาพที่ 3.3 การฉีดตัวอย่างเข้าเครื่อง HPLC

3.2.3 การวิเคราะห์น้ำผึ้งโดย NIR spectroscopy

วัสดุและอุปกรณ์

1. ตัวอย่างน้ำผึ้งส่วนที่เหลือจากการวัดด้วยวิธี Refractometer ซึ่งหนึ่งตัวอย่างจะแบ่งออกเป็นสองซ้ำทำให้มีตัวอย่างในการวัด 180 ตัวอย่าง
2. เครื่องวัด NIR spectrum (BRAN+LUEBBE InfraAlyzer 500, Germany) พร้อมอุปกรณ์ (ภาพที่ 3.4)

3. อุปกรณ์ใส่ตัวอย่าง Sample cell (ภาพที่ 3.5)
4. คอมพิวเตอร์ประมวลผล
5. อุปกรณ์ทำความสะอาดน้ำกลั่น และ ทิชชู

วิธีการทดลอง

การวิเคราะห์น้ำผึ้งด้วยเครื่อง NIR spectrophotometer เป็นการวัดค่าการดูดกลืนแสงของน้ำผึ้ง โดยจะมีวิธีการทดลองดังต่อไปนี้

1. เปิดเครื่อง (BRAN+LUEBBE InfraAlyzer 500, Germany) และคอมพิวเตอร์ที่จะทำการบันทึกผล
2. การปรับเทียบเครื่องจะใช้แผ่นเซรามิกมาตรฐานเป็นค่าอ้างอิงของเครื่อง
3. เตรียมตัวอย่างน้ำผึ้งหยดลงใน Sample cell (ภาพที่ 3.5) สำหรับใส่ตัวอย่างและนำแผ่นกระจกปิดเพื่อให้ น้ำผึ้งมีความหนาตามขนาดของ Sample cell ที่กำหนด และทำการตรวจสอบฟองอากาศและสิ่งเจือปนใน ตัวอย่างว่าไม่มีอะไรเจือปนเพราะจะมีผลต่อสเปกตรัมที่ได้จากการทดลอง
4. นำตัวอย่างเข้าเครื่องในช่องใส่ตัวอย่างดัง(ภาพที่ 3.6) และเลื่อนปิด
5. กดสตาร์ทที่เครื่องคอมพิวเตอร์เพื่อทำการสแกน
6. เครื่องจะทำการสแกนที่ความยาวคลื่น 1100-2500 นาโนเมตร เครื่องจะบันทึกผลการดูดกลืนคลื่นทุก ๆ 2 นาโนเมตร
7. การบันทึกเครื่องจะทำการบันทึกสเปกตรัมโดยจะบันทึกเป็นค่าเป็นค่า $\log 1/R$
8. ผลของสเปกตรัมที่ได้จะถูกบันทึกและส่งไปวิเคราะห์ด้วย Program Unscrambler เพื่อวิเคราะห์ผลและปรับปรุงสเปกตรัมที่ได้ให้เหมาะสมในการวิเคราะห์ต่อไป



ภาพที่ 3.4 เครื่อง InfraAlyzer 500 (Bran+Luebbe)



ภาพที่ 3.5 Sample cell สำหรับใส่ตัวอย่าง



ภาพที่ 3.6 ภาพการช่องใส่ตัวอย่าง

3.3 การวิเคราะห์ข้อมูลจากสเปกตรัม NIR กับข้อมูลอ้างอิง

3.3.1 อุปกรณ์และซอฟต์แวร์การวิเคราะห์ข้อมูล

1. เครื่องคอมพิวเตอร์
2. ซอฟต์แวร์ The Unscrambler Version 9.8 (CAMO, Oslo, Norway)

3.3.2 การวิเคราะห์เชิงปริมาณ

ค่าอ้างอิงของปริมาณองค์ประกอบของน้ำผึ้งจะถูกกำหนดค่าที่ผิดปกติ (outlier) โดยสมการตรวจสอบ (outlier สมการ 3.2)

$$\frac{x - \bar{x}}{SD} \geq 3 \quad (3.2)$$

x คือ ข้อมูลปริมาณองค์ประกอบ \bar{x} คือ ค่าเฉลี่ย และ SD คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ผิดปกติ ไม่เข้ากลุ่ม (outlier) ถูกตรวจด้วยวิธี PCA ข้อมูลสเปกตรัมของน้ำผึ้งจะรวมเข้ากับค่าอ้างอิงและทำการแบ่งชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่ม Calibration และกลุ่ม Prediction โดยใช้อัตราส่วน 5:2 จากนั้นทำการปรับแต่งสเปกตรัม

ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองนั้นจะใช้ข้อมูลจากกลุ่ม Calibration ในการสร้างแบบจำลองจะใช้แบบจำลองที่ได้จากค่าสเปกตรัมเดิมและจากค่าสเปกตรัมที่ได้รับการปรับแต่งโดยวิธีดังนี้

1. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี Full multiplicative scatter correction (MSC)
2. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี First and Second Derivative โดยใช้ช่วงข้อมูล 5 จุด (10 nm) และ 10 จุด (20 nm) (Savitzky-Golay algorithm, second polynomial)

3. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี Standard Normal Valiant (SNV)

หลังจากทำการปรับแต่งสเปกตรัมตามวิธีดังที่ได้กล่าวมาแล้วเสร็จสิ้นจากนั้นจะสร้างแบบจำลองที่ใช้ในการประเมินองค์ประกอบต่าง ๆ ของน้ำผึ้ง ด้วยวิธี วิธี Partial Least Square (PLS) โดยใช้ช่วงความยาวคลื่นระหว่าง 1100-2500 nm ซึ่งเมื่อได้แบบจำลองแล้วนั้นจะนำแบบจำลองที่ได้มาทำนายค่าปริมาณองค์ประกอบของน้ำผึ้ง Validation หลังจากนั้นจึงนำผลการทำนายที่ได้มาวิเคราะห์ทางสถิติ แบบจำลองของแต่ละองค์ประกอบถูกคัดเลือกกว่าเป็นแบบจำลองที่ดีที่สุดบนพื้นฐานของค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) ที่สูงที่สุด ค่า Standard error of prediction (SEP) ที่ต่ำที่สุด ค่า bias ที่ต่ำที่สุด ค่า อัตราส่วนระหว่างช่วงข้อมูลต่อ SEP (RER) ควรสูงเท่าที่จะเป็นไปได้ ถ้าค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับ 6 ไม่แนะนำในการประมาณค่า 7-12 เหมาะสำหรับการคัดเลือกแบบหยาบๆ 13-20 เหมาะสำหรับการคัดเลือก 21-30 ดีต่อการควบคุมคุณภาพ 31-40 ดีมากในการควบคุมกระบวนการ และค่าอัตราส่วนระหว่าง SD ต่อ SEP (RPD) ควรสูงกว่า 3 ถ้าค่า 3.1-4.9 พอใช้สำหรับการคัดเลือกแบบหยาบๆ 5-6.4 ดีต่อการควบคุมคุณภาพ 5.5-8.0 ดีมากสำหรับการควบคุมกระบวนการ [23]

3.4 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ

เป็นการวิเคราะห์สเปกตรัมของน้ำผึ้งเพื่อแบ่งกลุ่มระหว่างน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอม ข้อมูลสเปกตรัมของน้ำผึ้งปลอมจะแบ่งชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่ม Calibration และกลุ่ม Prediction โดยใช้อัตราส่วน 5:2 ข้อมูลสเปกตรัมของน้ำผึ้งแท้จะแบ่งชุดข้อมูลที่ใช้ในการวิเคราะห์ออกเป็น 2 กลุ่มคือกลุ่ม Calibration และกลุ่ม Prediction โดยใช้อัตราส่วน 5:2 จากนั้นทำการปรับแต่งสเปกตรัม

ในการวิเคราะห์และสร้างแบบจำลองนั้นจะใช้ข้อมูลจากกลุ่ม Calibration ในการสร้างแบบจำลองจะใช้แบบจำลองที่ได้จากค่าสเปกตรัมเดิมและจากค่าสเปกตรัมที่ได้รับการปรับแต่งโดยวิธีดังนี้

1. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี Full multiplicative scatter correction (MSC)

2. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี First and Second Derivative โดยใช้ช่วงข้อมูล 5 จุด (10 nm) และ 10 จุด (20 nm) (Savitzky-Golay algorithm, second polynomial)

3. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี Standard Normal Valiant (SNV)

หลังจากทำการปรับแต่งสเปกตรัมตามวิธีดังที่ได้กล่าวมาแล้วเสร็จสิ้นจากนั้นจะสร้างแบบจำลองเพื่อใช้ในการวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอมด้วยวิธี Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) และวิธี Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA)

3.4.1 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ แบบ Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)

การวิเคราะห์แบบ SIMCA เป็นการวิเคราะห์โดยใช้วิธี PCA นำมาวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งโดยนำสเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานในชุด Calibration มาทำการวิเคราะห์โดยใช้ทำแบบจำลอง PCA เพื่อใช้ในการทำนายและใช้สเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานในชุด Calibration นำมาทำ PCA จะทำให้ได้แบบจำลอง PCA ของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐาน นำแบบจำลอง PCA ของทั้งน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานมาทำนายค่าว่าน้ำผึ้งในชุด Validation เป็นกลุ่มใดและวิเคราะห์ว่าแบบจำลองมีความแม่นยำในการทำนายได้ถูกต้องหรือไม่

3.4.2 การวิเคราะห์เชิงคุณภาพ แบบ Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA)

การวิเคราะห์แบบ PLS-DA เป็นการวิเคราะห์โดยใช้วิธี PLS นำมาวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งโดยตัวแปรต้นคือสเปกตรัมการดูดกลืนแสงช่วง NIR และตัวแปรตามคือความเป็นน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและน้ำที่ไม่ได้มาตรฐาน เพื่อสร้างแบบจำลองโดยตัวแปรตามในการสร้างแบบจำลองน้ำจะแทนด้วย 0 และ 1 (Yes = 1, No = 0) แบบจำลองที่ได้จะนำไปทำนายในชุด Validation โดยค่าที่ได้จะเป็นค่า การทำนายเทียบกับค่าที่ได้จากการวัด โดยค่าจากการทำนายค่า Y

$Y > 0.5$ ซึ่งมากกว่าค่าเฉลี่ย จึงจัดอยู่ในกลุ่มของ 1

$Y < 0.5$ ซึ่งน้อยกว่าค่าเฉลี่ยจึงจัดอยู่ในกลุ่มของ 0

ถ้าค่า Y จากการทำนายมีค่าตรงกับค่าอ้างอิงก็จะสรุปว่าการทำนายนี้ถูกต้อง

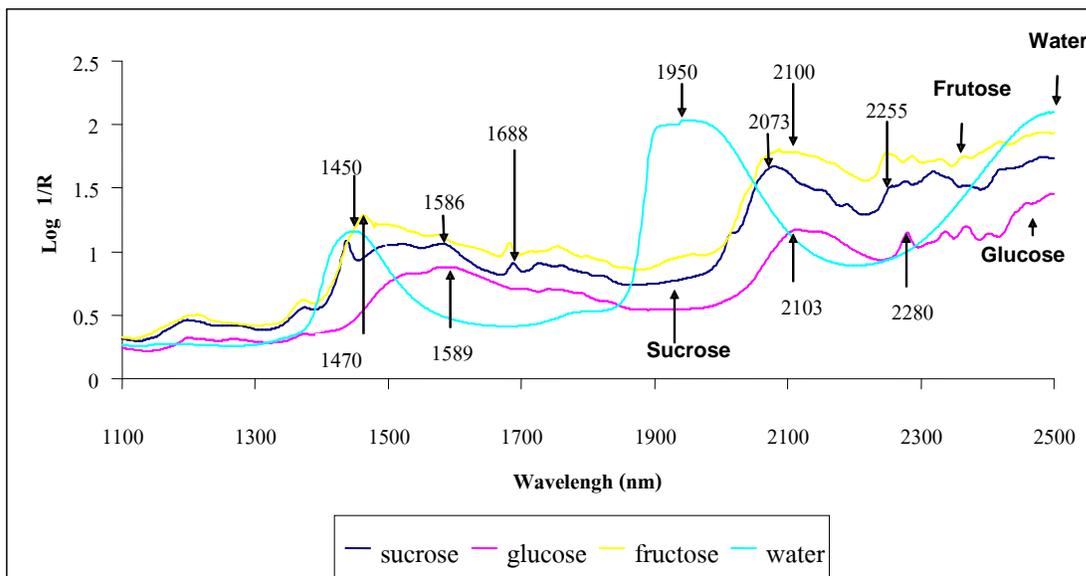
บทที่ 4

ผลการวิจัย

4.1 ผลการทดลองการหาค่าประกอบของน้ำผึ้ง

จากการทดลองพบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งจะมีองค์ประกอบที่สำคัญคือ ความชื้น (ดูภาคผนวก ค) น้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และซูโครส (ดูภาคผนวก ง) ภาพที่ 4.1 ภาพ raw spectra ของน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และน้ำ สเปกตรัมของน้ำตาลฟรุกโตสมีพีคที่เด่นชัดที่ 1470 nm และที่ 2100 nm (the combination of O-H deformation band and C-O stretch band) [24] สเปกตรัมของน้ำตาลกลูโคสมีพีคที่เด่นชัดที่ 1589 nm 2103 nm และ 2280 nm (combination of C-H stretch band and deformation band สอดคล้องกับ Osborne et al. [24] สเปกตรัมของน้ำตาลซูโครสมีพีคที่เด่นชัดที่ 1586 nm 2073 nm และ 2255 nm สอดคล้องกับ Osborne et al. [24] และสเปกตรัมของน้ำจะมีพีคที่เด่นชัดที่ 1450 nm และ 1950 nm

จากการทดลองพบว่าน้ำผึ้งจำนวน 90 ตัวอย่างนี้มีน้ำผึ้งที่เป็นน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอมรวมกันอยู่ซึ่งจะมีปริมาณองค์ประกอบที่แตกต่างกันและมีสเปกตรัมที่แตกต่างกัน

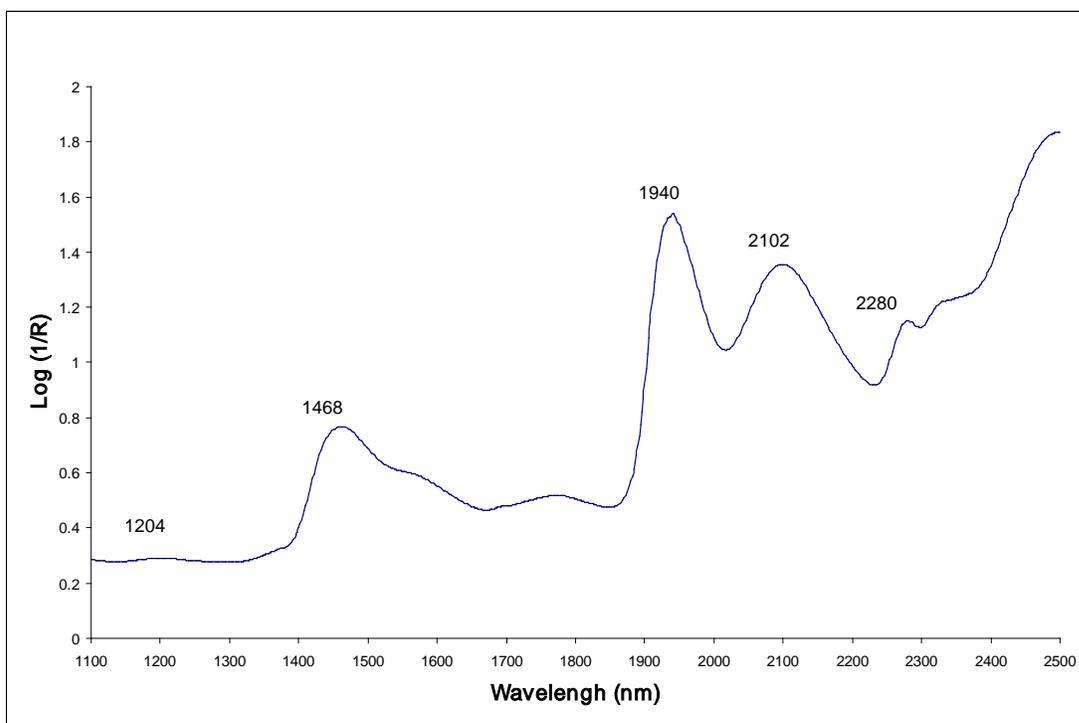


ภาพที่ 4.1 raw spectra ของน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และ ซูโครส

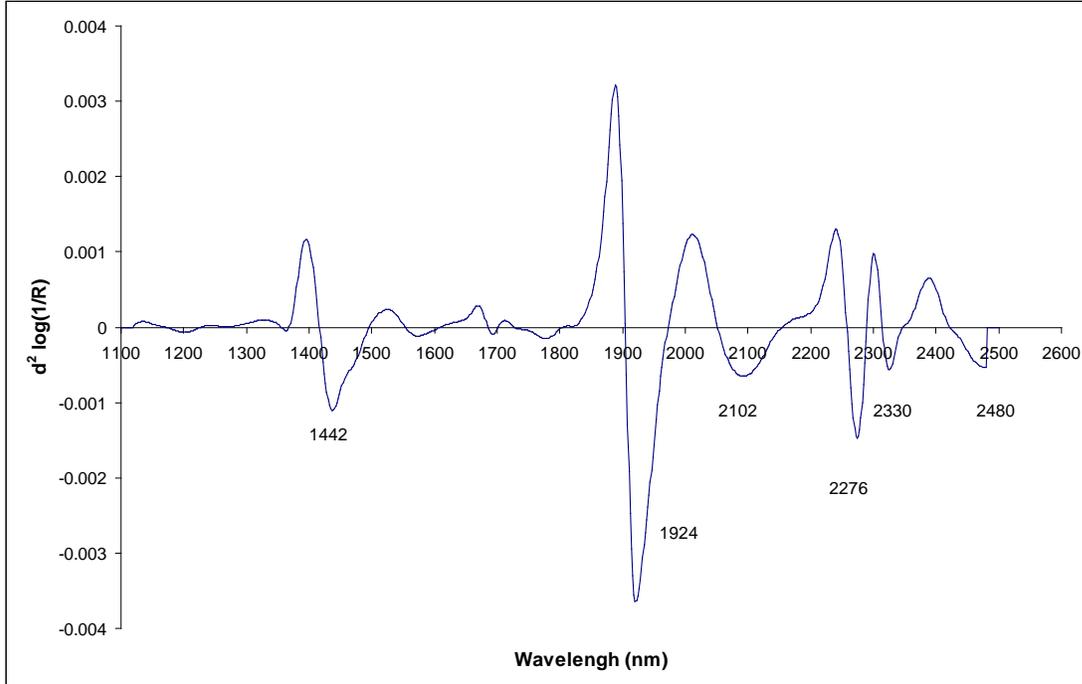
4.1.1 สเปกตรัมของน้ำผึ้ง

จากภาพที่ 4.2 แสดงสเปกตรัมเดิมเฉลี่ยของน้ำผึ้ง ที่ความยาวคลื่น 1100-2500 nm และ คลื่นการดูดซับสูงที่สุดที่ 1204 nm (C-H stretch second overtone) ที่ 1468 nm (C-H stretch second overtone) ของน้ำ และที่ 1940 nm (C-H stretch first overtone) ของน้ำ การดูดกลืนแสงที่ 2102 nm เป็น C-H deformation and combination หรือ C-O stretch combination overtones) [24] และ ที่ 2280 nm (combination of C-H stretch band and deformation band[24]

จากภาพที่ 4.3 แสดงสเปกตรัม 2nd derivative ของน้ำผึ้ง และ NIR แสดงคลื่นการดูดซับสูงที่สุดที่ 1442 nm และ 1924 nm คลื่นการดูดซับนี้น่าจะเป็นการดูดซับคลื่นของน้ำซึ่งเกิดการขยับตัวของคลื่นที่เกิดจากการทำ 2nd derivative บริเวณ 2102 nm แสดงคลื่นการดูดซับ C-H deformation and combination หรือ C-O stretch combination overtones ที่ 2276 nm (C-H combination, C-C stretch overtones หรือ C-O stretch combination overtones และทั้งสองความยาวคลื่นจะเป็นการแสดงถึงน้ำตาลในน้ำผึ้ง [21] และ ที่ 2330 nm เป็นค่าการดูดซับของกลูโคสในน้ำผึ้ง[24]



ภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยของสเปกตรัมเดิมของน้ำผึ้ง



ภาพที่ 4.3 สเปกตรัม NIR (2nd derivative) ของของน้ำฝั้ง

4.1.2 ผลของ PLS regression

จากตารางที่ 4.1 แสดงถึงจำนวนตัวอย่าง (n) ช่วงข้อมูล (range) ค่าเฉลี่ย (mean) และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของชุดข้อมูล Calibration และชุด Prediction ของน้ำฝั้ง

จากตารางที่ 4.2 แสดงผลของ PLS regression ของแต่ละองค์ประกอบของน้ำฝั้ง พบว่าองค์ประกอบที่มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุดคือ ความชื้นจะมีค่าอยู่ที่ 0.979 % ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.47 % และค่า bias ของความชื้น เท่ากับ 0.11 %

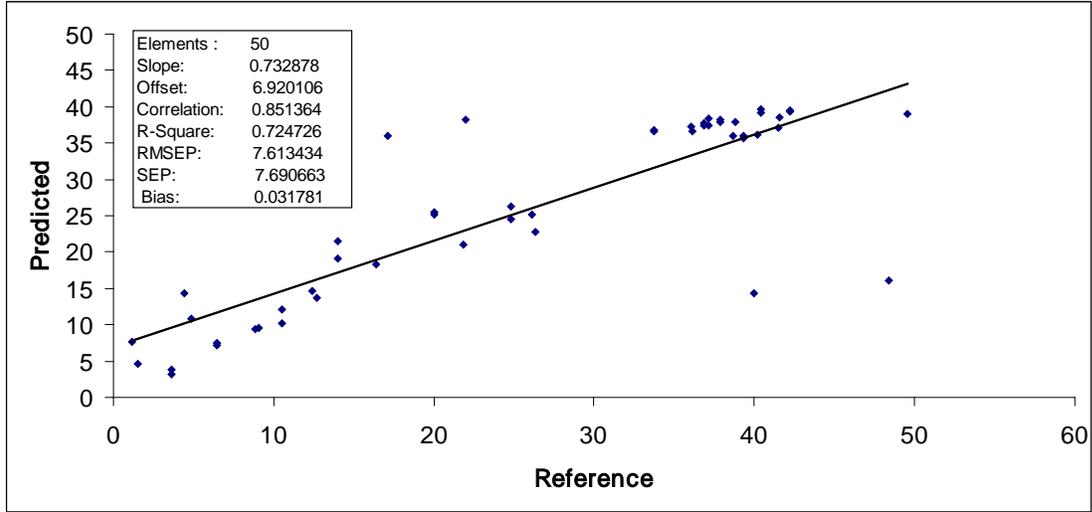
ตารางที่ 4.1 ค่าทางสถิติของชุด Calibration และชุด Prediction ขององค์ประกอบของน้ำฝั้ง

parameters	n	Calibration set			Prediction set			
		Range	mean	SD	n	range	mean	SD
ฟรุกโตส	126	0.64-49.52	24.9	14.56	50	1.13-49.52	25.79	14.66
กลูโคส	126	2.37-39.76	24.41	10.27	50	5.21-39.76	25.08	10.02
ซูโครส	126	1.53-44.58	12.41	10.5	50	1.71-44.58	13.08	11.15
ของแข็งที่ละลายได้	126	72.35-85.55	78.42	2.36	50	73.55-82.30	78.58	2.18
ความชื้น	122	15.20-24.80	19.11	2.17	50	15.20-24.40	19.11	2.29

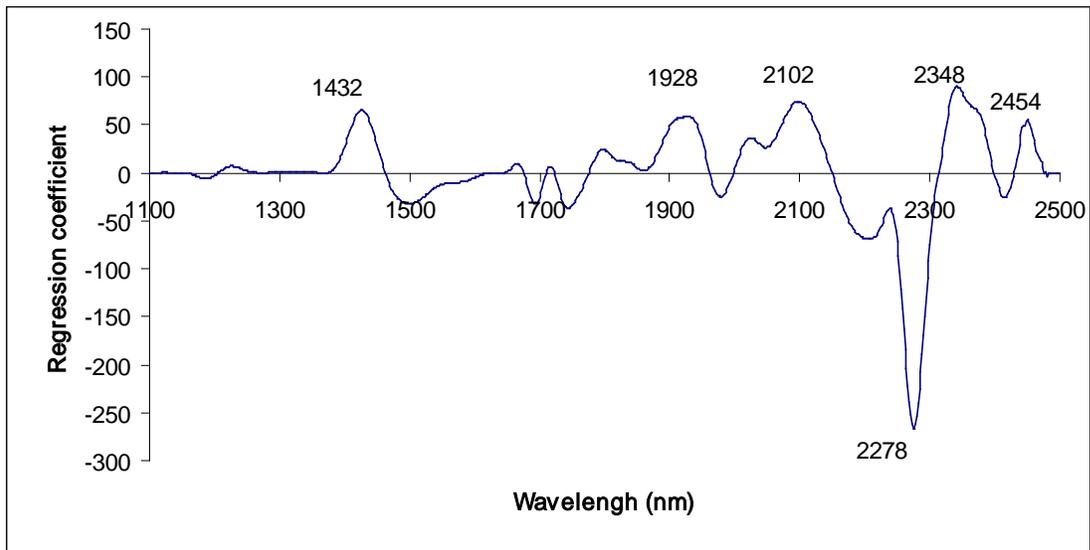
ตารางที่ 4.2 ผลของ PLS regression ของแต่ละองค์ประกอบของน้ำผึ้ง (ตารางรวมแสดงในภาคผนวก จ)

ชนิด	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction				
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias	RPD	RER
ฟรุกโตส	1st derivative with segment of 20 nm	2	0.872	7.12	-9.43E-04	0.851	7.69	0.03	6.29	1.89
กลูโคส	1st derivative with segment of 20 nm	6	0.906	4.36	1.27E-06	0.807	6.15	0.48	5.62	1.63
ซูโครส	2nd derivative with segment of 20 nm	3	0.856	5.42	4.13E-07	0.937	4.07	0.29	10.53	2.74
ของแข็งที่ ละลายได้	2nd derivative with segment of 20 nm	4	0.95	0.73	-2.60E-06	0.965	0.57	- 0.23	15.2	3.8
ความชื้น	MSC	2	0.933	0.78	-5.47E-07	0.979	0.47	0.11	19.6	4.9

จากภาพที่ 4.4 ผลการทำนายน้ำตาลฟรุกโตสเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริง โดยการวัดด้วยวิธี HPLC ซึ่งองค์ประกอบ น้ำตาลฟรุกโตสนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุด ที่ชุด 1st derivative with segment of 20 nm r เท่ากับ 0.851 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 7.69 % ค่า bias เท่ากับ 0.03 % ค่า RER เท่ากับ 1.89 และ ค่า RPD เท่ากับ 6.29



ภาพที่ 4.4 ผลการทำนายน้ำตาลฟรุกโตสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิงโดยวิธี HPLC



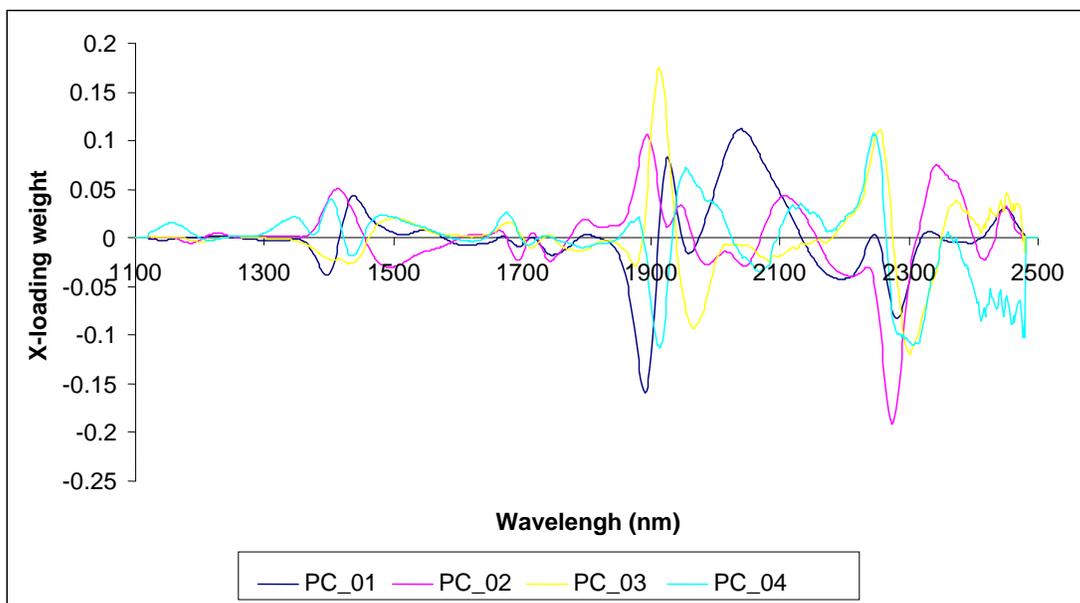
ภาพที่ 4.5 Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลฟรุกโตส

Regression coefficient ใช้เป็นพื้นฐานแรกในการตรวจสอบผลกระทบของความยาวคลื่นต่างๆ (X-variable) ในการทำนายตัวแปรตาม (Y) และค่าสัมบูรณ์ของ Regression coefficient ที่มีค่าสูงซึ่งถึงความสำคัญและอิทธิพลของความยาวคลื่นนั้นต่อโมเดลอย่างมีนัยสำคัญ [25]

จากภาพที่ 4.5 กราฟ Regression coefficient ของของโมเดลน้ำตาลฟรุกโตสที่สเปกตรัม NIR ของน้ำผึ้งมีพีคที่มีความสำคัญต่อ ที่ 2102 nm คลื่นการดูดซับ C-H deformation and combination หรือ C-O stretch combination overtones ที่ 2278 nm (C-H combination, C-C stretch overtones หรือ C-O stretch combination overtones และทั้ง

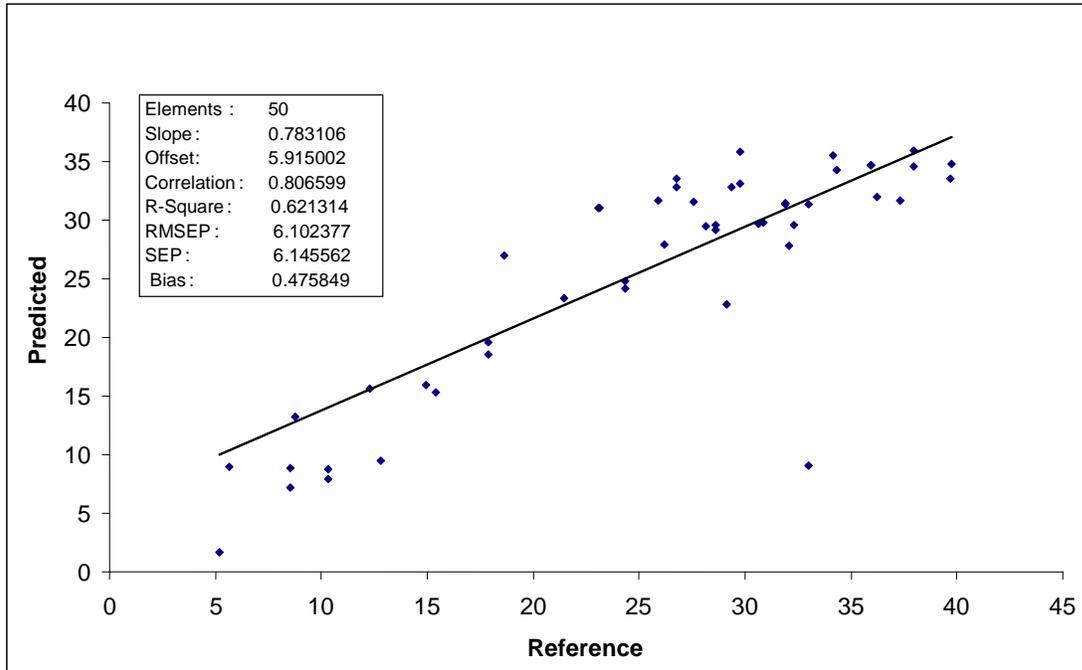
สองความยาวคลื่นจะเป็นการแสดงถึงน้ำตาลในน้ำผึ้ง [21] และที่ 1432, 1928, 2348, 2454 nm เป็นค่าการดูดซับที่มีผลกระทบต่อโมเดล

X-loading weight plot นั้นถ้าความยาวคลื่นซึ่งมีค่า X-loading weight มากแสดงว่ามีความสำคัญมากต่อการทำนายตัวแปรอิสระ จากภาพที่ 4.6 แสดง X-loading weight plot ของน้ำตาลฟรุกโตสที่สเปกตรัม NIR ของน้ำผึ้ง PC 1 2 3 และ 4 ครอบคลุมความแปรปรวนในสเปกตรัม 93 3 1 และ 1 % ตามลำดับ X-loading weight ของ PC 1 แสดงถึงความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลต่อโมเดล X-loading weight ที่ 1450 nm (O-H stretch first overtone) ของน้ำ [24] 1892 1928 และ 2044 nm ยกเว้นที่ 1412, 1580, 1792, 1912, 1948, 1974, 2136, 2254, 2314, 2358, 2412 nm ส่วนของ PC 2 ซึ่งให้เห็นว่าความยาวคลื่นที่เด่นชัดมีอิทธิพลต่อโมเดล 2276 nm (C-H combination, C-C stretch overtones หรือ C-O stretch combination overtones เป็นการดูดซับคลื่นของน้ำตาลในน้ำผึ้ง[21] ส่วนที่ 1460, 1594, 1778, 1964, 2072, 2314, 2400 nm จะไม่มีผลกับโมเดล ส่วน X-loading weight ของ PC 3 แสดงความยาวคลื่นที่มีผลกับโมเดลที่ 1916, 2250 nm ส่วนของ PC 4 ปรากฏว่าที่ความยาวคลื่น 2252 nm มีผลกับโมเดล



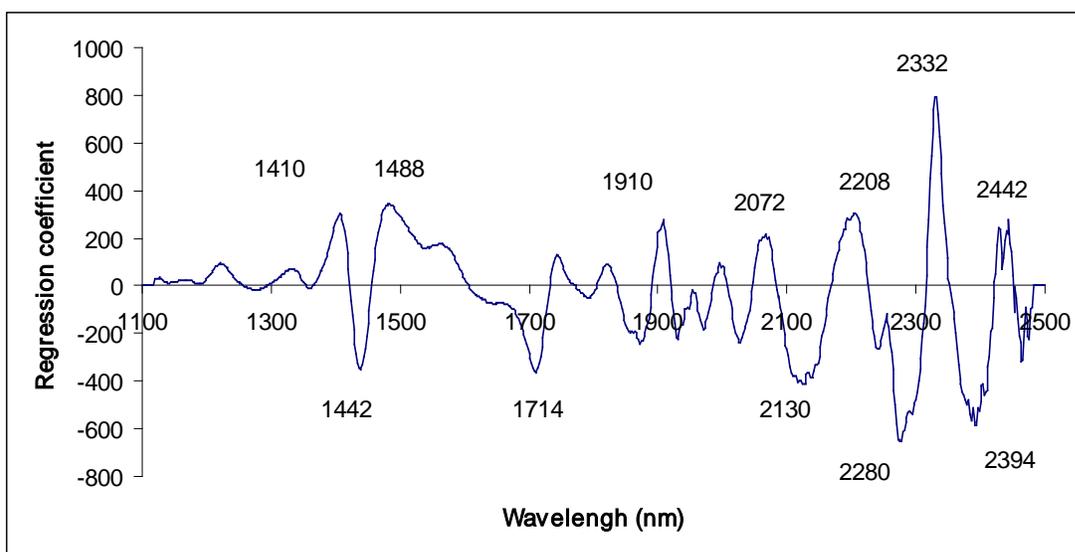
ภาพที่ 4.6 X-loading weight plot ของโมเดลน้ำตาลฟรุกโตส

จากภาพที่ 4.7 ผลการทำนาย น้ำตาลกลูโคสเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริงจากน้ำผึ้ง โดยการวัดด้วยวิธี HPLC ซึ่งองค์ประกอบ น้ำตาลกลูโคสนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุด ที่ชุด 1st derivative with segment of 20 nm เท่ากับ 0.807 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 6.15 % ค่า bias เท่ากับ 0.48 % ค่า RER เท่ากับ 1.63 และ ค่า RPD เท่ากับ 5.62



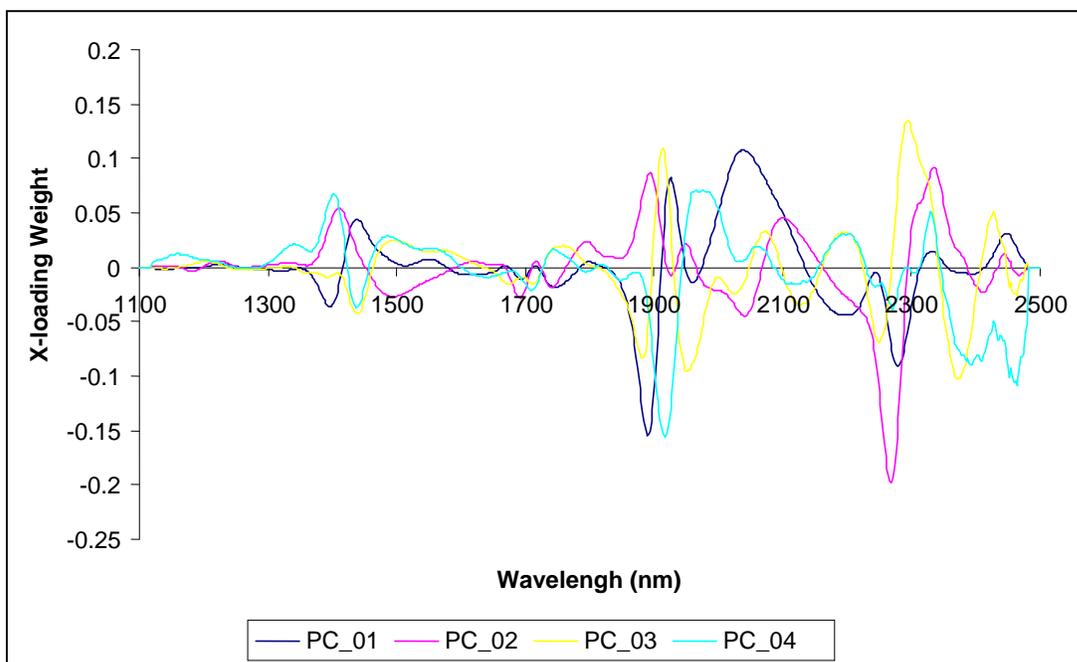
ภาพที่ 4.7 ผลการทำนายน้ำตาลกลูโคสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิงโดยวิธี HPLC

จากภาพที่ 4.8 กราฟ Regression coefficient ของของโมเดลน้ำตาลกลูโคส พิกที่มีความสำคัญสูงที่ 2280 nm (combination of C-H stretch band and deformation band [21])และที่ 2330 nm เป็นคลื่นการดูดซับของน้ำตาลกลูโคส [24] และยังปรากฏพิกที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อโมเดล คือที่ความยาวคลื่น 1410, 1442, 1488, 1714, 1910, 2072, 2130, 2208, 2394, 2442 nm



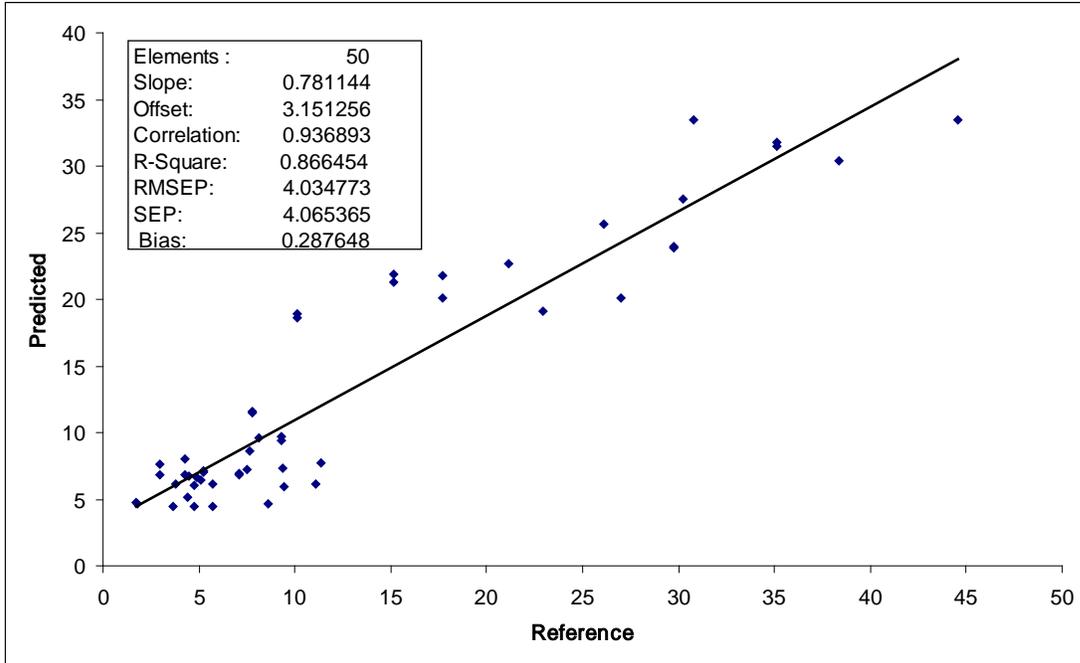
ภาพที่ 4.8 Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลกลูโคส

จากภาพที่ 4.9 แสดง X-loading weight plot ของโมเดลน้ำตาล กลูโคส PC 1 2 3 และ 4 ครอบคลุมความแปรปรวนในสเปกตรัม 91.32 และ 2% ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 1440 nm เป็นช่วงการดูดกลืนคลื่นของกลูโคส [24] 1892, 1930, 2048 nm มีอิทธิพลสูงต่อโมเดลใน PC 1 ส่วน PC 2 มีพีคที่เด่นชัดคือ 1896, 2340 nm PC 3 ที่ 2300 จะมีพีคที่เด่นชัดที่สุด



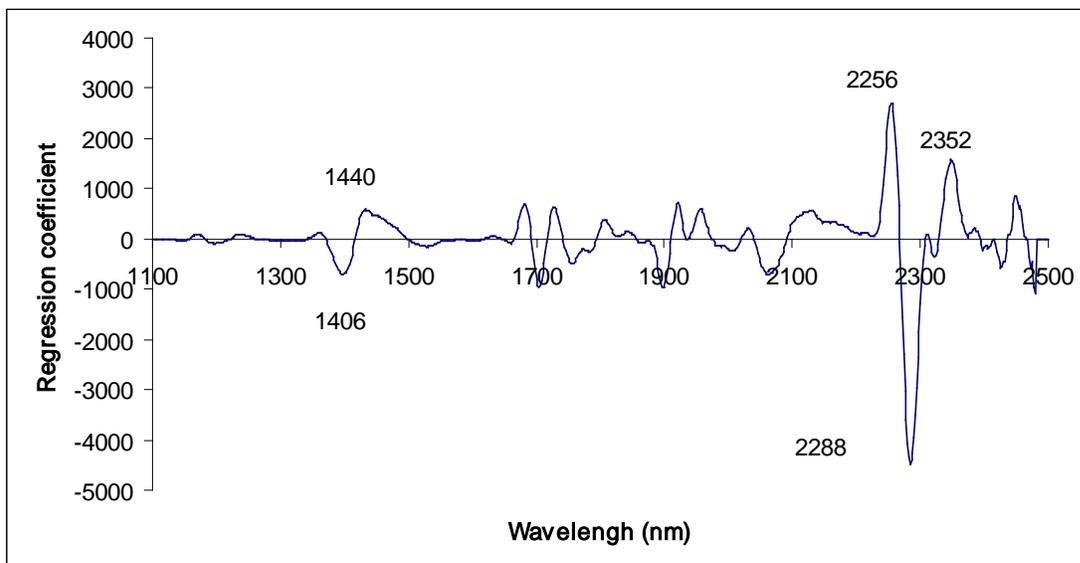
ภาพที่ 4.9 X-loading weight plot ของ โมเดลน้ำตาลกลูโคส

จากภาพที่ 4.10 ผลการทำนาย น้ำตาลซูโครสเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริงจากน้ำผึ้งซึ่ง โดยการวัดด้วยวิธี HPLC ซึ่งองค์ประกอบ น้ำตาลซูโครสนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุด ที่ชุด 2nd derivative with segment of 20 nm เท่ากับ 0.937 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 4.07 % ค่า bias เท่ากับ 0.29 % ค่า RER เท่ากับ 2.74 และ ค่า RPD เท่ากับ 10.53



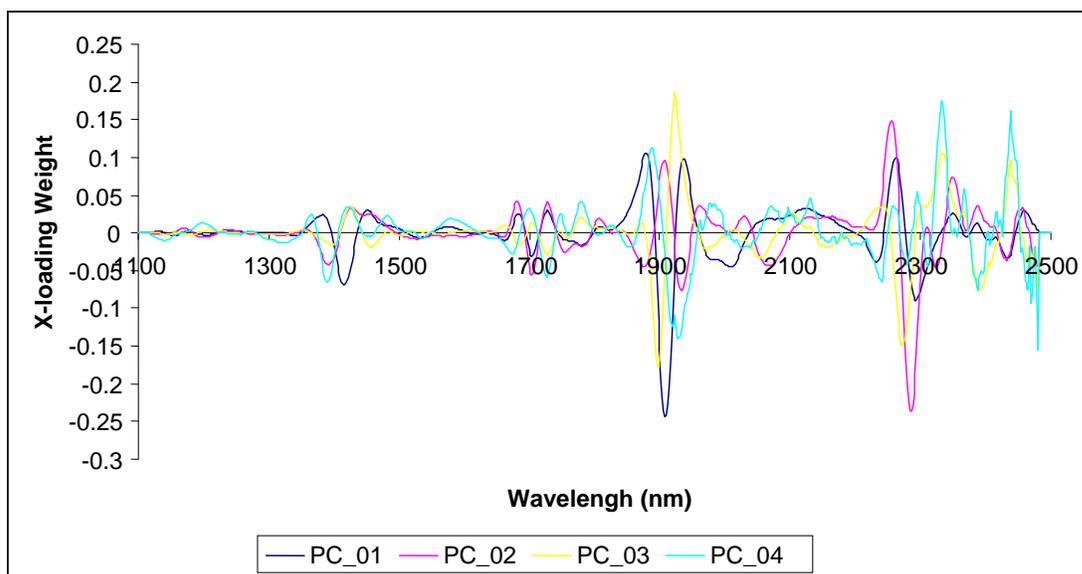
ภาพที่ 4.10 ผลการทำนายน้ำตาลซูโครสด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิงโดยวิธี HPLC

จากภาพที่ 4.11 กราฟ Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลซูโครส พิกที่มีความสำคัญสูงที่ 1440 nm เป็นการดูดกลืนคลื่นแสงของน้ำตาลกลูโคส [24] ที่ 2255 เป็นการดูดกลืนคลื่นแสง NIR ของน้ำตาลซูโครส [24] และยังปรากฏพิกที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อโมเดล คือที่ความยาวคลื่น 1406 2288 และ 2352 nm



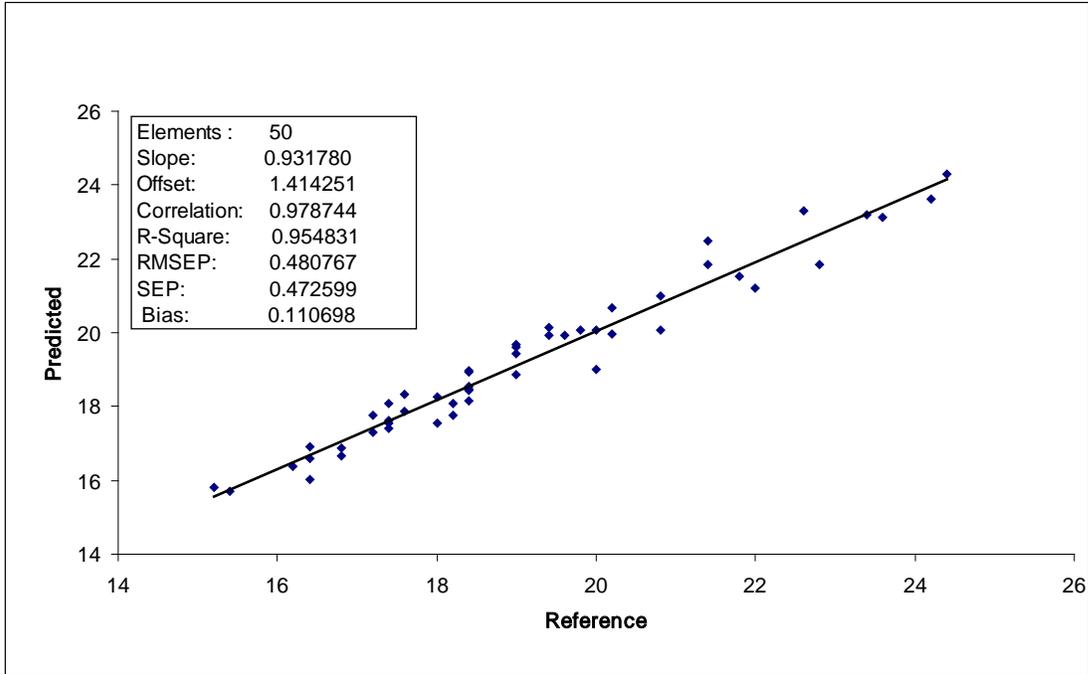
ภาพที่ 4.11 Regression coefficient ของโมเดลน้ำตาลซูโครส

จากภาพที่ 4.12 แสดง X-loading weight plot ของโมเดลน้ำตาลซูโครส PC 1 2 3 4 และ 5 ครอบคลุมความแปรปรวนในสเปกตรัม 91 4 2 1 และ 1% ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 1886 1934 และ 2264 nm มีอิทธิพลสูงต่อโมเดล ใน PC 1 ส่วน PC 2 มี 1910 เป็นความยาวคลื่นที่มีอิทธิพลกับโมเดล



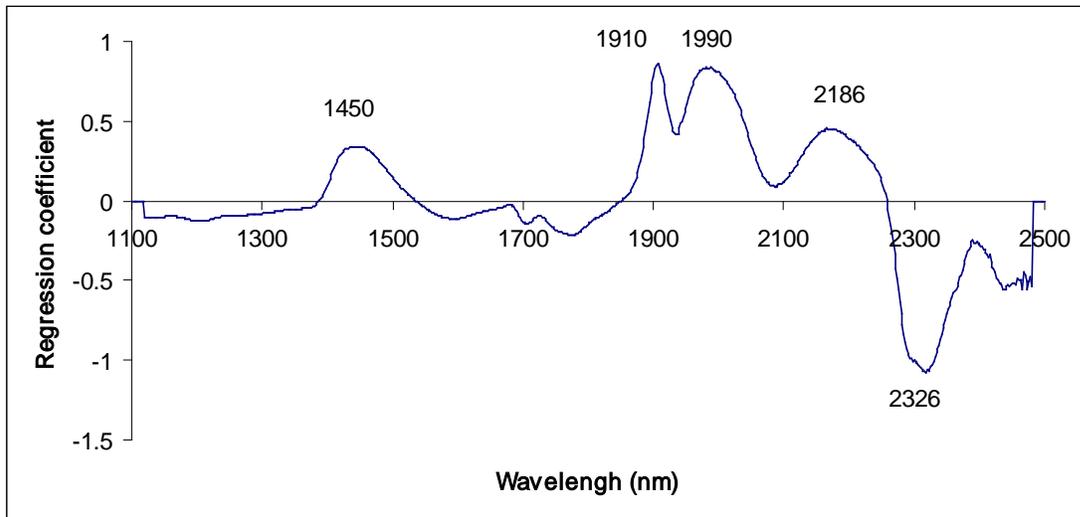
ภาพที่ 4.12 X-loading weight plot ของ โมเดลน้ำตาลซูโครส

จากภาพที่ 4.13 ผลการทำนาย ค่าความชื้นเปรียบเทียบกับค่าที่วัดจริงจากน้ำผึ้งซึ่งโดยการวัดด้วยวิธีอ้างอิง ค่าความชื้นนี้มีค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ (r) สูงที่สุด ที่ชุดสเปกตรัม MSC ค่า r เท่ากับ 0.979 ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.47% ค่า bias เท่ากับ 0.11% ค่า RER เท่ากับ 4.9 และ ค่า RPD เท่ากับ 19.6



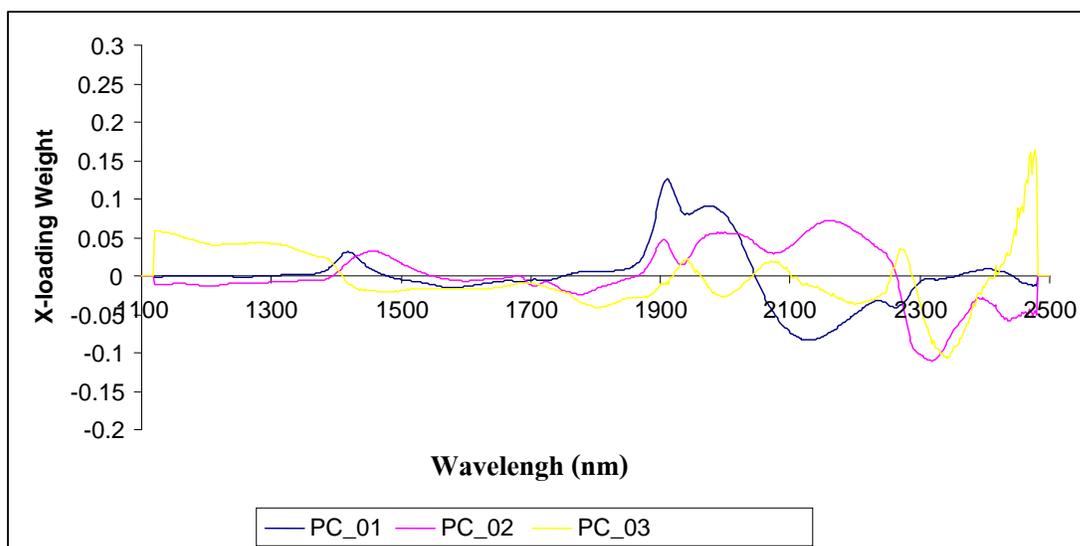
ภาพที่ 4.13 ผลการทำนายค่า ความชื้นด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปีกับค่าอ้างอิง

จากภาพที่ 4.14 กราฟ Regression coefficient ของโมเดลความชื้น พิกที่มีความสำคัญสูงที่ 1450 nm (O-H stretch first overtone) เป็นค่าการดูดกลืนคลื่นแสง NIR ของน้ำ [24] และ ยังปรากฏพิกที่สำคัญที่มีอิทธิพลต่อโมเดล คือที่ความยาวคลื่น 1910, 1990, 2186, และ 2326 nm



ภาพที่ 4.14 Regression coefficient ของ ความชื้น ที่สเปกตรัม NIR ของน้ำดื่ม

ภาพที่ 4.15 แสดง X-loading weight plot ของโมเดล น้ำตาลซูโครส PC 1 2 และ 3 ครอบคลุมความแปรปรวนในสเปกตรัม 95.2 และ 2 % ตามลำดับ ที่ความยาวคลื่น 1914 nm มีอิทธิพลสูงต่อโมเดลใน PC 1 ส่วน PC 2 ที่ 2170 nm มีผลกับโมเดล



ภาพที่ 4.15 X-loading weight plot ของ โมเดลความชื้น

4.2 ผลการทำนายการแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้ง

4.2.1 ผลการแบ่งกลุ่มแบบ Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA)

ผลการแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งในการใช้วิธีการแบ่งกลุ่มแบบ Soft Independent Modeling of Class Analogy (SIMCA) โดยใช้ สเปกตรัมดั้งเดิม (Raw spectrum) และสเปกตรัมที่มีการจัดการ สเปกตรัมเบื้องต้น 2 วิธี ได้แก่

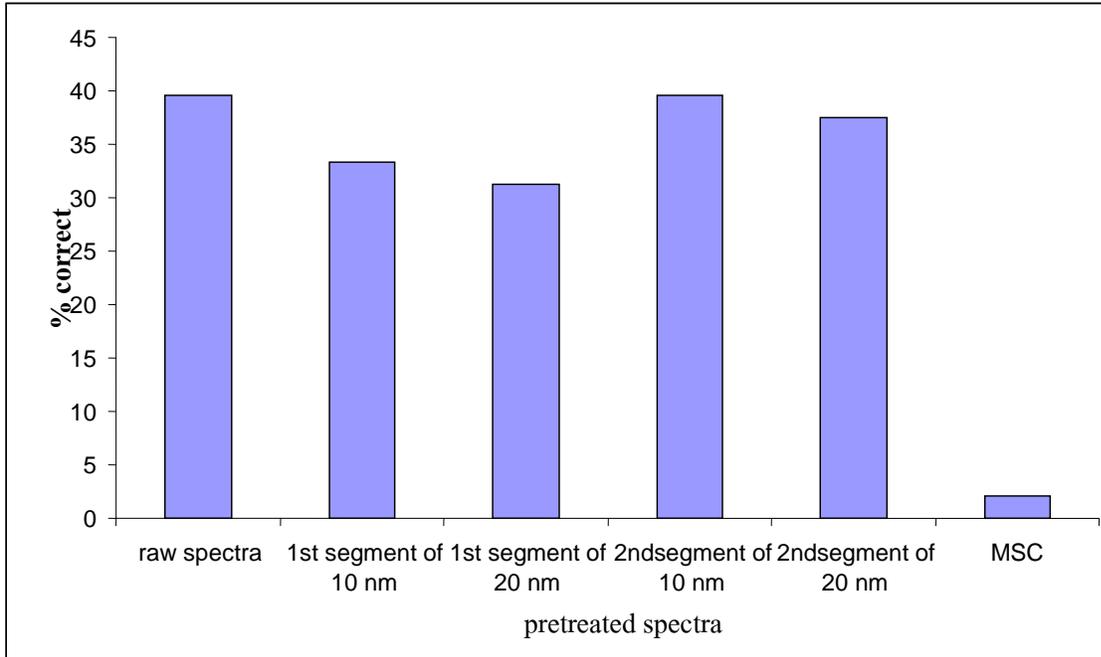
1. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี First and Second Derivative โดยใช้ช่วงข้อมูล 5 จุด (10 nm) และ 10 จุด (20 nm) (Savitzky-Golay algorithm, second polynomial)

2. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี Full multiplicative scatter correction (MSC)

โดยเมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องในการคัดแยกด้วยการสร้างแบบจำลองจากสเปกตรัมของน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอมโดยวิธี SIMCA ดังตารางที่ 4.3 พบว่า แบบจำลองที่สร้างจาก สเปกตรัมของน้ำผึ้งปลอมโดยจัดการสเปกตรัมด้วย 2nd derivative segment of 20 nm สามารถคัดแยกกลุ่มเดียวกันได้ถูกต้องสูงสุด 80.8 % และคัดแยกในกลุ่มน้ำผึ้งแท้ดีที่สุดด้วยการจัดการสเปกตรัมด้วยวิธี MSC คือ 77 % ส่วนแบบจำลองที่สร้างจาก สเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานโดยจัดการสเปกตรัมด้วยวิธี MSC สามารถคัดแยกกลุ่มน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานได้ถูกต้องที่สุดคือ 96.2% และคัดแยกในกลุ่มน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานดีที่สุดด้วยการจัดการสเปกตรัมด้วยวิธี 1st segment of 10 nm, 20 nm, 2nd derivative segment of 20 nm คือ 95.5 %

ตารางที่ 4.3 ผลการคัดแยกน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานออกจากกันด้วยวิธี SIMCA

pretreated spectra	Honey group	No. of Honey for prediction		Model		% correct
				ไม่ได้มาตรฐาน	ได้มาตรฐาน	
raw spectra	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct classification	69.3	92.3	61.5
	ไม่ได้มาตรฐาน	22		4.5	81.8	13.63
รวม		48		รวม		39.58
1 st segment of 10 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct classification	77	84.6	61.5
	ไม่ได้มาตรฐาน	22		0	95.5	0
รวม		48		รวม		33.3
1 st segment of 20 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct classification	69	84.6	53.8
	ไม่ได้มาตรฐาน	22		9	95.5	4.54
รวม		48		รวม		31.25
2 nd segment of 10 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct classification	76.9	92.3	69.2
	ไม่ได้มาตรฐาน	22		9	86.4	1
รวม		48		รวม		39.58
2 nd segment of 20 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct classification	80.8	88.5	69.2
	ไม่ได้มาตรฐาน	22		0	95.5	0
รวม		48		รวม		37.5
MSC	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct classification	19.2	96.2	3.84
	ไม่ได้มาตรฐาน	22		77	27.3	0
รวม		48		รวม		2.08



ภาพที่ 4.16 ผลการทำนาย % ความถูกต้อง

ภาพที่ 4.16 เป็นผลการทำนาย % ความถูกต้องแสดงแบบ pretreated spectra ที่ดีที่สุดคือแบบ raw spectra และ 2nd segment 10 nm

4.2.2 ผลการแบ่งกลุ่มแบบ Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA)

ผลการ แบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งในการใช้วิธีการ Partial Least Square Discriminant Analysis (PLS-DA) โดยใช้สเปกตรัมดั้งเดิม (Raw spectrum) และสเปกตรัมที่มีการจัดการ สเปกตรัมเบื้องต้น 2 วิธี ได้แก่

1. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี First and Second Derivative โดยใช้ช่วงข้อมูล 5 จุด (10 nm) และ 10 จุด (20 nm) (Savitzky-Golay algorithm, second polynomial)
2. การปรับแต่งค่าสเปกตรัมด้วยวิธี Full multiplicative scatter correction (MSC)

โดยเมื่อเปรียบเทียบความถูกต้องในการคัดแยกด้วยการสร้างแบบจำลองจากสเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐาน แสดงดังตารางที่ 4.4 พบว่าแบบจำลองที่สร้างจากสเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐาน สามารถคัดแยกกลุ่มน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานได้ถูกต้อง 100% สามารถคัดแยกกลุ่มน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐาน ได้ 92.3% ส่วนแบบจำลองที่สร้างจากสเปกตรัมของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานสามารถคัดแยกกลุ่มน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานได้ถูกต้อง 92.3% ส่วนการแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งไม่ได้มาตรฐานมีความถูกต้อง 100 % ส่วนการจัดการสเปกตรัมนั้นไม่มีผลต่อการคัดแยกของแบบจำลองทั้งของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐาน การทำนายโดยรวมมีความถูกต้อง 95.8 %

ตารางที่ 4.4 ผลการคัดแยกน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและไม่ได้มาตรฐานออกจากกันด้วยแบบจำลอง PLS-DA

pretreated spectra	Honey group	No. of Honey for prediction		Model		% correct
				ไม่ได้มาตรฐาน	ได้มาตรฐาน	
raw spectra	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct	92.3	92.3	92.3
	ไม่ได้มาตรฐาน	22	classification	100	100	100
รวม		48	รวม		95.8	
1 st segment of 10 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct	92.3	92.3	92.3
	ไม่ได้มาตรฐาน	22	classification	100	100	100
รวม		48	รวม		95.8	
1 st segment of 20 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct	92.3	92.3	92.3
	ไม่ได้มาตรฐาน	22	classification	100	100	100
รวม		48	รวม		95.8	
2 nd segment of 10 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct	92.3	92.3	92.3
	ไม่ได้มาตรฐาน	22	classification	100	100	100
รวม		48	รวม		95.8	
2 nd segment of 20 nm	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct	92.3	92.3	92.3
	ไม่ได้มาตรฐาน	22	classification	100	100	100
รวม		48	รวม		95.8	
MSC	ได้มาตรฐาน	26	Honey of correct	92.3	92.3	92.3
	ไม่ได้มาตรฐาน	22	classification	100	100	100
รวม		48	รวม		95.8	

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยนี้ศึกษาองค์ประกอบน้ำน้ำผึ้ง โดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี ตรวจสอบที่น้ำผึ้งโดยตรง ซึ่งเป็นวิธีที่ไม่ทำลายตัวอย่าง ทำการวัดแบบ Transflectance ช่วงความยาวคลื่น 1100 -2500 nm ในการตรวจวัดและจำแนกน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานออกจากกันและใช้เวลาในการวัดเพียง 5 นาทีต่อตัวอย่างซึ่งเร็วกว่าวิธีการอ้างอิง

5.1 การทดสอบหาองค์ประกอบของน้ำผึ้ง

5.1.1 การวิเคราะห์องค์ประกอบของน้ำผึ้ง

จากการศึกษาองค์ประกอบของน้ำผึ้งพบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งจะประกอบด้วยน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส และความชื้น ซึ่งการวิเคราะห์องค์ประกอบดังกล่าวเมื่อวิเคราะห์ปริมาณน้ำตาลจะทำโดยวิธีโครมาโตกราฟีแบบของเหลวแรงดันสูง (HPLC) ส่วนการหาความชื้นจะทำการวัดด้วยเครื่อง Refractrometer พบว่าองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานมีความแตกต่างจากน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานอย่างเห็นได้ชัดเจนซึ่งน้ำที่ไม่ได้มาตรฐานจะมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตส(0.6-27.5%โดยน้ำหนัก) และน้ำตาลกลูโคส(2.4-37.3โดยน้ำหนัก) น้ำตาลซูโครส(1.5-44.6โดยน้ำหนัก) ความชื้น (15.2- 24.8โดยน้ำหนัก)ที่เป็นองค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งส่วนน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานจะมีองค์ประกอบหลักน้ำตาลฟรุกโตส (33.7-49.5โดยน้ำหนัก) กลูโคส (24.4- 39.8โดยน้ำหนัก)และน้ำตาลซูโครส (1.8-11.3โดยน้ำหนัก)ความชื้น (15.2-23.8โดยน้ำหนัก) เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งน้ำผึ้งจะกำหนดปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสมากกว่า 30 % โดยน้ำหนัก น้ำตาลกลูโคส 20 %โดยน้ำหนัก น้ำตาลซูโครส ไม่เกิน 12 % โดยน้ำหนัก ความชื้นจะไม่เกิน 25 % จะจัดในกลุ่มน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐานส่วนที่มีองค์ประกอบต่ำกว่านี้จะจัดอยู่ในกลุ่มน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานโดยจากการทดสอบพบว่าน้ำผึ้งในประเทศไทยมีการผลิตน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานออกมาจำหน่ายในปริมาณสูงมากจากตัวอย่างทั้งหมด 90 ตัวอย่างพบว่าจะมีน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานอยู่ ถึง 50 ตัวอย่างและน้ำผึ้งที่ได้มาตรฐาน 40 ตัวอย่าง ซึ่งเมื่อผู้บริโภคได้บริโภคน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานเหล่านี้จะทำให้มีผลเสียต่อสุขภาพซึ่งน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานเหล่านี้จะมีคุณค่าทางอาหารเหมือนกับน้ำหวานที่แต่งกลิ่นน้ำผึ้ง

5.1.2 การทำนายองค์ประกอบของน้ำผึ้งโดยใช้เทคนิค NIR

การใช้เทคนิค NIR spectroscopy ในการทำนายองค์ประกอบของน้ำผึ้ง โดยใช้แบบจำลองที่ได้จากค่าสเปกตรัมเดิม สเปกตรัมถูกปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี Full multiplicative scatter correction (MSC) หรือ Second Derivative (Savitzky-Golay algorithm, second polynomial)โดยใช้ PLS regression สามารถทำนายองค์ประกอบของน้ำผึ้ง ที่เป็นน้ำตาลฟรุกโตส กลูโคส ซูโครส และความชื้นและผ่านการปรับแต่งสเปกตรัมด้วยวิธี MSC ได้ (r) สูง

ที่สุดคือความชื้น จะมีค่าอยู่ที่ 0.979 % ค่าผิดพลาดมาตรฐานของการทำนาย (SEP) เท่ากับ 0.47% และค่า bias ของความชื้น เท่ากับ 0.11 % ซึ่งค่าสัมประสิทธิ์ความสัมพันธ์ สูงสุดค่า (r) 0.95-0. 98 ใช้ในการประยุกต์ใช้ส่วนใหญ่ รวมถึงการประกันคุณภาพ [23]

5.2 การแบ่งกลุ่มน้ำผึ้งมาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐาน

5.2.1 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งมาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานด้วยวิธี SIMCA

สเปกตรัมของน้ำผึ้งสามารถแยกน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอมได้ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากกลุ่มน้ำผึ้งปลอมจะมีการคัดแยกน้ำผึ้งในกลุ่มตัวเองได้ดีที่สุด 80.8 % และทำนายกลุ่มอื่นดีที่สุด 77 % และแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากกลุ่มน้ำผึ้งแท้จะมีการคัดแยกน้ำผึ้งในกลุ่มตัวเองได้ดีที่สุด 96.2 % และทำนายกลุ่มอื่นดีที่สุด 95.5 %

5.2.2 การวิเคราะห์การแบ่งกลุ่มของน้ำผึ้งมาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานด้วยวิธี PLS- DA

สเปกตรัมของน้ำผึ้งสามารถแยกน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งปลอมได้ในแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากกลุ่มน้ำผึ้งปลอมจะมีการคัดแยกน้ำผึ้งได้ดีมากมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดในการทำนายกลุ่มของตัวเอง 100 % และในการทำนายกลุ่มอื่น 92.3 % และแบบจำลองที่สร้างขึ้นจากกลุ่มน้ำผึ้งแท้จะมีการคัดแยกน้ำผึ้งได้ดีมากมีเปอร์เซ็นต์ความถูกต้องสูงสุดในการทำนายกลุ่มของตัวเอง 92.3 % และในการทำนายกลุ่มอื่น 100 % วิธีการนี้จึงเหมาะที่จะทำการคัดแยกกลุ่มน้ำผึ้งมาตรฐานและน้ำผึ้งที่ไม่ได้มาตรฐานออกจากกัน การทำนายโดยรวมมีความถูกต้อง 95.8 %

บทที่ 6

สรุปผลผลิตงานวิจัย

กำลังเขียน บทความวิจัย เพื่อตีพิมพ์ในวารสารวิชาการระดับนานาชาติ

1. Determination of honey complied with quality standard using near infrared spectroscopy, P. Sirisomboon^{*}, S. Howvimanporn

วารสารที่คาดว่าจะตีพิมพ์: **Journal of Innovative Optical Health Sciences** (Impact factor 0.933) ในฐานข้อมูล ISI

^{*}Corresponding author: King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang, Chalongkrung Road, Ladkrabang, Bangkok 10520, Thailand. Tel: +66 23298000 ext 5120, 5008. Fax: +66 23298336. E-mail address: kspanman@kmitl.ac.th (P. Sirisomboon).

เอกสารอ้างอิง

- [1] แสนนัต หงส์ทรงเกียรติ, 2531. เทคโนโลยีการเลี้ยงผึ้งกรุงเทพฯ : สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง,
- [2] สำนักงานมาตรฐานผลิตภัณฑ์อุตสาหกรรม, 2556. มาตรฐานผลิตภัณฑ์ชุมชน เรื่อง น้ำผึ้ง (มผช.๒๖๓/๒๕๕๓) เข้าถึงเมื่อ 29 พฤษภาคม 2556 http://app.tisi.go.th/otop/pdf_file/tcps263_47.pdf
- [3] AOAC, 2006. Official Method 977.20 Separation of Sugars in Honey. Official methods of analysis of AOAC international, 18th ed. 2005, current through revision 1, 2006, Editors: W. Horwitz and G. W. Latimer, Jr.
- [4] AOAC, 2006. Official Method 969.38 Moisture in Honey. Official methods of analysis of AOAC international, 18th ed. 2005, current through revision 1, 2006, Editors: W. Horwitz and G. W. Latimer, Jr.
- [5] วารุณี ชนะแพสย์, 2555. สถานการณ์การใช้ประโยชน์เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในประเทศไทย. เทคโนโลยีอินฟราเรดย่านใกล้และการประยุกต์ใช้ในอุตสาหกรรม สถาบันค้นคว้าและพัฒนาผลิตผลทางการเกษตรและอุตสาหกรรม มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ กรุงเทพมหานคร , 1-1-1-8.
- [6] Zhang, H.J., Wu, J.H., Luc Li-jun, Y., Hua Yang, L., Yu, X.Q., Wang, X.S., Chen, L., Mei, H.W., 2007. Comparison of Near Infrared Spectroscopy Models for Determining Protein and Amylose Contents Between Calibration Samples of Recombinant Inbred Lines and Conventional Varieties of Rice. Agricultural Sciences in China, 6, 941-948.
- [7] Sirisomboon P., Tanaka M., Fujita S., Kojima T., 2007. Evaluation of pectin constituents of Japanese pear by near infrared spectroscopy, J. Food Engineering 78(2): 701-707.
- [8] Camps, C., Christen, D., 2009. Non-destructive assessment of apricot fruit quality by portable visible-near infrared spectroscopy. LWT - Food Science and Technology, 42, 1125-1131.
- [9] Sirisomboon P., Howvimanporn S., 2009. Determination of soluble solids of honey by 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.
- [10] Sirisomboon P., Duangchang J., 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.

[11] Al-Holy, M.A., Mengshi, L., Cavinato, A.G., Rasco, B.A., 2006. The use of Fourier transform infrared spectroscopy to differentiate *Escherichia coli* O157:H7 from other bacteria inoculated into apple juice. *Food Microbiology*, 23, 162-168.

[12] 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.

[13] Chen L., Xue X., Ye Z., Zhou J., Chen F., Zhao J., 2011. Determination of Chinese honey adulterated with high fructose corn syrup by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 128(4), 1110-1114.

[14] Zhu X., Li S., Shan Y., Zhang Z., Li G., Su D., Liu F., 2010. Detection of adulterants such as sweeteners materials in honey using near infrared spectroscopy and chemometrics. *Journal of Food Engineering*, 101(1), 92-97.

[15] Lanzhen Chen, Jiahua Wang, Zhihua Ye, Jing Zhao, Xiaofeng Xue, Yvan Vander Heyden, Qian Sun, 2012. Classification of Chinese honeys according to their floral origin by near infrared spectroscopy. *Food Chemistry*, 135(2), 338-342.

[16] จากวิกิพีเดีย สารานุกรมเสรี [Online]. Available : <http://th.wikipedia.org/wiki>, 2552

[17] บริษัท ไทยลานนาฟาร์มผึ้ง จำกัด [Online]. Available : <http://www.thailanna.co.th>, 2557

[18] ประกาศกระทรวงสาธารณสุข (ฉบับที่ 211) พ.ศ. 2553[Online]. Available : <http://www.fda.moph.go.th/fda-net/html/product/food/ntfmoph/ntf211.htm>, 2543

[19] Garcia-Alvarez, M., Huidobro J.F., Hermida M., Rodriguez-Otero J.L., (2000). Major componenes of honey analysis by near-infrared transfectance spectroscopy. *Agric. Food Chem.*, 48, 5154-5158.

[20] Downey, G., Fouratier, V., Kelly, J.D., 2003. Detection of honey adulteration by addition of fructose and glucose using near infrared transfectance spectroscopy. *J. Near Infrared Spectroscopy*. 11, 447-456.

[21] Corbella, E., and Cozzolino, D. (2005). The use of visible and near infrared spectroscopy to classify the floral origin of honey samples produced in Uruguay. *J. Near Infrared Spectroscopy*. 13, (63-68)

[22] Dvash L, Afik O, Shafir S, Schaffer A, Yeselson Y, Dag A, Landau S. (2002). Determination by near-infrared spectroscopy of perseitol used as a marker for the botanical origin of avocado (*Persea americana* Mill.) honey. *J Agric Food Chem*. 50(19):5283-7.

- [23] Williams, P. (2007). "Near-infrared Technology – Getting the best out of light". Edition 5.0. A short course in the practical implementation of near-infrared spectroscopy for the user. PDK Grain, Nanaimo, Canada.
- [24] Osborne, B.G., Fearn, T., Hindle, P.H., (1993). Practical near infrared spectroscopy with application in food beverage analysis., longman scientific & technical: harlow, UK., p 28-33.
- [25] Liu, F., He, Y., Wang, L., and Pan H. (2007). Feasibility of the use of visible and near infrared spectroscopy to assess soluble solids content and pH of rice wines. *Journal of Food Engineering*, 83(3), pp. 430-435.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

Relation between Brix value (%) and refractive index (nD)[Digital hand-held pocket refractometer PAL]

%	n 20/D	%	n 20/D	%	n 20/D
0	1.33299	35	1.39032	70	1.46546
1	1.33442	36	1.3922	71	1.4679
2	1.33586	37	1.39409	72	1.47037
3	1.33732	38	1.396	73	1.47285
4	1.33879	39	1.39792	74	1.47535
5	1.34062	40	1.39986	75	1.47787
6	1.34175	41	1.40181	76	1.4804
7	1.34325	42	1.40378	77	1.48295
8	1.34477	43	1.40576	78	1.48552
9	1.34629	44	1.40776	79	1.48811
10	1.34782	45	1.40978	80	1.49071
11	1.34935	46	1.41181	81	1.49333
12	1.35093	47	1.41385	82	1.49597
13	1.3525	48	1.41592	83	1.49862
14	1.35408	49	1.41799	84	1.50129
15	1.35568	50	1.42009	85	1.50398
16	1.35729	51	1.4222	86	1.5067
17	1.35891	52	1.42432	87	1.5094
18	1.36054	53	1.42647	88	1.5122
19	1.36218	54	1.42863	89	1.5149
20	1.36384	55	1.4308	90	1.5177
21	1.36551	56	1.43299	91	1.5205
22	1.3672	57	1.4352	92	1.5234
23	1.36889	58	1.43743	93	1.5262
24	1.3706	59	1.43967	94	1.5291
25	1.37233	60	1.44193	95	1.532
26	1.37406	61	1.4442		
27	1.37582	62	1.4465		
28	1.37758	63	1.44881		
29	1.37936	64	1.45113		
30	1.38115	65	1.45348		
31	1.38296	66	1.45584		
32	1.38478	67	1.45822		
33	1.38661	68	1.46061		
34	1.38846	69	1.46303		

*Refractive index values for Brix 0 to 85% in the above table have been

Officially determined by ICUMSA (International Committee of Uniform

Method of Sugar Analysis held in 1974)

ภาคผนวก ข

Table 969.38 Relationship between refractive index and water contents of honey

Water content,%	Refractive index			Water content,%	Refractive index			Water content,%	Refractive index		
	20°C ^b	60°F ^c	40°C		20°C ^b	60°F ^c	40°C		20°C ^b	60°F ^c	40°C
13	1.5044	1.505 3	1.4998	17.6	1.4925	1.4935	1.4881	22.2	1.481		
13.2	1.5038	1.504 8	1.4993	17.8	1.492	1.493	1.4876	22.4	1.4805		
13.4	1.5033	1.504 3	1.4988	18	1.4915	1.4925	1.487	22.6	1.48		
13.6	1.5028	1.503 8	1.4983	18.2	1.491	1.492	1.4865	22.8	1.4795		
13.8	1.5023	1.503 3	1.4978	18.4	1.4905	1.4915	1.486	23	1.479		
14	1.5018	1.502 7	1.4973	18.6	1.49	1.491	1.4855	23.2	1.4785		
14.2	1.5012	1.502 2	1.4968	18.8	1.4895	1.4905	1.485	23.4	1.478		
14.4	1.5007	1.501 7	1.4962	19	1.489	1.49	1.4845	23.6	1.4775		
14.6	1.5002	1.501 2	1.4957	19.2	1.4885	1.4895	1.484	23.8	1.477		
14.8	1.4997	1.500 7	1.4952	19.4	1.488	1.489	1.4835	24	1.4765		
15	1.4992	1.500 2	1.4947	19.6	1.4875	1.4885	1.4829	24.2	1.476		
15.2	1.4987	1.499 7	1.4942	19.8	1.487	1.488	1.4824	24.4	1.4755		
15.4	1.4982	1.499	1.4937	20	1.4865	1.4875	1.4819	24.6	1.475		

Water content,%	Refractive index			Water content,%	Refractive index			Water content,%	Refractive index		
	20°C ^b	60°F ^c	40°C		20°C ^b	60°F ^c	40°C		20°C ^b	60°F ^c	40°C
15.6	1.4976	2 1.498	1.4932	20.2	1.486	1.487	1.4814	24.8	1.7745		
15.8	1.4971	6 1.498	1.4927	20.4	1.4855	1.4865	1.4809	25	1.474		
16	1.4966	1 1.497	1.4922	20.6	1.485	1.486	1.4804				
16.2	1.4961	6 1.497	1.4916	20.8	1.4845	1.4855	1.4799				
16.4	1.4956	1 1.496	1.4911	21	1.484	1.485	1.4794				
16.6	1.4951	6 1.496	1.4906	21.2	1.4835	1.4845	1.4788				
16.8	1.4946	1 1.495	1.4901	21.4	1.483	1.484	1.4783				
17	1.494	6 1.495	1.4896	21.6	1.4825	1.4835	1.4778				
17.2	1.4935	1 1.494	1.4891	21.8	1.482	1.483	1.4773				
17.4	1.493	6 1.494	1.4886	22	1.4815	1.4825	1.4768				

a Values for 20°C and 60°F are Wedmore's calculation (Bee world36 ,197(1995): 40°C values are calculated from Auerbach and Borries equation(Z Nahr. Genusm. 22,353-358(1924)]. Values> 22.0% were extended by FAO/WHO Codex Committee on Method of Analysis and Sampling (1968)

b If refractive index is measured at temperature above (below) 20°C,add(subtract) 0.00023/°C above(below) 20°C before using table.

C If refractive index is measured at temperature above (below) 60°F,add(subtract) 0.00013/°F above(below) 60°F before using table.

ภาคผนวก ค

ตารางบันทึกผลการทดลอง % ความชื้นของน้ำผึ้งที่ทราบแหล่งที่มาในชุด calibration จากการหาค่าจาก

Refractometer

	แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %		แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %
1	Utaradit 1	70.8	>25	46	bouy longe 1	79.8	17.6
	Utaradit 2	71.3	>25		bouy longe 2	79.5	18
2	Peerapan 1	81.1	16.4	47	imperial 1	80.2	17.4
	pelapan 2	79.4	18.2		imperial 2	80.4	17.2
3	Payao 1	74.9	22.8	48	mong fang 1	79.1	18.4
	Payao 2	75.2	23.6		mong fang 2	77.0	20.6
4	Doikum 1	81.2	16.4	49	lamyai fasion 1	79.4	18.2
	Doikum 2	81.2	16.4		lamyai fasion 2	78.9	18.8
5	Pakbog 1	78.7	19	50	alavan 1	78.4	19.2
	Pakbog 2	78.7	19		alavan 2	78.9	18.8
6	Wangnuae 1	76.3	21.4	51	langnees 1	81.3	16.2
	Wangnuae 2	76.4	21.2		langnees 2	79.6	18
7	makajan 1	76.9	20.8	52	writrose 1	81.2	16.4
	makajan 2	78.6	19		writrose 2	81.4	16.2
8	Doi saked 1	78.4	19.2	53	aro 1	79.3	18.4
	doysaket 2	78.3	19.4		aro 2	79.9	17.6
9	Chantaburi 1	78.3	19.4	54	valalom lopburi 1	75.9	21.8
	Chantaburi 2	78.3	19.4		valalom lopburi 2	75.6	22.2
10	Konkaen1.1	78.3	19.4	55	valalom pitsanulok 1	76.4	21.2
	Konkaen1.2	77.5	20.2		valalom pitsanulok 2	77.5	20.2
11	Konkaen2.1	73.8	24	56	vatchapong 1	81.1	16.4
	konkan 2.2	72.9	24.8		vatchapong 2	80.9	16.6
12	Konkaen3.1	74.1	23.6	57	hoybong 1	80.3	17.4
	Konkaen3.2	74.6	23.2		hoybong 2	80.3	17.4
13	Konkaen4.1	74.3	23.4	58	yasotorn 1	73.6	24.2

	แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %		แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %
	Konkaen4.2	73.3	24.4		yasotorn 2	73.6	24.2
14	Konkaen5.1	75.3	22.4	59	thai honey 1	80.3	17.4
	Konkaen5.2	75.9	21.8		thai honey 2	79.9	17.6
15	km 8 1	78.3	19.4	60	motor way 1	77.8	19.8
	km 8 2	78.7	19		motor way 2	77.6	20
16	charvala fram 1	79.6	18	61	siam honey 1	80.5	17
	charvala fram 2	73.9	23.8		siam honey 2	79.3	18.4
17	bangkok 1	72.6	>25	62	chonburi B 1	78.1	19.6
	bangkok 2	72.4	>25		chonburi B 2	78.3	19.4
18	esarn 1	78.3	19.4	63	huytakay kan 1	75.7	22
	esarn 2	78.6	19		huytakay kan 2	74.5	23.2
19	pattananicom 1	79.8	17.6	64	kokpai 1	79.3	18.4
	pattananicom 2	80.8	16.8		kokpai 2	78.3	19.4
20	varuka 1	79.8	17.6	65	panjasri 1	80.1	17.4
	varuka 2	77.9	19.8		panjasri 2	79.8	17.6
21	mouth five 1	79.4	18.2	66	ladkrabang taa 1	81.3	16.2
	mouth five 2	78.2	19.4		ladkrabang taa 2	81.2	16.4
22	suppa 1	79.7	17.8	67	pakdee L 1	78.7	19
	suppa 2	78.9	18.8		pakdee L 2	79.4	18.2
23	suppa g 1	79.3	18.4	68	pakdee paa 1	79.8	17.6
	suppa g 2	76.3	21.4		pakdee paa 2	79.1	18.4
24	authai 1	75.7	22	69	pakdee five 1	81.3	16.2
	authai 2	80.6	17		pakdee five 2	81.5	16
25	Tarad thai 1	79.5	18	70	pednantawan 1	77.3	20.4
	Tarad thai 2	79.3	18.4		pednantawan 2	77.4	20.2
26	kosit 1	78.6	19	71	jutalos 1	79.4	18.2
	kosit 2	78.2	19.4		jutalos 2	78.7	19
27	kan 1	77.2	20.4	72	pattawan 1	77.4	20.2
	kan 2	76.1	21.6		pattawan 2	79.3	18.4

	แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %		แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %
28	pechaboon 1	77.8	19.8	73	labdoun 1	74.4	23.4
	pechaboon 2	77.7	20		labdoun 2	73.9	23.8
29	sukothai 1	76.9	20.8	74	sapanmai boylong1	77.7	20
	sukothai 2	77.6	20		sapanmai boylong2	77.8	19.8
30	plaa 1	79.1	18.4	75	sapanmai prom 1	72.3	>25
	plaa 2	79.4	18.2		sapanmai prom 2	74.4	23.4
31	plaa B 1	81.1	16.4	76	sapanmai 100 1	75.8	22
	plaa B 2	81.0	16.6		sapanmai 100 2	76.1	21.6
32	ambrosia L 1	80.9	16.6	77	jitlada 1	80.4	17.2
	ambrosia L 2	81.2	16.4		jitlada 2	78.9	18.8
33	ambrosia T 1	79.5	18	78	namchem 1	77.3	20.4
	ambrosia T 2	80.3	17.4		namchem 2	76.1	21.6
34	prama 1	76.7	21	79	pufal	79.1	18.4
	prama 2	76.7	21		pufa 2	77.7	20
35	loungean 1	80.0	17.6	80	pulong 1	85.6	<13
	loungean 2	79.3	18.4		pulong 2	80.1	17.4
36	pattananicom T 1	79.3	18.4	81	Tesco 1	79.6	18
	pattananicom T 2	79.2	18.4		Tesco 2	79.4	18.2
37	suppa lamyai 1	78.7	19	82	imgergold 1	79.6	18
	suppa lamyai 2	79.3	18.4		imgergold 2	79.5	18
38	china 1	75.1	22.6	83	namgom 1	76.7	21
	china 2	74.6	23.2		namgom 2	76.9	20.8
39	lang phing 1	82.3	15.2	84	phoumdin 1	75.4	22.4
	lang phing 2	82.1	15.4		phoumdin 2	75.9	21.8
40	pudin 1	80.3	17.4	85	nakonpatom 1	80.8	16.8
	pudin 2	80.4	17.2		nakonpatom 2	80.7	16.8
41	songsarm 1	79.2	18.4	86	fresh 1	80.2	17.4
	songsarm 2	79.7	17.8		fresh 2	79.2	18.4
42	chomchon 1.1	80.8	16.8	87	lanna 1	80.9	16.6

	แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %		แหล่งที่มาของน้ำผึ้ง	Brix	Water content, %
	chomchon 1.2	80.4	17.2		lanna 2	79.2	18.4
43	chomchon 2.1	80.4	17.2	88	heltymeat 1	79.4	18.2
	chomchon 2.2	80.4	17.2		heltymeat 2	80.4	17.2
44	ban lai 1	77.7	20	89	chaiyapom 1	77.9	19.8
	ban lai 2	77.7	20		chaiyapom 2	77.9	19.8
45	phang van 1	80.2	17.4	90	joho honey.1	82.3	15.2
	phang van 2	80.1	17.4		joho honey.2	81.8	15.8

ภาคผนวก ง

ตารางผลการทดลองหาปริมาณน้ำตาลกลูโคส ฟรุคโตส และซูโครส ด้วยวิธี HPLC

ลำดับ	แหล่งที่มา	ฟรุคโตส	กลูโคส	ซูโครส	ลำดับ	แหล่งที่มา	ฟรุคโตส	กลูโคส	ซูโครส
1	Utaradit	68.16	92.43	7.30	46	bouy longe	42.07	33.93	4.36
2	Peerapan	13.73	27.19	11.82	47	imperial	36.68	39.76	3.63
3	Payao	48.39	39.19	8.14	48	mong fang	18.73	18.12	13.39
4	Doikum	17.13	23.06	7.62	49	lamyai fasion	38.42	29.74	9.09
5	Pakbog	19.07	31.90	7.71	50	alavan	39.57	30.13	8.59
6	Wangnuae	10.77	17.72	27.16	51	langnees	38.78	30.85	4.81
7	makajan	3.31	11.39	16.45	52	writrose	40.41	36.24	2.97
8	Doi saked	2.93	8.62	22.97	53	aro	40.43	37.94	1.78
9	Chantaburi	6.67	12.80	33.72	54	valalom lopburi	1.13	12.27	29.76
10	Konkaen	1.52	8.59	44.58	55	valalom pitsanulok	37.17	31.96	3.25
11	Konkaen	0.64	5.21	35.09	56	vatchapong	38.67	28.54	10.42
12	Konkaen	4.44	9.53	27.08	57	hoybong	37.84	27.59	9.97
13	Konkaen	13.67	18.65	11.06	58	yasotorn	1.09	2.37	24.32
14	Konkaen	4.83	8.75	26.97	59	thai honey	16.37	22.60	1.65
15	km 8	15.84	18.48	10.32	60	motor way	22.58	29.35	4.44
16	charvala fram	41.57	34.16	2.78	61	siam honey	37.14	31.77	5.25
17	bangkok	21.83	28.17	1.71	62	chonburi B	10.54	21.47	17.72
18	esarn	44.42	34.35	9.44	63	huytakay kan	10.50	15.40	16.84
19	pattananicom	38.80	36.21	4.30	64	kokpai	27.52	35.98	5.98
20	varuka	40.17	32.74	7.93	65	panjasri	15.93	17.89	20.64
21	mouth five	21.97	28.51	5.63	66	ladkrabang taa	6.45	6.86	30.78
22	suppa	41.42	33.01	5.72	67	pakdee L	36.11	26.45	9.31
23	suppa g	5.09	5.18	36.31	68	pakdee paa	36.96	30.27	4.62
24	authai	7.81	8.71	29.98	69	pakdee five	37.23	30.96	4.59

ลำดับ	แหล่งที่มา	ฟรุกโตส	กลูโคส	ซูโครส	ลำดับ	แหล่งที่มา	ฟรุกโตส	กลูโคส	ซูโครส
25	Tarad thai	39.56	38.32	4.78	70	pednantawan	24.78	26.27	4.90
26	kosit	36.16	26.79	8.07	71	jtalos	25.60	37.35	3.65
27	kan	11.50	21.51	24.47	72	pattawan	24.37	25.89	4.90
28	petchaboon	39.98	29.16	9.34	73	labdoun	14.04	29.77	1.53
29	sukothai	43.43	37.46	3.82	74	sapanmai boylong	12.43	14.94	16.06
30	plaa	42.22	39.66	5.70	75	sapanmai prom	4.27	10.32	21.15
31	plaa B	36.88	31.88	7.53	76	sapanmai 100	3.63	5.67	26.10
32	ambrosia L	41.49	32.08	9.12	77	jitlada	38.34	33.17	9.40
33	ambrosia T	41.75	37.31	5.08	78	namchem	6.17	7.38	30.05
34	prama	40.25	35.94	4.22	79	pufa	27.02	25.06	7.81
35	loungean	26.09	29.56	5.53	80	pulong	34.15	26.19	9.52
36	pattananicom T	49.52	25.17	2.96	81	Tesco	34.54	26.83	7.10
37	suppa lamyai	8.83	8.82	30.25	82	imgergold	38.82	32.32	4.50
38	china	20.72	28.79	7.26	83	namgom	20.13	23.67	10.10
39	lang phing	9.08	11.06	34.51	84	phoumdin	12.67	16.95	15.14
40	pudin	39.34	28.83	11.35	85	nakonpatom	37.47	30.62	6.22
41	songsarm	25.85	23.13	7.73	86	fresh	41.30	34.52	3.77
42	chomchon	11.49	14.14	38.39	87	lanna	36.04	28.63	7.37
43	chomchon	10.52	13.10	35.47	88	heltymeat	19.99	23.22	5.15
44	ban lai	26.37	35.66	4.30	89	chaiyapom	3.60	8.53	17.91
45	phang van	37.00	32.49	5.18	90	joho honey.	33.71	24.37	9.31

ภาคผนวก จ

Results of PLS regression of honey

ชนิด	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction				
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias	RPD	RER
ฟรุ๊กโตส	raw	3	0.87	7.16	-2.72E-06	0.849	7.764	-0.27	6.23	1.88
	1st derivative with segment of 10 nm	2	0.872	7.12	-6.18E-07	0.85	7.7	0.14	6.28	1.89
	1st derivative with segment of 20 nm	2	0.872	7.12	-9.43E-04	0.851	7.69	0.03	6.29	1.89
	2nd derivative with segment of 10 nm	2	0.871	7.13	-5.57E-07	0.833	8.12	0.74	5.96	1.79
	2nd derivative with segment of 20 nm	2	0.869	7.2	-7.29E-08	0.84	7.95	0.55	6.09	1.83
	MSC	2	0.869	7.2	-1.58E-06	0.835	8.08	0.27	5.99	1.8
	SNV	2	0.869	7.2	-1.64E-07	0.835	8.08	0.27	5.99	1.8

Results of PLS regression of honey (ต่อ)

ชนิด	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction				
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias	RPD	RER
กลูโคส	raw	5	0.88	4.88	-3.56E-06	0.797	6.17	0.23	5.6	1.62
	1st derivative with segment of 10 nm	3	0.87	5.05	-2.20E-07	0.786	6.29	0.43	5.49	1.59
	1st derivative with segment of 20 nm	6	0.906	4.36	1.27E-06	0.807	6.15	0.48	5.62	1.63
	2nd derivative with segment of 10 nm	3	0.883	4.82	2.27E-07	0.767	6.51	0.63	5.31	1.54
	2nd derivative with segment of 20 nm	5	0.92	4.04	1.47E-06	0.776	6.59	0.83	5.24	1.52
	MSC	6	0.914	4.16	1.47E-05	0.793	6.55	0.11	5.27	1.53
	SNV	4	0.882	4.82	1.14E-05	0.804	6.06	0.18	5.7	1.65

Results of PLS regression of honey (ต่อ)

ชนิด	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction				
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias	RPD	RER
ซูโครส	raw	7	0.887	4.85	-7.80E-06	0.916	4.5	0	9.53	2.48
	1st derivative with segment of 10 nm	4	0.861	5.33	4.28E-07	0.934	4.25	- 0.06	10.09	2.62
	1st derivative with segment of 20 nm	3	0.852	5.49	-6.70E-07	0.936	4.28	0.09	10.02	2.61
	2nd derivative with segment of 10 nm	5	0.92	4.13	-1.09E-06	0- .898	4.93	0.41	8.7	2.26
	2nd derivative with segment of 20 nm	3	0.856	5.42	4.13E-07	0.937	4.07	0.29	10.53	2.74
	MSC	4	0.852	5.5	8.25E-07	0.924	4.52	- 0.12	9.48	2.47
	SNV	4	0.852	5.49	-7.72E-07	0.923	4.55	0	9.42	2.45

Results of PLS regression of honey (ต่อ)

ชนิด	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction				
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias	RPD	RER
ค่าของแข็งที่ ละลายได้ (ความหวาน)	raw	3	0.938	0.82	-1.82E-06	0.961	0.6	-1.3	14.6	3.6
	1st derivative with segment of 10 nm	3	0.939	0.81	-2.48E-06	0.963	0.583	-0.09	15	3.7
	1st derivative with segment of 20 nm	3	0.94	0.8	-2.66E-06	0.964	0.579	-0.1	15.1	3.8
	2nd derivative with segment of 10 nm	4	0.95	0.73	-2.60E-06	0.965	0.576	-0.23	15.2	3.8
	2nd derivative with segment of 20 nm	4	0.936	0.83	-2.60E-06	0.965	0.603	-0.2	14.5	3.6
	MSC	2	0.936	0.83	-2.48E-06	0.963	0.594	-0.19	14.7	3.7
	SNV	2	0.936	0.83	-2.60E-06	0.963	0.596	-0.19	14.7	3.7

Results of PLS regression of honey (ต่อ)

ชนิด	Pretreatment	PCs	Calibration			Prediction				
			r	SEC	Bias	r	SEP	Bias	RPD	RER
ความชื้น	raw	3	0.933	0.78	-5.16E-07	0.975	0.51	0.12	18	4.5
	1st derivative with segment of 10 nm	3	0.938	0.75	-4.14E-07	0.977	0.49	0.13	18.8	4.7
	1st derivative with segment of 20 nm	3	0.939	0.74	-4.53E-07	0.977	0.49	0.13	18.8	4.7
	2nd derivative with segment of 10 nm	5	0.964	0.576	-3.67E-07	0.954	0.69	0.14	13.3	3.3
	2nd derivative with segment of 20 nm	5	0.945	0.71	-5.71E-07	0.973	0.53	0.13	17.4	4.3
	MSC	2	0.933	0.78	-5.47E-07	0.979	0.47	0.11	19.6	4.9
	SNV	2	0.933	0.78	-2.81E-07	0.979	0.47	0.11	19.6	4.9

ภาคผนวก ฉ
สรุปค่าใช้จ่ายการดำเนินงานโครงการวิจัย



แบบรายงานการใช้จ่ายเงินโครงการวิจัย

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

รายงานความก้าวหน้า ครั้งที่ 2 รอบ 12 เดือน ประจำปีงบประมาณ 2557

แหล่งงบประมาณแผ่นดิน (แบบปกติ) แหล่งเงินรายได้

ชื่อโครงการ (ภาษาไทย) การวิเคราะห์องค์ประกอบหลักของน้ำผึ้งโดยใช้เนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี

(ภาษาอังกฤษ) Evaluation of main composition of honey by near infrared spectroscopy

ชื่อ-สกุลหัวหน้าโครงการวิจัย/ผู้รับทุน/ผู้วิจัย (อ./ดร./ผศ./รศ./ศ.) ปานมนัส ศิริสมบุญณ์

รายงานในช่วงตั้งแต่วันที่ 1 เดือน เมษายน พ.ศ.2557 ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ.2557 .

ระยะเวลาดำเนินการ 1 ปี - เดือน ตั้งแต่วันที่ 1 เดือน ตุลาคม พ.ศ.2556 . ถึงวันที่ 30 เดือน กันยายน พ.ศ.2557 .

ข้อมูลการรายงานค่าใช้จ่ายงบประมาณโครงการวิจัย

1. การเบิกจ่ายงบประมาณ (กรณีการจ่ายเงินถ้าจ่ายงวดเดียวให้ลบข้อที่ไม่เกี่ยวข้องออก)

งวดที่ 1 60,000 บาท 100 % วันที่ได้รับอนุมัติให้เบิกจ่ายเงิน (ว/ค/ป) 11 ธันวาคม 2556

2. สรุปงบประมาณค่าใช้จ่ายที่ใช้นับตั้งแต่เริ่มทำการวิจัยถึงปัจจุบัน (จำแนกตามหมวดค่าใช้จ่าย (

หมวดค่าใช้จ่าย	งบประมาณรวมทั้งโครงการ	ค่าใช้จ่าย (บาท)	คงเหลือ (หรือเกิน)
งบบุคลากร :ค่าจ้างชั่วคราว	-	-	-
งบดำเนินงาน			
ค่าตอบแทน	-	-	-
ค่าใช้สอย	35,000	35,000	0
ค่าวัสดุ	25,000	25,000	0
ค่าสาธารณูปโภค	-	-	-
งบลงทุน: ค่าครุภัณฑ์	-	-	-
รวม	60,000	60,000	0

อยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน

ว. ล. ร.

(รศ. ดร. ปานมนัส ศิริสมบูรณ์)

ลงนามหัวหน้าโครงการวิจัยผู้รับทุน

30/ กันยายน / 2557

(.....)

ลงนามเจ้าหน้าที่การเงิน/เจ้าหน้าที่ที่เกี่ยวข้อง

ชื่อ

...../...../.....

หมายเหตุ : นักวิจัยหรือเจ้าหน้าที่การเงินสามารถปรับหรือเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติมข้อความได้ตามความเหมาะสมและสอดคล้องกับการดำเนินงาน อาทิเช่น นักวิจัยอยู่ระหว่างการดำเนินการเคลียร์ด้านเอกสารทางการเงิน หรือข้อความอื่นๆ

ข้อมูลประวัติคณะผู้วิจัย

หัวหน้าโครงการ

- ชื่อ (ภาษาไทย) นางสาว ปานมนัส สิริสมบูรณ์
(ภาษาอังกฤษ) Ms. Panmanas Sirisomboon
- รหัสประจำตัวนักวิจัยแห่งชาติ 38-50-0171
- เลขหมายบัตรประจำตัวประชาชน 4-1009-00107-43-1
- ตำแหน่งปัจจุบัน รองศาสตราจารย์
- หน่วยงานที่อยู่ติดต่อได้พร้อมเบอร์โทรศัพท์และโทรสาร
หลักสูตรวิศวกรรมเกษตร สาขาวิชาวิศวกรรมเครื่องกล คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
กรุงเทพฯ 10520
โทรศัพท์ 02-329800 ต่อ 5120, 5008
โทรสาร 02-33298336
- 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.
- สาขาวิชาที่มีความชำนาญเป็นพิเศษ (แตกต่างจากวุฒิการศึกษา) ระบุสาขาวิชาการ
สมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของวัสดุเกษตรและอาหาร
สมบัติทางเนื้อสัมผัสของวัสดุเกษตรและอาหาร
การตรวจสอบคุณภาพของวัสดุเกษตรและอาหารโดยใช้ Near Infrared Spectroscopy
เทคโนโลยีการขนถ่ายวัสดุ

รางวัลงานวิจัยคุณภาพในการประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6
ประจำปี 2552 (The 6th Conference of Kasetsart University Kamphaeng Saen Campus)
สาขาวิศวกรรมศาสตร์
ระดับดีเด่น

ปานมนัส ศิริสมบูรณ์ และ พัชรี คล้ายมณี

เรื่อง : สมบัติเชิงกายภาพของข้าวโพดหวาน

(Physical Properties of Sweet Corn)

7. ประสบการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการบริหารงานวิจัยทั้งภายในและภายนอกประเทศ

โดยระบุสถานภาพในการทำการวิจัยว่าเป็นผู้อำนวยการแผนงานวิจัย หัวหน้าโครงการวิจัยหรือผู้ร่วมวิจัยในแต่ละข้อเสนอการวิจัย เป็นต้น

7.1 ผู้อำนวยการแผนการวิจัย : ชื่อแผนงานวิจัย -

7.2 หัวหน้าโครงการวิจัย : ชื่อโครงการวิจัย

1. โครงการ เครื่องเกี่ยวขนาดถั่วเหลือง (ทุนวิจัยกระทรวงวิทยาศาสตร์และสิ่งแวดล้อม)
2. โครงการ เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด (ทุนวิจัยเงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.)
3. โครงการ การศึกษาสมบัติทางกายภาพและวิศวกรรมของมะม่วงพันธุ์น้ำดอกไม้ซึ่งเป็นพันธุ์ที่มีการส่งออก (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดินโดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 496,280 บาท)
4. โครงการเครื่องทำน้ำกะทิเข้มข้นแบบที่ระเหยที่ความดันต่ำกว่าบรรยากาศ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 147,000 บาท ปี 2549)
5. โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องผลิตเนยแข็งขนาดเล็ก (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 152,500 บาท ปี 2550)
6. โครงการการออกแบบและพัฒนาเครื่องทำไอศกรีมโดยใช้ระบบการทำความเย็นเบื้องต้นที่ความดันสูญญากาศ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 67,060 บาท ปี 2551)
7. การประเมินดัชนีคุณภาพภายในและภายนอกของส้มโอเพื่อการส่งออกที่ระยะเวลาเก็บรักษาต่างๆ กันด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (ทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 200,000 บาท ปี 2551)
8. โครงการเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดด้วยความดันสูญญากาศเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 100,000 บาท ปี 2552)
9. โครงการการวิเคราะห์ค่าปริมาณเนื้อเยื่อแห้งและความหนืดของน้ำยางข้น สำหรับห้องปฏิบัติการในโรงงานด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี (สกว. ฝ่ายอุตสาหกรรมในโครงการวิจัยขนาดเล็กเรื่องยางพารา ปี 2552 132,000 บาท)
10. โครงการเครื่องทำแห้งเนื้อมะพร้าวชูดด้วยความดันสูญญากาศร่วมกับคลื่นอินฟราเรดเพื่อการผลิตน้ำมันมะพร้าวบริสุทธิ์ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 59,000 บาท ปี 2553)

11. โครงการการวิเคราะห์ปริมาณเนื้อเยื่อแห้งในน้ำยางสดและน้ำยางข้นโดยการวัดที่ต้นยางพารา โดยตรงด้วยวิธีไม่ทำลายโดยใช้เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2553-2554 โดยพิจารณาโครงการ โดยสภาวิจัย 551,200 บาทและ สกอ. 192,800 บาท)
12. โครงการการวิเคราะห์ปริมาณไลโคปีนในเนื้อแตงโมด้วยเทคนิคที่ไม่ทำลายด้วยวิธีเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2554 โดยพิจารณาโครงการ โดย สภาวิจัย 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. โครงการเครื่องกะเทาะเปลือกผลและเปลือกเมล็ดสับุดำ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 72,000 บาท ปี 2555)
16. โครงการการวิเคราะห์สารแกมมาอะมิโนบิวทริกแอซิดหรือสารกาบาในข้าวกล้องงอกด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2555 โดยพิจารณาโครงการ โดยสภาวิจัย 1,207,000บาท)
17. โครงการการจำแนกพันธุ์ข้าวหอมมะลิจากพันธุ์ปลอมปนโดยวิธีไม่ทำลายด้วยเทคนิคการประมวลผลภาพ (เงินรายได้คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล. 80,000 บาท ปี 2556)
18. โครงการการพัฒนาเทคนิคการวัดปริมาณน้ำมันและสมบัติเชิงความร้อนของชีวมวลโดยวิธีไม่ทำลายด้วยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี: กรณีศึกษา เนื้อในเมล็ดสับุดำ (ประจำปี 2556 โครงการทุนวิจัยมหาบัณฑิต สกว. สาขาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 270,000บาท)
19. โครงการการวิเคราะห์ปริมาณเกลือของปลาช่อนดินในอุตสาหกรรมผลิตปลาช่อนดินกระป๋องด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี (ประจำปี 2556 ทุนพัฒนานักวิจัย กองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง 924,000 บาท)
20. โครงการเทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับการวัดความหนืด ปริมาณความเป็นต่าง และจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ในน้ำยางพาราชั้นโดยเนียร์อินฟราเรดสเปกโตรสโกปี(โครงการทุนพอ. ระดับปริญญาโท ประจำปี 2556 300,000 บาท)

21. โครงการการวิเคราะห์หีสตامينและความสดของปลาซาร์ดีนด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี(ทุนวิจัยงบประมาณแผ่นดิน ประจำปี 2557โดยพิจารณาโครงการโดยสภาวิจัย 729,000 บาท)

7.3 งานวิจัยที่ทำเสร็จแล้วที่เกี่ยวข้องกับเนียร์อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี :

1. โครงการวิจัย เครื่องคัดแยกถั่วเหลืองฝักสด (หัวหน้าโครงการ)

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 สบู่ดำ

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.

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 cur* as 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).

4. โครงการตรวจสอบคุณภาพส้มโอโดยไม่ทำลาย

ปานมนัส ศิริสมบุญ, จริญญาพงศ์ เทียมประทีป, รวีภัทร ลากเจริญสุข, จิตรา ด้วงช้าง. 2551. คุณภาพของเนื้อส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งที่อายุการเก็บเกี่ยวต่างๆ. รายงานการประชุมทางวิชาการและเสนอผลงานวิจัย มหาวิทยาลัยทักษิณครั้งที่ 18 ประจำปี 2551, การวิจัยกับการแก้ปัญหาวิกฤติชาติ 25-26 กันยายน 2551. โรงแรมกรีนเวลด์ พาเลซ อำเภอเมือง จังหวัดสงขลา หน้า 27 (6 หน้า)

ปานมนัส ศิริสมบุญ และ รวีภัทร ลากเจริญสุข. 2552. การศึกษาสมบัติทางกายภาพและเชิงกลของผลส้มโอพันธุ์ขาวน้ำผึ้งระหว่างระยะเวลาการเก็บรักษาต่างๆ. เรื่องเต็มการประชุมทางวิชาการครั้งที่ 47 มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ “เกษตรนำไทย : อาหารและพลังงานทดแทนสู่สมคูลอย่างยั่งยืน” 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 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 ศิริสมบุญ และวิพันธ์ ชาวบ้านกร่าง 2552. สมบัติเชิงความหนืดของน้ำยางชั้นที่อายุการเก็บรักษาต่างๆ. การประชุมวิชาการ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน ครั้งที่ 6, 8-9 ธันวาคม 2552. มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ วิทยาเขตกำแพงแสน นครปฐม

ปานมนัส ศิริสมบุญ, และ อภิดุสย์ 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 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 ศิริสมบูรณ์, รวิพันธ์ ชาวบ้านกร่างและ อภิดุลย์ แก้วกับทอง, 2554. การวิเคราะห์ค่าความหนืดและปริมาณเนื้อยางแห้งของน้ำยางสดและน้ำยางข้นสำหรับห้องปฏิบัติการในโรงงานด้วยเทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปคโตรสโคปี วิจัยยางพารา เล่มที่ 6, 297-308.

Panmanas Sirisomboon, Rawiphan 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, Ayudhya, 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 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)

Nuttagorn 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. Dachoupakan **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 Lapcharoensuk 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).

7. โครงการมะเขือเทศ

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. ทุเรียน

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.

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.

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. อื่นๆ

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

7.4 งานวิจัยที่กำลังทำ : ชื่อข้อเสนอการวิจัย แหล่งทุน และสถานภาพในการทำวิจัยว่าได้ทำการวิจัยลุล่วงแล้ว
ประมาณร้อยละเท่าใด

ชื่อข้อเสนอการวิจัย	ปีที่รับ ทุน	ระยะเวลา (ปี)	วิจัยลุล่วงแล้ว (ร้อยละ)	แหล่งทุน
เทคนิคแบบไม่ทำลายสำหรับการวัดความหนืด ปริมาณความเป็นด่าง และจำนวนโพแทสเซียมไฮดรอกไซด์ใน	2556	1	95	ทุน พวอ. (สกว.) ระดับปริญญาโท ประจำปี 2556

ชื่อข้อเสนอการวิจัย	ปีที่รับ ทุน	ระยะเวลา (ปี)	วิจัยคล่องแล้ว (ร้อยละ)	แหล่งทุน
น้ำยางพาราชั้น โดยเนียร์ อินฟราเรดสเปกโทรสโกปี				
การวิเคราะห์ปริมาณเกลือของ ปลาทูสดในอุตสาหกรรม ผลิตปลาทูสดกระป๋องด้วย เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปก โทรสโกปี	2556	2	95	ทุนพัฒนานักวิจัยกองทุนวิจัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอม เกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
การวิเคราะห์ฮิสตามีนและ ความสดของปลาทูสดด้วย เทคนิคเนียร์อินฟราเรดสเปก โทรสโกปี	2557	1	100	งบประมาณประจำปี2557 (วช)

