

ตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน

ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน

PREDICTION OF ADULTERATION OF YOUNG COCONUT WATER

WITH SYRUP USING HEAT TRANSFER TECHNIQUE



ปัญหาพิเศษนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

คณะอุตสาหกรรมอาหาร

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

พ.ศ.2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ใบรับรองปัญหาพิเศษ

ตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน

ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน

PREDICTION OF ADULTERATION OF YOUNG COCONUT WATER WITH  
SYRUP USING HEAT TRANSFER TECHNIQUE

จัดทำโดย

กุลธิดา ศรีโกเศรษฐ์ รหัสนักศึกษา 62080168

ณัฐวศา พูลศิลป์ รหัสนักศึกษา 62080183

ได้รับการพิจารณาเห็นชอบจาก

.....

.....21/ 5...../23.....

(รศ.ดร.สนธิสุข อีระชัยชยติ)

อาจารย์ที่ปรึกษาปัญหาพิเศษ

เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หัวข้อปัญหาพิเศษ ตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน

ชื่อนักศึกษา กุลธิดา ศรีโกเศรษฐ รหัสนักศึกษา 62080168

ณัฐวศา พูลศิลป์ รหัสนักศึกษา 62080183

หลักสูตร วิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร

พ.ศ. 2566

อาจารย์ที่ปรึกษา รศ.ดร.สนธิสุข ชีระชัยชยุติ

### บทคัดย่อ

น้ำมะพร้าวในปัจจุบันมีการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภคและเป็นการเพิ่มประโยชน์ทางการค้าเพราะน้ำตาลมีราคาถูกกว่าน้ำมะพร้าว น้ำตาลมักถูกนำมาใช้ปลอมปนในน้ำมะพร้าว ซึ่งทำให้ยากต่อการตรวจสอบด้วยตาเปล่า งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาการตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน (number of transfer units; NTU) ตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนถูกผ่าเพื่อนำน้ำมะพร้าวอ่อนออกมาและเตรียมละลายน้ำตาลให้ได้ 7°Brix เพื่อนำไปผสมเป็นน้ำเชื่อมในการปลอมปน แบ่งตัวอย่างเป็นน้ำมะพร้าวอ่อนแท้และน้ำมะพร้าวอ่อนที่ถูกนำมาผสมด้วยน้ำเชื่อมที่ระดับการผสมตั้งแต่ 0.5 - 99.5 %w/w ถ่ายภาพความร้อนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน (thermal camera) วิเคราะห์หาอุณหภูมิของตัวอย่างและอุณหภูมิห้อง เพื่อนำมาใช้คำนวณค่า number of transfer unit (NTU) และนำมาสร้างแบบจำลองด้วยวิธี Multiple Linear Regression (MLR) โดยใช้โปรแกรม Unscrambler เพื่อให้ได้ผลของความสามารถของแบบจำลองและผลการทดสอบประสิทธิภาพของแบบจำลอง พบว่าผลวิเคราะห์ทางสถิติของชุดสร้างแบบจำลองให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient correlation; R) เท่ากับ 0.96 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการทำนายด้วยตัวอย่างกลุ่มสร้างสมการ (root mean square error of calibration; RMSEC) เท่ากับ 7.83% และสมการของชุดทดสอบประสิทธิภาพให้ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (coefficient correlation; R) เท่ากับ 0.97 ค่าความคลาดเคลื่อนกำลังสองเฉลี่ยจากการทำนายด้วยตัวอย่างกลุ่มทดสอบสมการ (root mean square error of prediction; RMSEP) เท่ากับ 7.12% จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำนายการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อนอย่างมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูง อีกทั้งยังสามารถนำเทคนิคการถ่ายเทความร้อนมาประยุกต์ใช้ในการทำนายการตรวจสอบคุณภาพน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆ

คำสำคัญ: น้ำมะพร้าวอ่อน การปลอมปน การถ่ายเทความร้อน กล้องถ่ายภาพความร้อน ความแม่นยำ ประสิทธิภาพ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Special problem title Prediction of adulteration of young coconut water  
with syrup using heat transfer technique

Student name Kunthida Seekoset Student ID 62080168  
Natwasa Pulsilp Student ID 62080183

Program Bachelor of Science in Food Science and Technology

Year 2023

Advisor Assoc.Prof.Dr.Sontisuk Teerachaichayut

### ABSTRACT

Although many sellers tend to add more sugar to increase the output of young coconut water in order to make enough for the consumer quantity and for their own benefits in business. Adding sugar helps the seller lower the cost and increases output as sugar is much cheaper than young coconut water. Added sugar in young coconut water is hard to detect with the bare eye. This research was created purposely to test syrup adulteration in young coconut water by using a heat transfer technique (Number of Transfer Units; NTU). Young coconut water samples were cut to extract young coconut water and prepared to dissolve the sugars to 7°Brix for adulteration syrup. The researcher separated the sample product into 2 parts: pure young coconut water and syrup adulteration from 0.5%-99.5%w/w. Using thermal camera to analyze the temperature of the sample product and the room temperature in order to calculate NTU. After that, the researcher used NTU to create a model by using the Multiple Linear Regression (MLR) through the Unscrambler program. The program helped achieve efficient results of the model. It was found that the statistical analysis of the model gave coefficient correlation (R) equal to 0.96 and the root mean square error of calibration (RMSEC) equal to 7.83%. The equation of efficiency test gave the correlation coefficient (R) equal to 0.97 and the root mean square error of prediction (RMSEP) equal to 7.12%. The results showed the ability to predict syrup adulteration in young coconut water. With high efficiency and high precision heat transfer technique. Heat transfer technique can also be applied to predict the quality of adulteration of other fruit juices.

Keywords: young coconut water adulteration heat transfer thermal camera precision efficiency

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

รายงานวิจัยฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดีจาก รศ.ดร.สนธิ สุข ธีระชัยชยุติ ที่ได้สละเวลาอันมีค่าในการให้คำปรึกษา การดำเนินงานวิจัย ตลอดจนได้ตรวจสอบและแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ อันเป็นประโยชน์ในการจัดทำเล่มปัญหาพิเศษ ตั้งแต่เริ่มดำเนินการจนกระทั่งดำเนินการเสร็จสมบูรณ์ ผู้ศึกษาขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบคุณเจ้าหน้าที่ห้องปฏิบัติการและนักวิทยาศาสตร์ประจำคณะอุตสาหกรรมอาหาร ที่คอยให้คำแนะนำการใช้เครื่องมือต่างๆ และอำนวยความสะดวกในการเบิกอุปกรณ์ที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้

นอกจากนี้ขอขอบคุณเพื่อนร่วมทำวิจัยและเพื่อนๆที่คอยให้กำลังใจและช่วยเหลือซึ่งกันและกัน รวมถึงขอขอบคุณ บิดา มารดาและครอบครัวที่คอยให้กำลังใจและสนับสนุนตลอดจนการวิจัยนี้สำเร็จไปได้ด้วยดี

ผู้วิจัยหวังเป็นอย่างยิ่งว่า งานวิจัยนี้จะเป็นประโยชน์ต่อบุคคลทางการศึกษาและผู้สนใจทั่วไป เพื่อประโยชน์ด้านความรู้ การพัฒนา การประยุกต์ใช้ และเป็นองค์ความรู้หนึ่งที่จะสรรสร้างให้เกิดงานวิจัยอื่นๆต่อไปในภายภาคหน้า

กุลธิดา ศรีโกเศรษฐ

ณัฐวศา พูลศิลป์

20 พฤษภาคม 2566

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย.....	I
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	II
กิตติกรรมประกาศ.....	III
สารบัญ.....	IV
สารบัญตาราง.....	VI
สารบัญภาพ.....	VII
บทที่ 1 บทนำ.....	1
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา.....	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา.....	1
1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	1
บทที่ 2 ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	2
2.1 น้ำมะพร้าว (Liquid endosperm).....	2
2.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer).....	3
2.3 วิธี Number of Transfer Units (NTU).....	3
2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	3
บทที่ 3 อุปกรณ์และวิธีการทดลอง.....	9
3.1 วัสดุดิบและสารเคมี.....	9
3.2 อุปกรณ์.....	9
3.3 การวางแผนการทดลอง.....	9
3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง.....	10
บทที่ 4 ผลการทดลองและวิจารณ์ผลการทดลอง.....	13
4.1 ผลการหาความสัมพันธ์ของค่า NTU ของน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อมที่เวลาต่างๆ.....	13

4.2 ผลการทดลองการตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน.....	15
---	----

## สารบัญ (ต่อ)

	หน้า
บทที่ 5 สรุปผลและข้อเสนอแนะ.....	17
5.1 สรุปผล.....	17
5.2 ข้อเสนอแนะ.....	17
บรรณานุกรม.....	18
ภาคผนวก.....	20
ภาคผนวก ก ตัวอย่างการคำนวณ.....	21
ภาคผนวก ข เครื่องมือและวิธีการ.....	23
ภาคผนวก ค การใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์.....	24
ภาคผนวก ง ภาพประกอบการทดลอง.....	39
ประวัติผู้เขียน.....	47

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญตาราง

ตารางที่	หน้า
2.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะพร้าว.....	2
2.2 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับการปลอมปนในน้ำผึ้ง.....	6
2.3 ผลของแบบจำลองแบ่งกลุ่มที่สร้างด้วยวิธี DPLS โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมที่แตกต่างกัน.....	8
2.4 ผลของการแยกตัวอย่างด้วยวิธี DPLS ในตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง.....	8
3.1 แนวทางการแปลความหมาย R และ R <sup>2</sup> .....	12
4.1 แสดงตัวอย่างลำดับขั้นตอนการคำนวณค่า NTU ของตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนแท้และปลอมปน.....	13
4.2 แสดงค่า Number of transfer units (NTU) ที่คำนวณได้.....	14
4.3 ค่าสถิติของข้อมูลชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง.....	15
4.4 ค่าทางสถิติของข้อมูลการทำนาย Calibration และ Prediction.....	16

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
2.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนด้วย.....	4
2.2 กราฟคะแนนของตัวแปร PC 2 ตัวแปรที่แสดงตัวอย่างกลุ่มที่ 1 (น้ำผึ้งแท้ และ 5%),.....	5
กลุ่มที่ 2 (10%, 15% และ 20%) และกลุ่มที่ 3 (25% และ 30%)	
2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ jaggery syrup ที่ปลอมปนอยู่จริง.....	6
และค่าที่ทำนาย	
2.4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปน.....	7
ด้วย HFCS	
2.5 กราฟค่าการทำนายด้วยวิธี DPLS ของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการ.....	8
ปลอมปน ด้วย HFCS	
4.1 ความสัมพันธ์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกับเวลาของตัวอย่างทั้งหมด.....	14
4.2 ความสัมพันธ์ค่า NTU กับเวลาของตัวอย่างทั้งหมด.....	14
4.3 แผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลอง Calibration (a) .....	16
และชุดทดสอบแบบจำลอง Prediction (b) . . .	

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

# บทที่ 1

## บทนำ

### 1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

น้ำมะพร้าวอ่อน เป็นเครื่องดื่มที่เป็นที่รู้จักและนิยมดื่มกันอย่างแพร่หลาย เนื่องจากมีรสชาติหวานหอมเฉพาะตัว มาจากธรรมชาติและมีประโยชน์ต่อสุขภาพ น้ำมะพร้าวในปัจจุบันมีการเติมน้ำตาลลงไปเพื่อเพิ่มปริมาณการผลิตให้เพียงพอต่อความต้องการของผู้บริโภค และเป็นการเพิ่มประโยชน์ทางการค้า เพราะน้ำตาลมีราคาถูกกว่าน้ำมะพร้าว การบริโภคน้ำตาลมากเกินไปทำให้เกิดผลเสียต่อร่างกายเช่น ทำให้กระดูกและฟันไม่แข็งแรง เพราะน้ำตาลซูโครสเป็นแหล่งอาหารของแบคทีเรีย, ทำให้เกิดภาวะโลหิตเป็นกรด, ภาวะความดันโลหิตสูงและปัญหาสุขภาพอื่นๆ ปริมาณน้ำตาลที่ร่างกายต้องการต่อวัน ไม่ควรเกิน 10% ของปริมาณพลังงานที่ได้รับทั้งวัน เพื่อป้องกันไม่ได้รับปริมาณน้ำตาลมากเกินไป น้ำมะพร้าวควรดื่มแบบสดๆ เฉาะใหม่ๆ และไม่ควรเติมน้ำตาลหรือน้ำเชื่อมเพราะในน้ำมะพร้าวมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบอยู่แล้ว

การทำวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน (NTU) โดยเติมน้ำเชื่อม (น้ำตาลที่ละลายแล้ว 7 °Brix) ในระดับความเข้มข้นในอัตราส่วนที่ต่างกัน และใช้กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal camera) วัดอุณหภูมิของน้ำมะพร้าวอ่อนแท้และน้ำมะพร้าวอ่อนที่มีการปลอมปนเพื่อหาข้อแตกต่างของปริมาณน้ำเชื่อมในแต่ละความเข้มข้น อีกทั้งยังรับรองความบริสุทธิ์และคุณภาพของน้ำมะพร้าวอ่อน ซึ่งส่งผลต่อความน่าเชื่อถือทางการค้า

### 1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน

1.2.2 เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่า Number of transfer units (NTU) ของน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อมที่เวลาต่างๆ

1.2.3 เพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายการเติมน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน

### 1.3 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.3.1 ทราบความสามารถของเทคนิคการถ่ายเทความร้อนในการทำนายความแม่นยำ

1.3.2 สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการทำนายการตรวจสอบคุณภาพน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### ทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

#### 2.1 น้ำมะพร้าว (Liquid endosperm)

น้ำมะพร้าว อยู่ในช่วงกลางของเมล็ดของต้นมะพร้าว (*Cocos nucifera* Linn) ที่มีเปลือกหนาหุ้มอยู่ ขณะผลอ่อนจะมีน้ำมะพร้าวอยู่เต็ม แต่พอผลแก่ น้ำมะพร้าวจะแห้งไปบางส่วน (ศูนย์สารสนเทศชุมชน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี, 2010) น้ำมะพร้าวเป็นอาหารธรรมชาติบริสุทธิ์ น้ำมะพร้าวคือส่วนของไซโตพลาสซึม ซึ่งเป็นของเหลวที่ไม่มีชีวิตภายในเซลล์ สารอาหารในน้ำมะพร้าวผ่านมาทางอะโป-พลาสของเมล็ด (seed apoplasm) และจะถูกส่งผ่านทางซิมพลาส (symplast) ไปยังเอ็นโดสเปิร์ม (endosperm) (Patrick, 2001)

น้ำมะพร้าว เป็นเครื่องดื่มที่ให้ความสดชื่น เนื่องจากคุณสมบัติของน้ำมะพร้าวที่แสดงในตารางที่ 1 น้ำมะพร้าวอ่อนและแก่ มีน้ำเป็นองค์ประกอบหลัก ประมาณร้อยละ 94 รองลงมาเป็นคาร์โบไฮเดรต เกล็ด โปรตีน ไขมัน และไม่พบใยอาหารมีคาร์โบไฮเดรต ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาลเป็นหลัก โดยน้ำมะพร้าวอ่อนมีน้ำตาลฟรุกโตสและกลูโคสมาก แต่ในน้ำมะพร้าวแก่ปริมาณฟรุกโตสและกลูโคสลดลงแต่ปริมาณซูโครสเพิ่มขึ้น น้ำมะพร้าวแก่มีน้ำตาลแอลกอฮอล์ประเภทซอบิทอลมากที่สุด แร่ธาตุในน้ำมะพร้าวอ่อนและแก่ ประกอบด้วยโปแตสเซียมมากที่สุด โดยมีปริมาณ 203-312 มก./100 ก. ซึ่งมีความเหมาะสมพอสมควร เมื่อเทียบกับกล้วยหอม ซึ่งมี 374 มก./ 100 ก. (ชมรมเพื่อนโรคไต) สำหรับวิตามินในน้ำมะพร้าว ประกอบไปด้วยวิตามินซีมากที่สุดและพบในน้ำมะพร้าวอ่อนมากกว่าน้ำมะพร้าวแก่ ปริมาณไขมันในน้ำมะพร้าวมีต่ำมาก และไขมันนี้พบกรดปาล์มติกมากที่สุด ซึ่งเป็นกรดไขมันอิ่มตัว รองลงมาคือ กรดไขมันโอเลอิก ซึ่งเป็นกรดไขมันไม่อิ่มตัวให้ผลสอดคล้องกันทั้งในน้ำมะพร้าวอ่อนและน้ำมะพร้าวแก่ แต่ปริมาณกรดไขมันทั้งสองชนิดดังกล่าวจะลดน้อยลงในน้ำมะพร้าวแก่ สำหรับกรดอินทรีย์ในน้ำมะพร้าวประกอบด้วยกรดมาลิกมากที่สุด แต่มีปริมาณน้อยกว่าน้ำตาล คือ มีค่าความเป็นกรด-ด่าง (pH) 4.6-5.6 น้ำมะพร้าวจึงออกรสหวานมากกว่าเปรี้ยว

#### ตารางที่ 2.1 องค์ประกอบทางเคมีของน้ำมะพร้าว

ชนิด	ส่วนประกอบทางเคมี
น้ำมะพร้าว	คาร์โบไฮเดรต (ซูโครส ซอบิทอล กลูโคส ฟรุกโตส ไซโลส และแมนโนส) ไขมัน โปรตีน (อาร์จินีน อะลานีน ซีสทีน เซอรีน) วิตามิน (วิตามินซี วิตามินบี) เกลือแร่ต่างๆ (โพแทสเซียม โซเดียม แมกนีเซียม ฟอสฟอรัส แคลเซียม เหล็ก ทองแดง และคลอไรด์) ฮอโรโมนพืช (ออกซินไซโทไคนิน จิบเบอเลอลิน) เอนไซม์ต่าง ๆ โพลีฟีนอลออกซิเดส แอซิดฟอสฟาเทส คีตาเลส ดีไฮโดรจีเนส ไดเอสเทส (diastase) เพอร์รอกซิเดส อาร์เอ็นเอโพลีเมอเรส (RNA

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่ polymerase) และปัจจัยส่งเสริมการเจริญเติบโตอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา: ชมรมเพื่อนโรคไต มูลนิธิเพื่อผู้บริโภค (2011) และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 การถ่ายเทความร้อน (Heat transfer)

การถ่ายโอนความร้อน หรือ การถ่ายเทความร้อน สามารถเคลื่อนที่ได้ 3 รูปแบบ คือ การนำความร้อน การพาความร้อน และการแผ่รังสีความร้อน พฤติกรรมทางความร้อนจะเคลื่อนที่จากอุณหภูมิสูงไปยังอุณหภูมิต่ำ ยกตัวอย่างเช่น น้ำแข็งในแก้วน้ำที่มีน้ำอยู่ น้ำจะมีอุณหภูมิสูงกว่าจึงถ่ายเทความร้อนไปที่น้ำแข็งที่มีอุณหภูมิต่ำกว่า ทำให้น้ำแข็งละลาย และหยุดถ่ายเทความร้อนต่อเมื่อมันมีอุณหภูมิที่เท่ากัน

## 2.3 วิธี Number of Transfer Units (NTU)

วิธี NTU ใช้ในการคำนวณอัตราการถ่ายเทความร้อนในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน (โดยเฉพาะเครื่องแลกเปลี่ยนกระแสร้อน) เมื่อมีข้อมูลไม่เพียงพอที่จะคำนวณความแตกต่างของอุณหภูมิ Log-Mean (LMTD) ในการวิเคราะห์เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน หากมีการระบุอุณหภูมิทางเข้าและทางออกของของเหลวหรือสามารถกำหนดได้โดยสมดุลพลังงานอย่างง่าย วิธี LMTD ก็สามารถใช้ได้ แต่เมื่อไม่มีอุณหภูมิเหล่านี้ NTU หรือ The Effectiveness ใช้วิธี วิธีประสิทธิภาพผล-NTU มีประโยชน์มากสำหรับการจัดเรียงการไหลทั้งหมด (นอกเหนือจากการไหลแบบขนานและการไหลทวน) เนื่องจากประสิทธิภาพของประเภทอื่น ๆ ทั้งหมดจะต้องได้รับการแก้ไขจากปัญหาเชิงตัวเลขของสมการเชิงอนุพันธ์ย่อย และไม่มีสมการวิเคราะห์สำหรับ LMTD หรือ ประสิทธิภาพ แต่เนื่องจากฟังก์ชันของตัวแปรสองตัว ประสิทธิภาพสำหรับแต่ละประเภทสามารถนำเสนอในไดอะแกรมเดียว

เพื่อกำหนดประสิทธิภาพของตัวแลกเปลี่ยนความร้อน เราจำเป็นต้องค้นหาการถ่ายเทความร้อนสูงสุดที่เป็นไปได้ ซึ่งสามารถทำได้โดยสมมติฐานในตัวแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลย้อนที่มีความยาวไม่จำกัด ดังนั้นของไหลหนึ่งชนิดจะพบความแตกต่างของอุณหภูมิสูงสุดที่เป็นไปได้ ซึ่งก็คือความแตกต่างของ  $T_{h,i} - T_{c,i}$  (ความแตกต่างของอุณหภูมิระหว่างอุณหภูมิขาเข้าของกระแสร้อนและอุณหภูมิขาเข้าของกระแสน้ำเย็น) วิธีการดำเนินการด้วยการคำนวณอัตราความจุความร้อน (เช่น อัตราการไหลของมวลคูณด้วยความร้อนจำเพาะ)

$C_h$  และ  $C_c$  สำหรับของเหลวร้อนและเย็นตามลำดับและแสดงถึงของเหลวที่เล็กกว่าเป็น

$$C_{\min} = \min[\dot{m}_c c_{p,c}, \dot{m}_h c_{p,h}] \quad \text{ปริมาณ: } q_{\max} = C_{\min} (T_{h,i} - T_{c,i})$$

## 2.4 งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

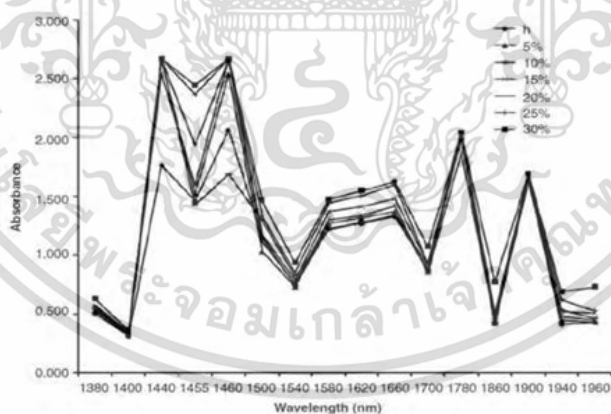
### 2.4.1 การประยุกต์ใช้เทคนิค NIR ในการวิเคราะห์การปลอมปน

ปัญหาเรื่องการปลอมปนของอาหารนั้นมีมาตั้งแต่ประมาณปี 1800 โดยส่วนใหญ่มักเกี่ยวข้องกับการติดฉลากที่ไม่ถูกต้อง และการปลอมปน (economic adulteration) ในผลิตภัณฑ์อาหารที่มีราคาสูงเพื่อหลอกลวงผู้บริโภค ยกตัวอย่างเช่น การแทนที่ส่วนผสมหรือองค์ประกอบในอาหาร แคบบางส่วนหรือทั้งหมด เพื่อลดต้นทุนและอาจส่งผลให้ผลิตภัณฑ์อาหารด้อยลง (Hargin, 1996) อาหารที่ไม่มีการปลอมปน (authentic food) นั้นต้องมีลักษณะเป็นไปตามรายละเอียดที่ผู้ผลิตได้ให้ไว้ ซึ่งรวมไปถึงแหล่งกำเนิดสายพันธุ์ของส่วนประกอบต่างๆ ตลอดจนกระบวนการผลิตอาหาร (Downey, 1998) ถึงแม้ว่าการปลอมปน

นั้นจะไม่ค่อยเป็นอันตรายต่อสุขภาพ แต่เป็นการปลอมปนเพื่อการค้าโดยมีความต้องการของผู้บริโภคในด้านสินค้ามูลค่าสูงเป็นตัวขับเคลื่อน ซึ่งเป็นปัจจัยสำคัญที่ทำให้เกิดผลกำไรที่ผิดกฎหมาย ด้วยเหตุนี้อุตสาหกรรม การแปรรูปอาหารและหน่วยงานที่ทำหน้าที่ดูแลในด้านนี้จึงได้ผลักดันวิธีการวิเคราะห์เพื่อที่จะยืนยันความ ถูกต้องของผลิตภัณฑ์อาหาร (Lees, 1994; Gayo และ Hale, 2007)

การตรวจสอบการปลอมปนอาหารใช้วิธีการทางเคมีโดยการวิเคราะห์องค์ประกอบที่มีอยู่ในอาหาร นั้นมักใช้เวลานาน มีค่าใช้จ่ายสูง ดังนั้นจึงได้มีการประยุกต์ใช้เทคนิค NIR ร่วมกับการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัว แปร (multivariate data analysis) เพื่อตรวจสอบการปลอมปนของอาหาร เนื่องจากเป็นวิธีที่ง่าย และมี ค่าใช้จ่ายที่ต่ำ (Zhu และคณะ, 2010)

Mishra และคณะ (2010) ได้ประยุกต์ใช้เทคนิค NIR ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำผึ้ง โดยการเตรียมตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนด้วย jaggery syrup 5-30% (w/w) โดยให้ความเข้มข้น ของ jaggery syrup เพิ่มขึ้นทีละ 5% (79-80 ° Brix) ซึ่งไซรัปนั้นเตรียมได้จากการผสม jaggery 82.2% กับ น้ำ 17.8% ทั้งนี้องค์ประกอบโดยเฉลี่ยของน้ำผึ้งได้แก่ ฟรุกโตส 38.19% กลูโคส 31.28% มอลโตส 7.79% ซูโครส 50% น้ำตาลอินเวิร์ท 20% ความชื้น 20% และมีส่วนที่ไม่ละลายน้ำอยู่ด้วย ทำการวัดค่าดูดกลืนแสงที่ค สามยาวคลื่น 1380-1960 nm ในระบบส่องผ่านสะท้อน (transflectance) สเปกตรัมการดูดกลืนแสงสูงที่ ความยาวคลื่น 1440 nm, 1460 nm, 1580 nm, 1660 nm, 1780 nm และ 1900 nm ซึ่งสัมพันธ์กับ พันธะ C-H โอเวอร์โทน อันดับหนึ่งของ N-H การยืดของพันธะ N-H การยืดของพันธะ C-H เซลลูโลส และ พันธะ C=O ตามลำดับ



ภาพที่ 2.1 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนด้วย

jaggery syrup

ที่มา : Mishra และคณะ (2010)

Mishra และคณะ (2010) ใช้เทคนิค PCA และ PLS เพื่อทำนายการปลอมปน jaggery syrup ใน น้ำผึ้งจากข้อมูลตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปน พบว่า กราฟคะแนน (score plot) ของ ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

PC1 กับ PC2 แสดงดังภาพที่ 2 จากภาพจะเห็นว่าความเข้มข้นของการปลอมปน jaggery syrup ในน้ำผึ้งมีแนวโน้มจากซ้ายไปขวา สำหรับระดับการปลอมปนของตัวอย่าง 3 กลุ่มแสดงดังตารางที่ 2 จากภาพที่ 3 พบว่าตัวอย่างกลุ่มที่ 1 ที่มีระดับการปลอมปนต่ำนั้นอยู่ใกล้กับแกน PC1 ในจตุภาค (quadrant) ที่สอง ส่วนตัวอย่างกลุ่มที่ 2 ที่มีระดับการปลอมปนปานกลางอยู่ทางด้านขวาของตัวอย่างกลุ่มที่ 1 และตัวอย่างกลุ่มที่ 3 ที่มีระดับการปลอมปนสูงอยู่ในจตุภาคที่หนึ่ง กล่าวคือเมื่อความเข้มข้นของ jaggery syrup เพิ่มขึ้น กราฟจะมีลักษณะแนวโน้มจากซ้ายไปขวา เมื่อเปรียบเทียบกราฟคะแนนกับกราฟน้ำหนักปัจจัยทำให้พบความแปรปรวนที่ความยาวคลื่น 1440 nm, 1460 nm, 1780 nm และ 1900 nm แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์กับกลุ่ม 1 และเมื่อเปรียบเทียบสเปกตรัมการดูดกลืนแสงของฟรุกโตส (Burns และ Ciurczak, 2008) พบว่าตัวอย่างกลุ่ม 1 (ตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งปลอมปน 5 %) และฟรุกโตสมีค่าการดูดกลืนแสงที่สูงในย่านสเปกตรัมเดียวกัน เนื่องจากน้ำผึ้งมีปริมาณน้ำตาลฟรุกโตสสูง ดังนั้นจึงสรุปได้ว่าตัวอย่างที่มีการดูดกลืนแสงสูงที่ความยาวคลื่น 1440 nm, 1460 nm, 1780 nm และ 1900 nm ซึ่งเป็นตัวอย่างที่มีระดับการปลอมปนต่ำนั้นเป็นตัวอย่างแท้



ภาพที่ 2.2 กราฟคะแนนของตัวแปร PC 2 ตัวแปรที่แสดงตัวอย่างกลุ่มที่ 1 (น้ำผึ้งแท้ และ 5%), กลุ่มที่ 2 (10%, 15% และ 20%) และกลุ่มที่ 3 (25% และ 30%)

ที่มา : Mishra และคณะ (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

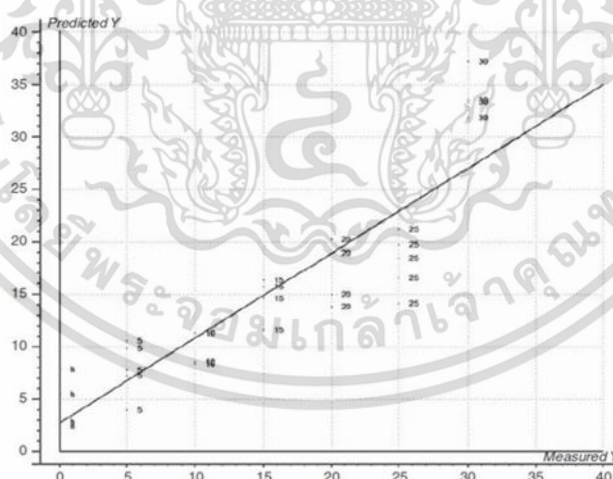
## ตารางที่ 2.2 การแบ่งกลุ่มตัวอย่างตามระดับการปลอมปนในน้ำผึ้ง

ปริมาณการปลอมปน	กลุ่ม
0% (ไม่มีการปลอมปน)	ระดับการปลอมปนต่ำ (1)
5%	ระดับการปลอมปนต่ำ (1)
10%	ระดับการปลอมปนปานกลาง (2)
15%	ระดับการปลอมปนปานกลาง (2)
20%	ระดับการปลอมปนปานกลาง (2)
25%	ระดับการปลอมปนสูง (3)
30%	ระดับการปลอมปนสูง (3)

ที่มา : Mishra และคณะ (2010)

สำหรับการใช้เทคนิค PLS เพื่อทำนายการปลอมปนพบว่า สมการมีค่า  $R^2$  เท่ากับ 0.81

ค่า SEC เท่ากับ 4.55 และค่า SPE เท่ากับ 6.45 ซึ่ง scatter plot แสดงปริมาณการปลอมปน jaggery syrup ในน้ำผึ้งกับค่าที่ทำนายได้จากเทคนิค NIR แสดงดังภาพที่ 3

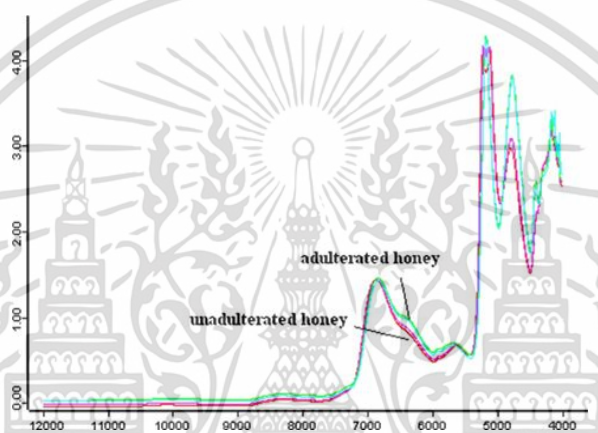


ภาพที่ 2.3 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของ jaggery syrup ที่ปลอมปนอยู่จริงและค่าที่ทำนายได้จากเทคนิค NIR ในตัวอย่างน้ำผึ้ง

ที่มา : Mishra และคณะ (2010)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เช่นเดียวกับ Chen และคณะ (2011) ที่ได้ทำการตรวจสอบการปลอมปนน้ำผึ้งจีนด้วยเทคนิค NIR โดยการเตรียมตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนด้วย high fructose corn syrup (HFCS) 7-59% (w/w) วัดค่าการดูดกลืนแสงในช่วง  $10000-4000\text{ cm}^{-1}$  สเปกตรัมการดูดกลืนของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนด้วย HFCS แสดงดังภาพที่ 4 พบว่าตัวอย่างดูดกลืนแสงเป็นอย่างมากที่เลขคลื่น  $6851\text{ cm}^{-1}$  (โอเวอร์โทนอันดับหนึ่งของ O-H),  $5607\text{ cm}^{-1}$  (โอเวอร์โทนอันดับหนึ่งของหมู่  $\text{CH}_2$ ),  $5201\text{ cm}^{-1}$  (คอมบิเนชันของ O-H และ bend band),  $4782\text{ cm}^{-1}$  (คอมบิเนชันของ O-H deformation band และ C-O),  $4686\text{ cm}^{-1}$  (คอมบิเนชันของ C-H และ deformation band) และ  $4182\text{ cm}^{-1}$  (คอมบิเนชันของหมู่  $\text{CH}_2$ )



ภาพที่ 2.4 สเปกตรัมการดูดกลืนแสงของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนด้วย HFCS

ที่มา : Chen และคณะ (2011)

การสร้างแบบจำลองสำหรับแบ่งกลุ่ม (discrimination model) ด้วยการใช้ตัวแปรหุ่น (dummy variable) โดยการกำหนดตัวเลขเพื่อดูว่าตัวอย่างนั้นเป็นน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนหรือไม่ (Chen และคณะ, 2011) กำหนดให้ตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนเป็นหมายเลข 1 และตัวอย่างน้ำผึ้งแท้เป็นหมายเลข 2 จากนั้นจึงทำการปรับแต่งสเปกตรัมเพื่อให้แบบจำลองสำหรับแบ่งกลุ่มที่สร้างขึ้นมีความเหมาะสมต่อการนำไปใช้งานมากขึ้น และเมื่อทำการเปรียบเทียบแบบจำลองสำหรับแบ่งกลุ่ม DPLS ของน้ำผึ้งที่มีการปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมด้วยวิธีอนุพันธ์อันดับหนึ่ง การปรับค่าศูนย์กลางด้วยค่าเฉลี่ย (mean centering, MC) และ 13 smoothing point จากการใช้อัตราสเปกตรัม 3 แบบ คือ ใช้อัตราสเปกตรัมทั้งหมด ( $10000-4000\text{ cm}^{-1}$ ) ใช้อัตราสเปกตรัมที่ ช่วง  $6000-4000\text{ cm}^{-1}$  และใช้อัตราสเปกตรัมที่ช่วง  $10000-6000\text{ cm}^{-1}$  พบว่าแบบจำลองแบ่งกลุ่มจากการใช้อัตราสเปกตรัมที่ช่วงคลื่น  $10000-6000\text{ cm}^{-1}$  สามารถแยกตัวอย่างน้ำผึ้งได้ดีกว่าการใช้อัตราสเปกตรัมในย่านอื่นๆ โดยสามารถแยกได้ถูกต้อง 92.13% ดังตารางที่ 3

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2.3 ผลของแบบจำลองแบ่งกลุ่มที่สร้างด้วยวิธี DPLS โดยใช้ข้อมูลสเปกตรัมที่แตกต่างกัน

ช่วงสเปกตรัม ( $cm^{-1}$ )	การจำแนกที่ถูกต้อง (%)	การจำแนกผิดพลาด (%)
10000-4000	84.02	15.98
6000-4000	83.17	16.83
10000-6000	92.13	7.87

ที่มา : Chen และคณะ (2011)

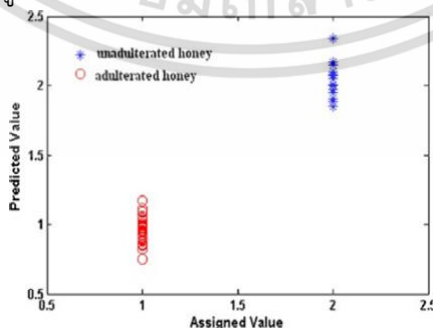
แบบจำลองแบ่งกลุ่ม DPLS ที่สร้างขึ้นสามารถแยกตัวอย่างน้ำผึ้งปลอมปนได้ถูกต้อง 95.8% และสามารถแยกตัวอย่างน้ำผึ้งแท้ได้ถูกต้อง 97.9% ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 2.4 ผลของการแยกตัวอย่างด้วยวิธี DPLS ในตัวอย่างที่ใช้สร้างแบบจำลอง

ข้อมูลชุดสร้างแบบจำลองแบ่งกลุ่ม	น้ำผึ้งปลอมปน		น้ำผึ้งแท้	
	น้ำผึ้งปลอมปน	น้ำผึ้งแท้	น้ำผึ้งปลอมปน	น้ำผึ้งแท้
น้ำผึ้งปลอมปน	47	1		
น้ำผึ้งแท้	2	46		

ที่มา : Chen และคณะ (2011)

ผลการตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลองสำหรับแบ่งกลุ่ม DPLS ในการทำนายตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนหลังจากที่มีการปรับแต่งข้อมูลสเปกตรัมแล้ว โดยพิจารณาค่าทำนายในช่วง  $\pm 0.5$  จากข้อมูลตัวอย่างชุดตรวจสอบความถูกต้องของแบบจำลอง (validation set) แสดงดังภาพที่ 5 จากภาพแสดงให้เห็นถึงตัวอย่าง 2 กลุ่มที่มีการแยกกันอย่างชัดเจน โดยตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปนจะถูกแยกอย่างถูกต้องโดยค่าทำนายอยู่ระหว่าง 0.5-1.5 และตัวอย่างน้ำผึ้งแท้มีค่าทำนายอยู่ระหว่าง 1.5-2.5



ภาพที่ 2.5 กราฟค่าการทำนายด้วยวิธี DPLS ของตัวอย่างน้ำผึ้งแท้และตัวอย่างน้ำผึ้งที่มีการปลอมปน

ด้วย HFCS

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ที่มา : Chen และคณะ (2011)

เมื่อมีการแก้ไขที่ต้นฉบับให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 3

### อุปกรณ์และวิธีการทดลอง

#### 3.1 วัตถุดิบและสารเคมี

##### 3.1.1 วัตถุดิบ

มะพร้าวอ่อน จากอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร โดยมะพร้าวอ่อนผ่านการผ่าเอาเนื้อมะพร้าวออกมาใช้ในการวิจัย

น้ำตาลทรายขาว จากร้านค้าทั่วไป นำไปละลายกับน้ำกลั่นให้ได้ 7 °Brix เพื่อนำน้ำเชื่อมที่ได้ไปใช้ในการวิจัย

##### 3.1.2 สารเคมี

น้ำกลั่น (Distilled water)

#### 3.2 อุปกรณ์

กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal camera) (fluke tis20+ max,U.S)

เครื่องวัดความหวาน (Brix refractometer :PAL-1, Japan )

เตาให้ความร้อน (Hot plate) (PYREX, japan)

เทอร์โมมิเตอร์ (Thermometer) (PYREX, japan)

ปิกเกอร์ (Beaker) ขนาด 100,250 และ 300 มิลลิลิตร (PYREX, japan)

จานเพาะเชื้อ (Plate) ขนาด 90x120 มิลลิเมตร (PYREX, japan)

#### 3.3 การวางแผนการทดลอง

เตรียมน้ำมะพร้าวอ่อน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ น้ำมะพร้าวอ่อนแท้ และน้ำมะพร้าวอ่อนที่นำมาผสมเชื่อม (น้ำตาลที่ละลายแล้ว) ที่ระดับความหวานเท่ากับความหวานของน้ำมะพร้าวอ่อนในอัตราส่วนต่างๆ โดยเพิ่มปริมาณจากน้อยไปมาก เริ่มจาก 0.5% (w/w) และเพิ่มขึ้นทุกๆ 0.5% (w/w) จนถึงระดับ 99.5% (w/w) ทั้งหมด 349 ตัวอย่าง แบ่งเป็นน้ำมะพร้าวอ่อนแท้ 150 ตัวอย่าง น้ำมะพร้าวอ่อนที่มีการปลอมปน 199 ตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.4 ขั้นตอนและวิธีการทดลอง

3.4.1 การศึกษาการใช้เทคนิค NTU ในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน

3.4.1.1 การเตรียมตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนสดและน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อม

ตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนถูกซื้อมาจากอำเภอบ้านแพ้ว จังหวัดสมุทรสาคร และนำมาผ่าเพื่อเอาน้ำมะพร้าวอ่อนออกมาใช้ในการตรวจสอบ ทำการเตรียมวัตถุดิบน้ำมะพร้าวอ่อน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มแรกจำนวน 150 ตัวอย่าง เป็นน้ำมะพร้าวอ่อนสดที่ไม่มีการปลอมปน กลุ่มที่สอง จำนวน 199 ตัวอย่าง มาจำลองปลอมปนด้วยการเติมน้ำเชื่อม (น้ำตาลที่ละลายแล้ว 7 °Brix) ที่ปริมาณของแข็งที่ละลายได้หมดเท่ากับตัวอย่างน้ำมะพร้าวสดเริ่มต้นในแต่ละตัวอย่างก่อนการเติมน้ำเชื่อม แล้วนำมาผสมลงในน้ำมะพร้าวด้วยสัดส่วนต่างๆ โดยกำหนดให้มีการปลอมปนน้ำเชื่อมในปริมาณ 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5 ไปจนถึง 99.5% (w/w) เพิ่มขึ้นครั้งละ 0.5% (w/w) จากน้อยไปมาก จนครบ ในการผสมแต่ละครั้งตัวอย่างน้ำมะพร้าวปลอมปนถูกเขย่าให้เข้ากันและบรรจุลงในขวดHDPE 100ml ทั้ง 2 ตัวอย่าง และเตรียมน้ำไปทดลอง สำหรับตัวอย่างการคำนวณแสดงไว้ในภาคผนวก ก

3.4.1.2 การหาค่าการถ่ายเทความร้อน

วิธีการหาค่า NTU มีดังนี้

นำตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนสดและน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อมที่ได้มาจากขวดแบ่งใส่บีกเกอร์ตัวอย่างละ 30ml ก่อนจะนำไปต้มให้ได้อุณหภูมิที่ 70°C เมื่อได้อุณหภูมิที่ต้องการแล้วนำมาถ่ายภาพความร้อนด้วยกล้องถ่ายภาพความร้อน (thermal camera) โดยเทน้ำมะพร้าวอ่อนที่ได้ลงในเพลทที่เตรียมไว้และเริ่มบันทึกภาพตั้งแต่ 0 - 300 วินาที บันทึกภาพทุกๆ 30 วินาที โดยทำ 3ซ้ำ จะได้ภาพความร้อนทั้งหมด 33ภาพ/1ตัวอย่าง ทำแบบเดียวกันทั้งตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนสดและน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อม

หลังจากได้ภาพถ่ายความร้อนมาแล้ว นำภาพที่ได้มาบันทึกค่าอุณหภูมิตัวอย่างและอุณหภูมิห้องใน Excel โดยหาค่าเฉลี่ยของแต่ละอุณหภูมิก่อนนำค่าที่ได้ไปคำนวณ ทำแบบเดียวกันทั้ง 2 ตัวอย่าง

นำค่าที่ได้มาคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อน (NTU) สามารถหาได้ตามสมการที่ 3.1

Number of transfer units; NTU

$$= \frac{h_{av}A \cdot \Delta t}{mC_p} = \frac{(T_1 - T_2)}{[\Delta T \ln]} \quad (3.1)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โดยที่  $h$  = สัมประสิทธิ์การพาความร้อนของสาร ( $\text{watt/m}^\circ\text{C}$ )

$V$  = ปริมาตรของสาร ( $\text{cm}^3$ )

$A$  = พื้นที่หน้าตัดของสาร ( $\text{m}^2$ )

$\Delta t$  = อุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงไปทั้งหมด (K)

$m$  = มวลของสาร (kg)

$C_p$  = ความจุความร้อนจำเพาะของสาร ( $\text{kJ/kg}^\circ\text{C}$ )

$T_1$  = อุณหภูมิเริ่มต้น ( $^\circ\text{C}$ )

$T_2$  = อุณหภูมิสุดท้าย ( $^\circ\text{C}$ )

### 3.4.1.3 การสร้างแบบจำลอง Calibration และ ทดสอบแบบจำลอง Prediction

#### 3.4.1.3.1 สร้างแบบจำลอง Calibration และ ทดสอบแบบจำลอง Prediction

กำหนดตัวแปรอิสระ (Independent variables) และตัวแปรตาม (Dependent variables) ตัวแปรอิสระที่ใช้สร้างแบบจำลองคือ ข้อมูล NTU ของน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อม (X) และตัวแปรตามคือ %ปริมาณน้ำเชื่อม (Y) สร้างแบบจำลองโดยใช้เทคนิค Multiple Linear Regression (MLR) เป็นวิธีการใช้ตัวแปรอิสระ (X) มากกว่า 1 ตัว ในการประมาณค่าตัวแปรตาม (Y) ซึ่งเป็นค่าตัวแปรที่ได้จากวิธีอ้างอิง 1 ตัว จะทำให้แบบจำลองที่ได้ลดความผิดพลาดในการประมาณค่าลงได้ ร่วมกับ เทคนิค Full Cross-validation เป็นการทดสอบแบบจำลองภายใน โดยใช้โปรแกรม Unscrambler นำข้อมูลของ NTU ที่ได้จากการคำนวณ จำนวน 199 ตัวอย่าง (NTU ของน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อม) แบ่งข้อมูลเป็น 2 กลุ่ม คือ Calibration set และ Prediction set ด้วยอัตราส่วน 70:30 ตามลำดับ Calibration set ใช้สำหรับสร้างแบบจำลอง ส่วน Prediction set จะเก็บไว้ทดสอบแบบจำลองที่ได้ (NTU ของน้ำมะพร้าวอ่อนสดจะไม่ถูกนำมาสร้างแบบจำลอง) ในกระบวนการสร้างแบบจำลองเราจะใช้ Calibration set เท่านั้น ผลวิเคราะห์ที่ได้จะมีทั้ง Calibration และ Validation เมื่อได้ผลวิเคราะห์ครบแล้วจะได้โมเดลที่ดีที่สุดในการทำนาย

จากนั้นแบบจำลองที่สร้างขึ้นถูกนำมาทดสอบด้วย Prediction set จะได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติในกลุ่ม Prediction set คือ ค่า R และ ค่า RMSEP ในส่วนของ Calibration set จะได้ผลวิเคราะห์ทางสถิติในกลุ่ม Calibration set คือ ค่า R และ ค่า RMSEC โดยสมการที่ดีควรมีค่า RMSEC, RMSECV, RMSEP ที่ต่ำ และสมการจะมีประสิทธิภาพดียิ่งขึ้นเมื่อความแตกต่างระหว่างค่า RMSECV และ RMSEP มีค่าน้อยใกล้เคียง 0 (Xie et al., 2009), R ควรมีค่าสูงหรือมีค่ามากกว่า 0.9 มีค่าระหว่าง -1 ถึง 1 (Mat et al., 2013) ซึ่งแสดงว่าเป็นสมการที่ดีและสามารถนำมาประยุกต์ใช้ในการทำนายได้ (Gaitan-Jurado et al., 2008) แนว

เอกสารนี้เป็นเอกสารทสงานไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ทางการแปลความหมายของสมการ Calibration ด้วยค่า R แสดงดังตารางที่ 3.1

ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 3.1 แนวทางการแปลความหมาย R และ R<sup>2</sup>

ค่า R	ค่า R <sup>2</sup>	ความหมาย
± 0.5	ถึง 0.25	ไม่ควรนำมาใช้ในการทำนาย (not usable)
± 0.51 – 0.70	0.26 – 0.49	ไม่ดี ไม่สามารถใช้เป็นสมการทำนายได้ (poor correlation)
± 0.71 – 0.80	0.50 – 0.64	สามารถใช้ในการคัดเลือกเบื้องต้นได้ (rough screening)
± 0.81 – 0.90	0.66 – 0.81	สามารถใช้ในการคัดเลือก หรือตรวจสอบคุณภาพบางอย่างได้ (screening)
± 0.91 – 0.95	0.83 – 0.90	สามารถใช้ได้ในงานหลายประเภท รวมทั้งการทำนายเพื่องานวิจัยและงานทั่วไป แต่ต้องใช้ด้วยความระมัดระวัง
± 0.96 – 0.98	0.92 – 0.96	สามารถใช้ได้ในงานหลายประเภท รวมทั้งงานประกันคุณภาพ (quality assurance)
± 0.99 ขึ้นไป	0.98 ขึ้นไป	สามารถใช้ได้ดีมากในงานทุกประเภท (any application)

ที่มา : Williams, 2007

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 4

### ผลการทดลองและวิจารณ์

#### 4.1 ผลการหาความสัมพันธ์ของค่า Number of transfer units (NTU) ของน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อมที่เวลาต่างๆ

จากผลการทดลองค่าที่ได้จากกล้องถ่ายความร้อนที่เวลาต่างๆของตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนแท้และน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนจะได้ค่าอุณหภูมิของตัวอย่างและอุณหภูมิห้อง แทนค่า T คือ อุณหภูมิของตัวอย่าง และ ta คือ อุณหภูมิห้อง ตามลำดับ จะได้ความสัมพันธ์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกับเวลาของตัวอย่างทั้งหมด ดังภาพที่ 4.1 นำค่าที่ได้ทั้งหมดไปหา number of transfer unit (NTU) จากสมการที่ 3.1 โดยทำแต่ละขั้นตอนอย่างละเอียด แสดงดังตารางที่ 4.1 จะได้ค่า Number of transfer units (NTU) ที่คำนวณได้ แสดงดังตารางที่ 4.2 และจะได้ภาพความสัมพันธ์ของ NTU กับเวลาของตัวอย่างทั้งหมด ดังภาพที่ 4.2 ค่าเฉลี่ยจะทำให้รู้ว่าแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

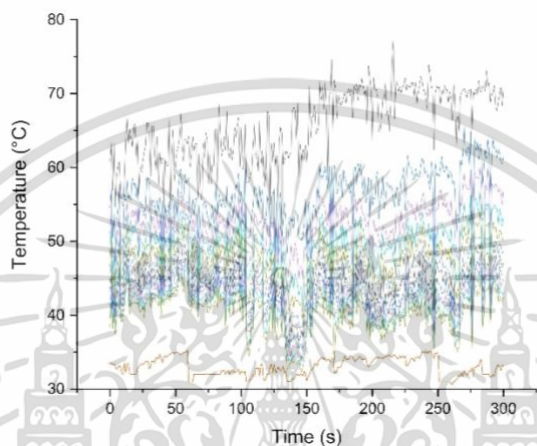
ตารางที่ 4.1 แสดงตัวอย่างลำดับขั้นตอนการคำนวณค่า NTU ของตัวอย่างน้ำมะพร้าวอ่อนแท้และปลอมปน

ตัวอย่าง(%)	0s	30s	60s	90s	120s	150s	180s	210s	240s	270s	300s
	T1 ta1	T2 ta2	T3 ta3	T4 ta4	T5 ta5	T6 ta6	T7 ta7	T8 ta8	T9 ta9	T10 ta10	T11 ta11
แท้ (เฉลี่ย)	61.9 32.7	54.4 32.7	51.2 32.7	48.9 32.7	47.1 32.7	45.6 32.7	44.3 32.7	43.2 32.7	42.2 32.7	41.3 32.7	40.4 32.7
ปลอมปน (เฉลี่ย)	69.5 33.4	58.6 33.4	53.9 33.4	50.8 33.4	48.4 33.4	46.6 33.4	44.9 33.6	43.5 33.4	42.3 33.4	41.3 33.4	40.3 33.4
ตัวอย่าง(%)	T1-T2	T2-T3	T3-T4	T4-T5	T5-T6	T6-T7	T7-T8	T8-T9	T9-T10	T10-T11	
แท้ (เฉลี่ย)	7.5	3.2	2.3	1.8	1.5	1.3	1.2	1.0	0.9	0.9	
ปลอมปน (เฉลี่ย)	10.9	4.7	3.1	2.5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.1	1.0	
ตัวอย่าง(%)	T1-ta1	T2-ta2	T3-ta3	T4-ta4	T5-ta5	T6-ta6	T7-ta7	T8-ta8	T9-ta9	T10-ta10	T11-ta11
แท้ (เฉลี่ย)	29.2	21.7	18.5	16.2	14.4	12.9	11.6	10.5	9.5	8.6	7.7
ปลอมปน (เฉลี่ย)	36.2	25.3	20.6	17.5	15.0	13.2	11.6	10.2	9.0	7.9	7.0

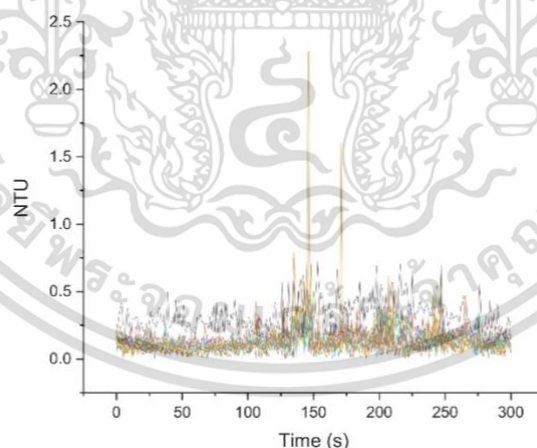
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.2 แสดงค่า Number of transfer units (NTU) ที่คำนวณได้

ตัวอย่าง(%)	NTU1	NTU2	NTU3	NTU4	NTU5	NTU6	NTU7	NTU8	NTU9	NTU10
แท่ง (เฉลี่ย)	0.30	0.16	0.13	0.12	0.12	0.11	0.11	0.11	0.12	0.15
ปลอมปน (เฉลี่ย)	0.37	0.21	0.17	0.16	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14



ภาพที่ 4.1 ความสัมพันธ์ค่าอุณหภูมิที่แตกต่างกับเวลาของตัวอย่างทั้งหมด



ภาพที่ 4.2 ความสัมพันธ์ของ NTU กับเวลาของตัวอย่างทั้งหมด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 4.2 ผลการทดลองการตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลถูกแบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ Calibration set และ Prediction set โดยข้อมูลของ Calibration มีจำนวนตัวอย่าง (Number of sample) ทั้งหมด 133 ตัวอย่าง พิสัย (Range) อยู่ในช่วง 0.5-99.5% ค่าเฉลี่ย (Mean) 50.12% และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 28.90% ข้อมูลของ Prediction มีจำนวนตัวอย่าง (Number of sample) ทั้งหมด 66 ตัวอย่าง พิสัย (Range) อยู่ในช่วง 1-98.5% ค่าเฉลี่ย (Mean) 49.75% และค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 28.79% จากตารางที่ 4.3 พบว่าทั้งสองกลุ่มตัวอย่างมีการกระจายของค่าทางเคมีใกล้เคียงกัน

ตารางที่ 4.3 ค่าสถิติของข้อมูลชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง

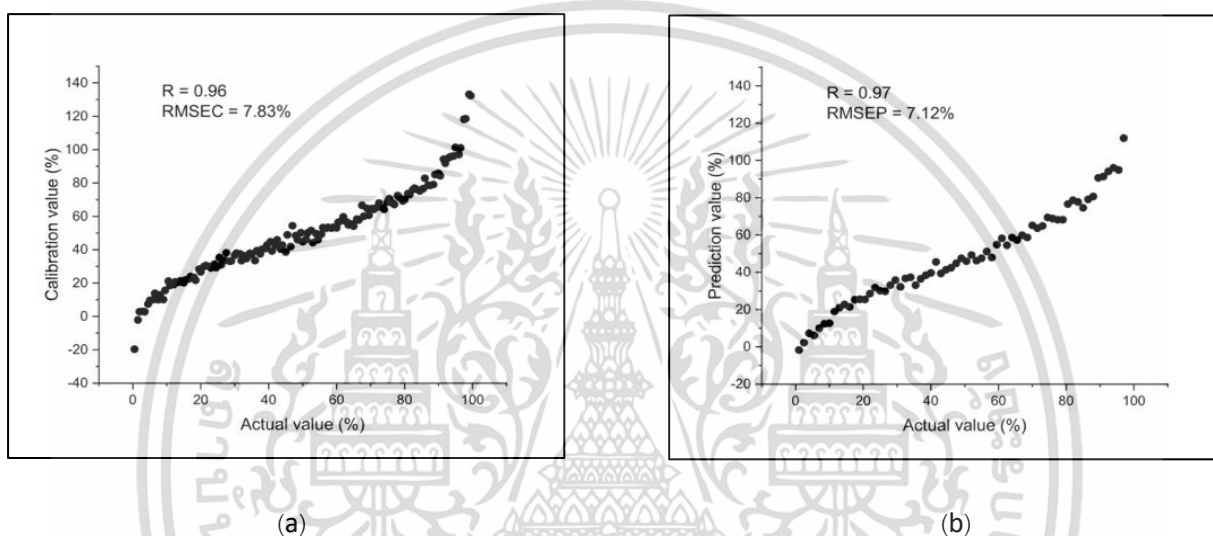
Characteristic	Item	Calibration	Prediction
Syrup% (Y)	Number of sample	133	66
	Range(%)	0.5 - 99.5	1 - 98.5
	Mean(%)	50.12	49.75
	SD(%)	28.90	28.79

ผลของความสามารถการปลอมปนของน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อนแบบจำลองการถ่ายเทความร้อนจากตารางที่ 4.4 แสดงให้เห็นว่าจำนวนน้ำเชื่อม Syrup (%) จากผลการทำนายแสดงให้เห็นว่าแบบจำลองมีความสามารถในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำเชื่อม โดยผลการทำนายข้อมูลในชุดสร้างแบบจำลอง (Calibration) ด้วยเทคนิค MLR แสดงจำนวนตัวอย่าง เท่ากับ 133 ตัวอย่าง ค่า (Rc) เท่ากับ 0.96 และค่า RMSEC เท่ากับ 7.83% และการทำนายข้อมูลในชุดทดสอบแบบจำลองแสดงจำนวนตัวอย่าง เท่ากับ 66 ตัวอย่าง ค่า (Rp) เท่ากับ 0.97 และค่า RMSEP เท่ากับ 7.12% ผลการทำนายนี้แสดงให้เห็นว่าเทคนิคการถ่ายเทความร้อนมีความสามารถในการตรวจสอบการปลอมปนของน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ภาพที่ 4.3 แสดงแผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลองและชุดทดสอบแบบจำลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 4.4 ค่าทางสถิติของข้อมูลการทำนาย Calibration และ Prediction

Parameters	Pre-treatment	F	Calibration			Prediction		
			N	$R_c$	RMSEC(%)	N	$R_p$	RMSEP(%)
Syrup (%)	Original	-	133	0.96	7.83	66	0.97	7.12



ภาพที่ 4.3 แผนภาพการกระจายตัวของผลการทำนายของชุดสร้างแบบจำลอง Calibration (a) และชุดทดสอบแบบจำลอง Prediction (b)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### สรุปผลและข้อเสนอแนะ

#### 5.1 สรุปผล

จากการศึกษาครั้งนี้ที่มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาความเป็นไปได้ในการตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน หาความสัมพันธ์ของค่า Number of transfer units (NTU) ของน้ำมะพร้าวอ่อนปลอมปนน้ำเชื่อมที่เวลาต่างๆและเพื่อสร้างแบบจำลองในการทำนายการเติมน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อนด้วยเทคนิคการถ่ายเทความร้อน ผลการศึกษาแสดงให้เห็นว่าเทคนิคการถ่ายเทความร้อนมีความสามารถในการตรวจสอบระดับการปลอมปนของน้ำเชื่อมโดยแบบจำลองที่สร้างด้วยเทคนิค MLR จากสเปกตรัมเริ่มต้นแสดงค่า  $R_c = 0.96$ ,  $RMSEC = 7.83\%$ ,  $R_p = 0.97$ ,  $RMSEP = 7.12\%$  จากผลการทดลองแสดงให้เห็นถึงความสามารถในการทำนายการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อนอย่างมีประสิทธิภาพและมีความแม่นยำสูงในการทำนาย เนื่องจากค่า R ยิ่งเข้าใกล้ 1 มากเท่าไรแสดงว่าเป็นสมการที่ดี อีกทั้งยังสามารถนำเทคนิคการถ่ายเทความร้อนมาประยุกต์ใช้ในการทำนายการตรวจสอบคุณภาพการปลอมปนน้ำผลไม้ชนิดอื่นๆได้

#### 5.2 ข้อเสนอแนะ

5.2.1 การศึกษาในช่วงการทดลองมีการใช้เวลาค่อนข้างนานจึงควรลดจำนวนตัวอย่างในการทดลองลงเพื่อให้มีเวลาในการทดลองให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น

5.2.2 ควรศึกษาเพิ่มเติมเกี่ยวกับการใช้โปรแกรมในการสร้างแบบจำลองและทดสอบประสิทธิภาพ

5.2.3 ควรควบคุมอุณหภูมิในการทดลองให้ไม่ห่างกันเกินไปในแต่ละครั้งที่แบ่งทำการทดลองเพื่อความแม่นยำในการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บรรณานุกรม

- ชมรมเพื่อนโรคไต มูลนิธิเพื่อผู้ป่วยโรคไต 2011. ตารางแสดงปริมาณโปแตสเซียมในผลไม้ [online].  
Available: [http://www.thaikidneyclub.org/home/index.php?option=com\\_content&view=article&id=116:2011-05-31-18-37-04&catid=38:2009-06-27-16-42-49&Itemid=83](http://www.thaikidneyclub.org/home/index.php?option=com_content&view=article&id=116:2011-05-31-18-37-04&catid=38:2009-06-27-16-42-49&Itemid=83)
- มะพร้าว 2010. ศูนย์สารสนเทศชุมชน มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี [online]. <http://202.28.48.140/Isaninfo/?p=185>
- รองศาสตราจารย์ วิมล ศรีสุข น้ำมะพร้าวอ่อน.....เครื่องดื่มเพื่อสุขภาพจากธรรมชาติภาควิชา  
อาหารเคมี คณะเภสัชศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหิดล
- เอกพันธ์ แก้วมณีชัย. 2556. การใช้เทคนิคสเปกโตรสโกปีอินฟราเรดย่านใกล้ในการวิเคราะห์องค์ประกอบทาง  
เคมีและการปลอมปนของน้ำตาลมะพร้าวและน้ำตาลโตนด Using near infrared spectroscopy  
analysis for determination of chemical constituents and adulterations of coconut  
and Palmyra palm sugars. มหาวิทยาลัยศิลปากร
- Bueraheng N, Suwaluck S, Radenahmad N. Effects of young coconut juice on increasing  
skin thickness, collagen size and number of hair follicle in ovariectomized rats.  
The National and International Graduate Research Conference 2016: 742-50.
- DebMandal M, Mandal S. Coconut (Cocos nucifera L.: Areaceae) : In health promotion  
and disease prevention. Asian Pacific J Trop Med 2011: 241-7.
- Effiong GS, Ebong PE, Eyong EU, Uwah AJ, Ekong UE. Amelioration of chloramphenicol  
induced toxicity in rats by coconut water. J Appl Sc Res 2010; 6(4): 331-5.
- FP Incropera & DP DeWitt 1990 Fundamentals of Heat and Mass Transfer ฉบับที่ 3 หน้า 658–  
660 Wiley, New York
- FP Incropera, DP DeWitt, TL Bergman & AS Lavine 2006 Fundamentals of Heat and Mass  
Transfer , 6th edition, pp 686–688. John Wiley & Sons US
- Gaitan-Jurado, A.J., Ortiz-Somovilla, V., Espana-Espana, F., Perez- Aparicio, J. and De Pedro-  
Sanz, E.J. (2008). Quantitative analysis of pork dry- cured sausages to quality control  
by NIR spectroscopy. Meat Science 78: 391-399.
- Lima EB, Sousa CN. Cocos nucifera (L.) (Areaceae): A phytochemical and pharmacological  
review. Braz J Med Biol Res 2015; 48(11): 953-64.
- เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนลิขสิทธิ์ไว้เพื่อใช้ในการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Mat, N. N. , Chen, G. , Jensen, T. and Mehdizadeh, S. A. ( 2013) . Prediction and classification of sugar content of sugarcane based on skin scanning using visible and shortwave near infrared. Biosystems Engineering 115(2): 154-161.

Patrick, J.W. and Offler, C.E. 2001. Compartmentation of transport and transfer events in Developing seeds. J. Exp. Bot. 52: 551-564.

Xie L., Ye, X., Liu, D. and Ying, Y. (2009). Quantification of glucose, fructose and sucrose in bayberry juice by NIR and PLS. Food Chemistry 114: 1135-1140.



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

### ตัวอย่างการคำนวณ

#### ก.1 การหาเปอร์เซ็นต์ความเข้มข้นของน้ำเชื่อมในระดับต่างๆ

สูตรการคำนวณ

$$\% \text{ความเข้มข้น} = \frac{\text{ปริมาณของตัวถูกละลาย}}{\text{ปริมาณของสารละลาย}} \times 100$$

ตัวอย่างการคำนวณ : ปริมาณของตัวถูกละลาย = 0.5g

ปริมาณของสารละลาย = 99.5g

$$\begin{aligned} \text{จะได้ว่า } \% \text{ความเข้มข้น} &= \frac{0.5}{99.5} \times 100 \\ &= 0.5\% \end{aligned}$$

#### ก.2 การหาค่าเฉลี่ย

สูตรการคำนวณ

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

โดยที่  $\bar{x}$  = ค่าเฉลี่ย

$x$  = ข้อมูล

$\sum x$  = ผลรวมของคะแนนชุดนั้น

$n$  = จำนวนของข้อมูล

#### ก.3 การหาค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน

สูตรการคำนวณ

$$S.D. = \sqrt{\sum \left( \frac{x - \bar{x}}{N-1} \right)^2}$$

โดยที่  $S.D.$  = ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของกลุ่มตัวอย่าง

$x$  = คะแนนแต่ละตัวของกลุ่มตัวอย่าง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

ไม่ว่ากรณี  $\bar{x}$  = คะแนนเฉลี่ย ถ้ามีให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$N$  = จำนวนหน่วยข้อมูลของกลุ่มตัวอย่าง

#### ก.4 การหาค่าพิสัย

สูตรการคำนวณ

$$\text{พิสัย} = \text{ค่าสูงสุด} - \text{ค่าต่ำสุด}$$

#### ก.5 การคำนวณหาค่าการถ่ายเทความร้อน (NTU)

สูตรการคำนวณ

Number of transfer units; NTU

$$= \frac{h_{av}A \cdot \Delta t}{mC_p} = \frac{(T_1 - T_2)}{[\Delta T \ln]}$$

ตัวอย่างการคำนวณ :  $T_1 = 60.85^\circ\text{C}$

$$T_2 = 54.55^\circ\text{C}$$

$$T_{a1} = 33.6^\circ\text{C}$$

$$T_{a2} = 33.6^\circ\text{C}$$

จะได้ว่า

$$\frac{h_{av}A \cdot \Delta t}{mC_p} = \frac{(T_1 - T_2)}{\left[ \frac{(T_1 - T_{a1}) - (T_2 - T_{a2})}{\ln \left( \frac{T_1 - T_{a1}}{T_2 - T_{a2}} \right)} \right]}$$

$$= \frac{(60.85 - 54.55)}{\left[ \frac{(60.85 - 33.6) - (54.55 - 33.6)}{\ln \left( \frac{60.85 - 33.6}{54.55 - 33.6} \right)} \right]}$$

$$= 0.26 \text{ NTU}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

### เครื่องมือและวิธีการ

#### ข.1 กล้องถ่ายภาพความร้อน (Thermal imaging)

กล้องถ่ายภาพความร้อน หรือ เครื่องเทอร์โมสแกน เป็นเครื่องมือวัดอุณหภูมิพื้นผิว โดยหลักการทำงาน คือ จะทำการตรวจจับการแผ่รังสีอินฟราเรด (Infrared radiation) ของวัตถุ กล้องจะแสดงผลเป็นอุณหภูมิที่วัดได้และภาพความร้อน เหมาะกับการนำไปใช้งานที่ต้องการวัดค่าความร้อนโดยไม่ต้องสัมผัสวัตถุ เช่น การตรวจสอบระบบไฟฟ้า การบำรุงรักษาเครื่องจักร การตรวจสอบคุณภาพถนนความร้อน

#### วิธีการใช้

1. กดปุ่ม ON/OFF ทางด้านขวามือของตัวเครื่องค้างไว้ประมาณ 3 วินาที จากนั้นกดปุ่ม SELECT เพื่อตั้งค่าหน่วยวัดอุณหภูมิให้เป็นองศาเซลเซียส
2. เปิดฝาปิดเลนส์ด้านหน้าตัวเครื่องแล้วนำเครื่องวางบนที่วางที่เตรียมไว้ในตำแหน่งเดียวกันตลอดการทดลองเพื่อให้ได้ผลที่แม่นยำ
3. กดปุ่มถ่ายภาพบริเวณที่จับ 2 ครั้ง เพื่อบันทึกภาพ
4. เปิดไฟล์ภาพในโปรแกรม Fluke เพื่อบันทึกภาพ และอ่านอุณหภูมิที่วัดได้
5. เมื่อใช้งานเสร็จแล้วปิดฝาเลนส์ให้เรียบร้อย และกดปุ่ม ON/OFF ค้างไว้ประมาณ 3 วินาทีเพื่อปิดเครื่อง



เอกสารนี้เป็นเอกสารสงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ค

### การใช้โปรแกรมในการวิเคราะห์

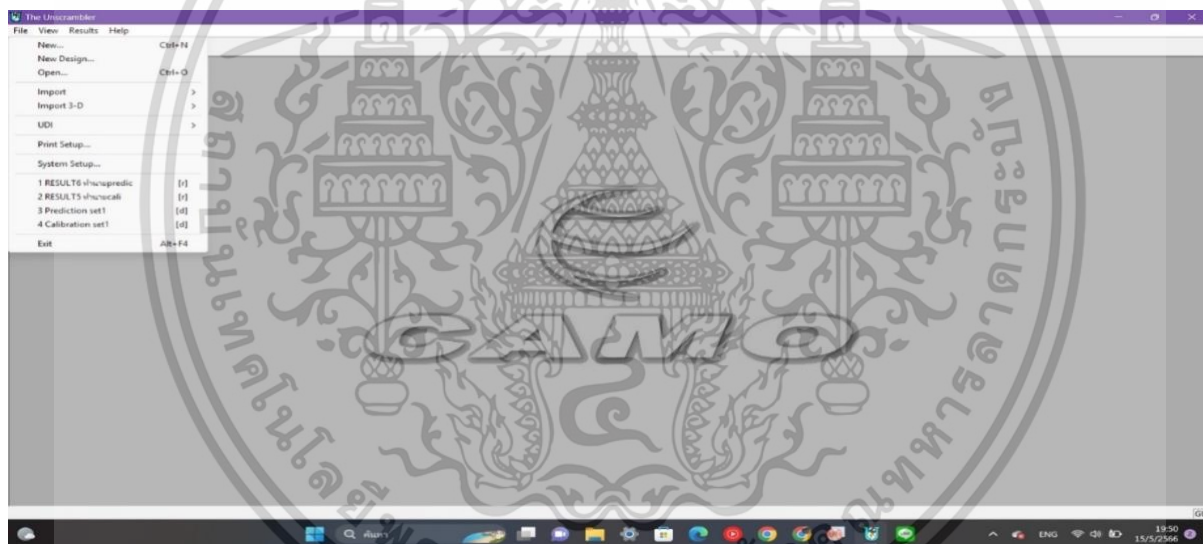
#### ค.1 โปรแกรม Unscrambler

The Unscrambler เป็นโปรแกรมที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลหลายตัวแปร (Multivariate data analysis) เพื่อเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรในชุดข้อมูลขนาดใหญ่ ซึ่งเป็นวิธีที่ง่าย แม่นยำ และรวดเร็ว โดยข้อมูลที่สามารถนำมาเข้าวิเคราะห์ด้วยโปรแกรมนี้ สามารถเป็นได้ทั้งข้อมูล spectrum หรือข้อมูลตัวเลขที่ได้ จาก chemical และ physical

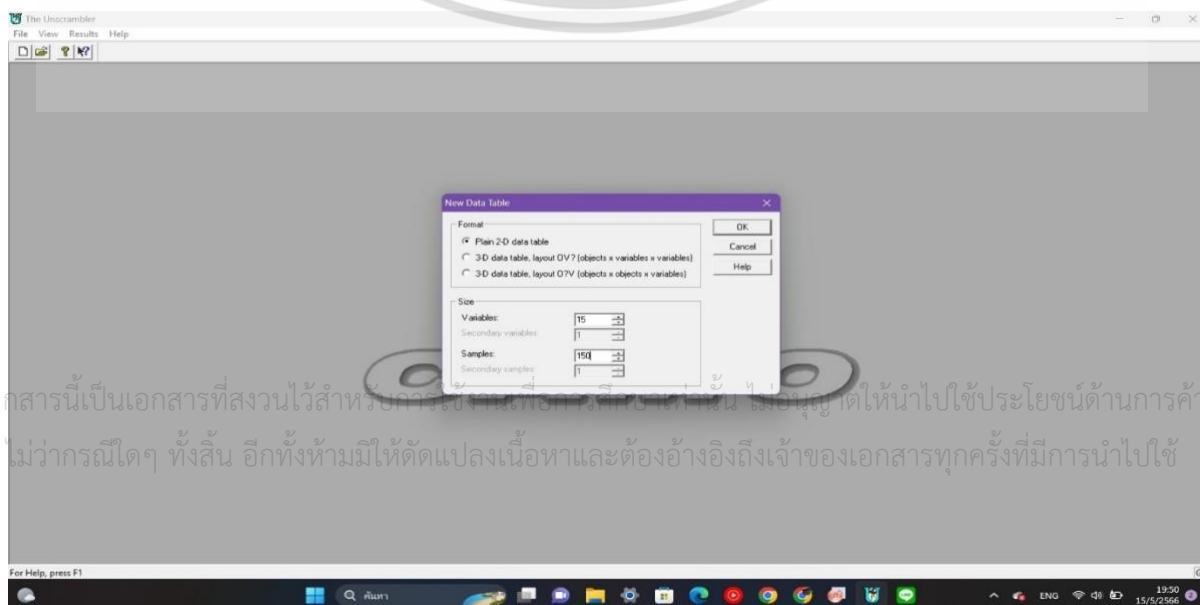
#### วิธีการใช้

1. เปิดโปรแกรม Unscrambler

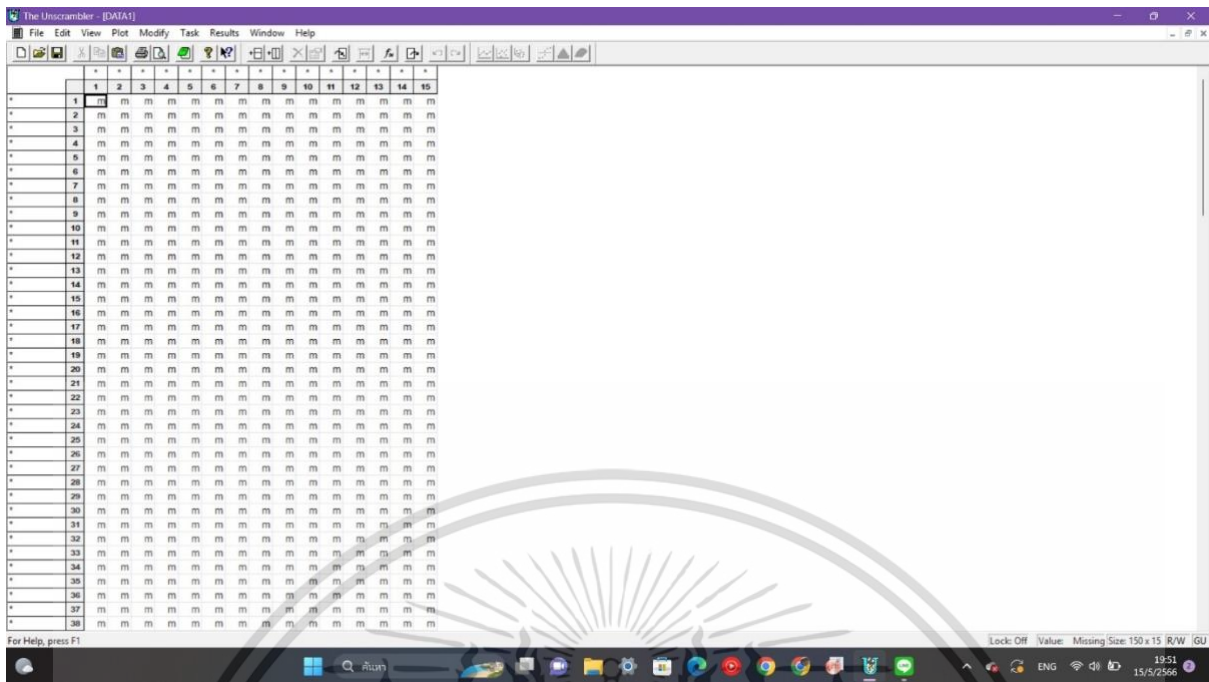
2. กด File เลือก New



3. กำหนดจำนวนแถวและคอลัมน์ตามจำนวนตัวอย่างใน excel กำหนดให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้



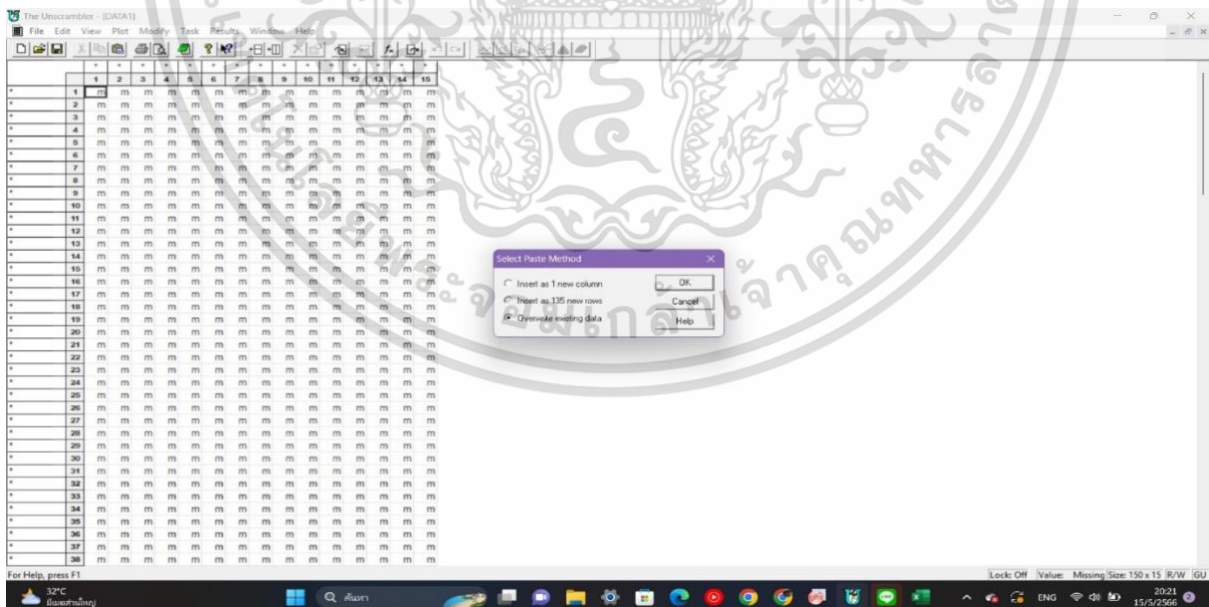
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



4. เปิด excel ข้อมูลในไฟล์ Calibration set ในกระบวนการสร้างแบบจำลองจะใช้ Calibration set เท่านั้น สำหรับ Prediction set จะเก็บไว้ใช้ตอนหลัง

5. เลือกข้อมูลใน Calibration set ข้อระวังให้เปลี่ยนชื่อแต่ละตัวอย่างให้เป็นตัวเลขก่อน จากนั้นคัดลอกทั้งหมดไปวางในโปรแกรมที่เตรียมไว้

6. คัดลอกข้อมูลจาก excel มาวางในโปรแกรม เลือก Overwrite existing data



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 7. ตรวจสอบข้อมูลคอลัมน์และแถวที่เกินไป ให้ลบออก

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	0.0000	1.1000	1.0000	2.0000	3.0000	4.0000	5.0000	5.0000	7.0000	8.0000	9.0000	10.0000			
2	1.0000	0.5000	6.0000e-02	0.2400	0.1800	0.1600	2.0000e-02	0.1500	0.1100	0.1600	0.1500	6.0000e-02	0.2200		
3	1.0000	1.5000	0.1900	0.1700	0.1300	9.0000e-02	0.1900	0.1500	0.1400	0.1600	6.0000e-02	0.2200			
4	1.0000	2.0000	0.1700	0.1700	0.1400	0.1300	0.1100	0.1100	9.0000e-02	8.0000e-02	0.1300	0.1200			
5	1.0000	3.0000	0.1700	0.1600	0.1600	0.1600	8.0000e-02	0.1200	0.1900	4.0000e-02	6.0000e-02	5.0000e-02			
6	1.0000	3.5000	0.1800	0.2200	0.1300	7.0000e-02	0.1500	0.1000	0.1700	3.0000e-02	5.0000e-02	4.0000e-02			
7	1.0000	4.5000	0.1900	0.1900	0.1800	0.1000	0.1100	8.0000e-02	0.1600	0.1400	8.0000e-02	5.0000e-02			
8	1.0000	5.0000	0.1900	0.1700	0.1800	0.1300	8.0000e-02	0.1300	7.0000e-02	9.0000e-02	0.1400	0.1900			
9	1.0000	6.0000	0.2000	0.1300	0.1900	0.1400	9.0000e-02	0.1100	9.0000e-02	0.1300	4.0000e-02	0.1100			
10	1.0000	6.5000	0.2000	0.2600	0.2600	0.1200	0.1200	0.1700	8.0000e-02	0.2100	5.0000e-02	0.1100			
11	1.0000	7.5000	0.2100	0.1500	0.1400	0.2100	8.0000e-02	0.1500	0.1100	2.0000e-02	8.0000e-02	5.0000e-02			
12	1.0000	8.0000	0.2100	0.2100	0.2800	3.0000e-02	0.1600	0.1800	7.0000e-02	0.1200	8.0000e-02	0.1100			
13	1.0000	9.0000	0.2100	0.1100	0.1300	0.1200	0.1800	6.0000e-02	0.1100	5.0000e-02	8.0000e-02	0.1100			
14	1.0000	9.5000	0.2200	0.2500	0.1500	0.2100	9.0000e-02	0.2000	5.0000e-02	0.1800	0.1000	0.1500			
15	1.0000	10.5000	0.2400	0.1600	0.1600	0.1900	5.0000e-02	0.1100	0.1000	0.1500	0.1000	0.1500			
16	1.0000	11.0000	0.2400	0.1900	9.0000e-02	0.1500	0.1000	2.0000e-02	8.0000e-02	7.0000e-02	0.1100	5.0000e-02			
17	1.0000	12.0000	0.2400	0.1800	0.1500	0.1600	0.1500	0.1000	1.0000e-02	0.1400	8.0000e-02	8.0000e-02			
18	1.0000	12.5000	0.2500	0.1700	0.1200	0.1400	0.1000	0.1200	9.0000e-02	6.0000e-02	9.0000e-02	8.0000e-02			
19	1.0000	13.5000	0.2500	0.1800	0.1200	0.1400	0.1100	0.1000	0.1000	0.1600	7.0000e-02	0.1200			
20	1.0000	14.0000	0.2500	0.1100	0.1900	0.1100	0.1600	8.0000e-02	0.1400	0.1300	0.1600	5.0000e-02			
21	1.0000	15.0000	0.2500	0.1300	0.1400	0.1900	0.1500	0.1100	0.1600	8.0000e-02	3.0000e-02	0.1000			
22	1.0000	15.0000	0.2500	0.1600	0.1900	0.1100	0.1300	0.1000	0.2100	0.1100	9.0000e-02	0.1200			
23	1.0000	15.5000	0.2500	0.1900	0.1400	0.2100	0.1400	8.0000e-02	0.1900	0.1100	0.1800	5.0000e-02			
24	1.0000	17.0000	0.2600	0.1500	0.1700	0.1500	0.1800	9.0000e-02	0.1500	0.1200	0.1400	0.1300			
25	1.0000	18.0000	0.2600	0.2100	0.1800	0.1400	0.2000	0.1100	0.1600	0.1700	8.0000e-02	0.1500			
26	1.0000	18.5000	0.2600	0.1800	0.1000	0.1100	0.1000	0.1500	0.1200	4.0000e-02	5.0000e-02	7.0000e-02			
27	1.0000	19.5000	0.2700	0.1500	0.1800	0.2300	0.1100	0.1100	7.0000e-02	0.1400	0.1000	0.1900			
28	1.0000	20.0000	0.2700	0.2200	0.1800	0.1300	0.1200	0.2400	0.1300	0.1400	8.9600	0.1500			
29	1.0000	21.0000	0.2800	0.2500	0.1800	0.1600	0.1000	0.1000	0.1500	0.1400	0.1100	8.0000e-02			
30	1.0000	21.5000	0.2800	0.1700	0.1700	0.1700	9.0000e-02	0.1100	0.1200	5.0000e-02	0.1800	5.0000e-02			
31	1.0000	22.5000	0.2900	0.2600	0.1200	0.1700	0.1100	0.1800	0.1300	0.1700	8.0000e-02	6.0000e-02			
32	1.0000	23.0000	0.2900	0.1900	0.1100	0.1200	0.1500	9.0000e-02	0.1200	0.1300	4.0000e-02	0.1600			
33	1.0000	24.0000	0.2900	0.1300	0.1900	8.0000e-02	7.0000e-02	0.1500	0.1200	0.1200	0.1900	4.0000e-02			
34	1.0000	24.0000	0.2900	0.1200	0.1300	0.2300	0.1100	2.0000e-02	0.1500	0.1400	2.0000e-02	0.1500			
35	1.0000	25.5000	0.2900	0.1900	0.2800	8.0000e-02	0.1300	8.0000e-02	0.1400	0.1200	0.1400	0.2500			
36	1.0000	26.0000	0.2900	0.1400	0.1700	0.1200	8.0000e-02	0.1700	0.1200	9.0000e-02	0.1100	5.0000e-02			
37	1.0000	27.0000	0.2900	0.3500	3.0000e-02	0.3000	6.0000e-02	0.1300	0.3400	5.0000e-02	0.2400	6.0000e-02			
38	1.0000	27.5000	0.3000	0.2800	0.1500	0.2000	0.1500	0.2000	0.1800	0.1000	0.2700	0.4000			

### 8. เลือกแถวบนสุดแล้วเลื่อนขึ้นไปบนสุด

Sort

Variable: class

Order: Ascending

Stable:

OK

Cancel

Help

Variable 2 - Properties

Name: add

Type: Non-design

Data: Continuous

OK

Cancel

Help

class	add	NTU1	NTU2	NTU3	NTU4	NTU5	NTU6	NTU7	NTU8	NTU9	NTU10	
1	1.0000	0.5000	6.0000e-02	0.2400	0.1800	0.1600	2.0000e-02	0.1600	0.1100	0.1600	0.1600	0.1500
2	1.0000	1.5000	0.1900	0.1700	0.1300	9.0000e-02	0.1800	0.1600	0.1400	0.1600	6.0000e-02	0.2200
3	1.0000	2.0000	0.1700	0.1700	0.1400	0.1300	0.1100	0.1100	9.0000e-02	8.0000e-02	0.1300	0.1200
4	1.0000	3.0000	0.1700	0.1600	0.1600	0.1600	8.0000e-02	0.1200	0.1900	4.0000e-02	6.0000e-02	5.0000e-02
5	1.0000	3.5000	0.1800	0.2200	0.1300	7.0000e-02	0.1500	0.1000	0.1700	3.0000e-02	5.0000e-02	4.0000e-02
6	1.0000	4.5000	0.1900	0.1900	0.1800	0.1000	0.1100	8.0000e-02	0.1600	0.1400	6.0000e-02	4.0000e-02
7	1.0000	5.0000	0.1900	0.1700	0.1800	0.1300	8.0000e-02	0.1300	7.0000e-02	9.0000e-02	0.1400	0.1900
8	1.0000	6.0000	0.2000	0.1300	0.1900	0.1400	9.0000e-02	0.1100	9.0000e-02	0.1300	4.0000e-02	0.1100
9	1.0000	6.5000	0.2000	0.2600	0.2800	0.1200	0.1200	0.1700	0.1100	8.0000e-02	0.2100	5.0000e-02
10	1.0000	7.5000	0.2000	0.1500	0.1400	0.2100	8.0000e-02	0.1500	0.1100	2.0000e-02	8.0000e-02	6.0000e-02
11	1.0000	8.0000	0.2100	0.2100	0.2800	3.0000e-02	0.1600	0.1800	7.0000e-02	0.1200	8.0000e-02	0.1100
12	1.0000	9.0000	0.2100	0.1100	0.1300	0.1200	0.1800	6.0000e-02	0.1100	5.0000e-02	8.0000e-02	0.1100
13	1.0000	9.5000	0.2200	0.2500	0.1500	0.2100	9.0000e-02	0.2300	5.0000e-02	0.1800	0.1000	0.1500
14	1.0000	10.5000	0.2400	0.1600	0.1600	0.1900	5.0000e-02	0.1100	0.1000	0.1500	0.1000	0.1500
15	1.0000	11.0000	0.2400	0.1900	9.0000e-02	0.1500	0.1000	2.0000e-02	8.0000e-02	7.0000e-02	0.1100	5.0000e-02
16	1.0000	12.0000	0.2400	0.1800	0.1500	0.1600	0.1000	0.1000	1.0000e-02	0.1400	8.0000e-02	8.0000e-02
17	1.0000	12.5000	0.2500	0.1700	0.1400	0.1200	0.1000	0.1200	9.0000e-02	6.0000e-02	9.0000e-02	8.0000e-02
18	1.0000	13.5000	0.2500	0.1800	0.1200	0.1400	0.1100	0.1000	0.1000	0.1600	7.0000e-02	0.1200
19	1.0000	14.0000	0.2500	0.1100	0.1900	0.1100	0.1600	8.0000e-02	0.1400	0.1300	0.1600	5.0000e-02
20	1.0000	15.0000	0.2500	0.1300	0.1400	0.1900	0.1500	0.1100	0.1600	8.0000e-02	3.0000e-02	0.1000
21	1.0000	15.5000	0.2500	0.1800	0.1100	0.1000	0.1300	0.1000	0.2100	0.1100	8.0000e-02	0.1200
22	1.0000	16.5000	0.2500	0.1900	0.1400	0.2100	0.1400	8.0000e-02	0.1900	0.1100	0.1800	5.0000e-02
23	1.0000	17.0000	0.2600	0.1500	0.1700	0.1500	0.1800	9.0000e-02	0.1500	0.1200	0.1400	0.1300
24	1.0000	18.0000	0.2600	0.2100	0.1800	0.1400	0.2000	0.1100	0.1600	0.1700	8.0000e-02	0.1500
25	1.0000	18.5000	0.2900	0.1800	0.1000	0.1100	0.1000	0.1500	0.1200	4.0000e-02	5.0000e-02	7.0000e-02
26	1.0000	19.0000	0.2900	0.1900	0.2200	0.1400	0.2200	0.1100	7.0000e-02	0.1300	0.1000	0.1100
27	1.0000	20.0000	0.2700	0.2200	0.1700	0.1200	0.1700	0.1200	0.2400	0.1400	0.1600	0.1100
28	1.0000	21.0000	0.2800	0.2500	0.1800	0.1800	0.1000	0.1000	0.1500	0.1500	0.1100	8.0000e-02
29	1.0000	21.5000	0.2800	0.1700	0.1700	0.1700	9.0000e-02	0.1100	0.1200	5.0000e-02	0.1800	5.0000e-02
30	1.0000	22.5000	0.2900	0.1900	0.1700	0.1700	0.1000	0.1300	0.1300	0.1700	8.0000e-02	6.0000e-02
31	1.0000	23.0000	0.2900	0.1900	0.1100	0.1100	0.1200	0.1500	9.0000e-02	0.1200	0.1300	0.1500
32	1.0000	24.0000	0.2900	0.1300	0.1800	8.0000e-02	7.0000e-02	0.1000	0.1300	0.1200	0.1600	4.0000e-02
33	1.0000	24.5000	0.2900	0.1100	0.1200	0.1300	0.1100	2.0000e-02	0.1500	0.1400	2.0000e-02	0.1000
34	1.0000	25.0000	0.2900	0.1900	0.2800	8.0000e-02	0.1300	8.0000e-02	0.1400	0.1200	0.1400	0.2500
35	1.0000	25.0000	0.2900	0.1400	0.1700	0.1200	8.0000e-02	0.1700	0.1200	9.0000e-02	0.1100	8.0000e-02
36	1.0000	27.0000	0.3000	0.3500	3.0000e-02	0.3000	6.0000e-02	0.1300	0.3400	5.0000e-02	0.2400	6.0000e-02
37	1.0000	27.5000	0.3000	0.2800	0.1500	0.2000	0.1500	0.2000	0.1800	0.1000	0.2700	0.4000
38	1.0000	28.5000	0.3000	0.2200	0.1500	0.1100	0.1600	3.0000e-02	7.0000e-02	0.1800	0.1200	0.1100

10. ทำแบบเดียวกันทั้ง Calibration set และ Prediction set

11. ทำการสร้างแบบจำลอง เลือกกำหนดตัวแปร ให้ตัวแปรนั้นเป็น Y (ตัวแปรตาม)

class	add	NTU1	NTU2	NTU3	NTU4	NTU5	NTU6	NTU7	NTU8	NTU9	NTU10	
1	1.0000	0.5000	6.0000e-02	0.2400	0.1800	0.1600	2.0000e-02	0.1600	0.1100	0.1600	0.1600	0.1500
2	1.0000	1.5000	0.1900	0.1700	0.1300	9.0000e-02	0.1800	0.1600	0.1400	0.1600	6.0000e-02	0.2200
3	1.0000	2.0000	0.1700	0.1700	0.1400	0.1300	0.1100	0.1100	9.0000e-02	8.0000e-02	0.1300	0.1200
4	1.0000	3.0000	0.1700	0.1600	0.1600	0.1600	8.0000e-02	0.1200	0.1900	4.0000e-02	6.0000e-02	5.0000e-02
5	1.0000	3.5000	0.1800	0.2200	0.1300	7.0000e-02	0.1500	0.1000	0.1700	3.0000e-02	5.0000e-02	4.0000e-02
6	1.0000	4.5000	0.1900	0.1900	0.1800	0.1000	0.1100	8.0000e-02	0.1600	0.1400	6.0000e-02	4.0000e-02
7	1.0000	5.0000	0.1900	0.1700	0.1800	0.1300	8.0000e-02	0.1300	7.0000e-02	9.0000e-02	0.1400	0.1900
8	1.0000	6.0000	0.2000	0.1300	0.1900	0.1400	9.0000e-02	0.1100	9.0000e-02	0.1300	4.0000e-02	0.1100
9	1.0000	6.5000	0.2000	0.2600	0.2800	0.1200	0.1200	0.1700	0.1100	8.0000e-02	0.2100	5.0000e-02
10	1.0000	7.5000	0.2000	0.1500	0.1400	0.2100	8.0000e-02	0.1500	0.1100	2.0000e-02	8.0000e-02	6.0000e-02
11	1.0000	8.0000	0.2100	0.2100	0.2800	3.0000e-02	0.1600	0.1800	7.0000e-02	0.1200	8.0000e-02	0.1100
12	1.0000	9.0000	0.2100	0.1100	0.1300	0.1200	0.1800	6.0000e-02	0.1100	5.0000e-02	8.0000e-02	0.1100
13	1.0000	9.5000	0.2200	0.2500	0.1500	0.2100	9.0000e-02	0.2300	5.0000e-02	0.1800	0.1000	0.1500
14	1.0000	10.5000	0.2400	0.1600	0.1600	0.1900	5.0000e-02	0.1100	0.1000	0.1500	0.1000	0.1500
15	1.0000	11.0000	0.2400	0.1900	9.0000e-02	0.1500	0.1000	2.0000e-02	8.0000e-02	7.0000e-02	0.1100	5.0000e-02
16	1.0000	12.0000	0.2400	0.1800	0.1500	0.1600	0.1000	0.1000	1.0000e-02	0.1400	8.0000e-02	8.0000e-02
17	1.0000	12.5000	0.2500	0.1700	0.1400	0.1200	0.1000	0.1200	9.0000e-02	6.0000e-02	9.0000e-02	8.0000e-02
18	1.0000	13.5000	0.2500	0.1800	0.1200	0.1400	0.1100	0.1000	0.1000	0.1600	7.0000e-02	0.1200
19	1.0000	14.0000	0.2500	0.1100	0.1900	0.1100	0.1600	8.0000e-02	0.1400	0.1300	0.1600	5.0000e-02
20	1.0000	15.0000	0.2500	0.1300	0.1400	0.1900	0.1500	0.1100	0.1600	8.0000e-02	3.0000e-02	0.1000
21	1.0000	15.5000	0.2500	0.1800	0.1100	0.1000	0.1300	0.1000	0.2100	0.1100	8.0000e-02	0.1200
22	1.0000	16.5000	0.2500	0.1900	0.1400	0.2100	0.1400	8.0000e-02	0.1900	0.1100	0.1800	5.0000e-02
23	1.0000	17.0000	0.2600	0.1500	0.1700	0.1500	0.1800	9.0000e-02	0.1500	0.1200	0.1400	0.1300
24	1.0000	18.0000	0.2600	0.2100	0.1800	0.1400	0.2000	0.1100	0.1600	0.1700	8.0000e-02	0.1500
25	1.0000	18.5000	0.2900	0.1800	0.1000	0.1100	0.1000	0.1500	0.1200	4.0000e-02	5.0000e-02	7.0000e-02
26	1.0000	19.0000	0.2900	0.1900	0.2200	0.1400	0.2200	0.1100	7.0000e-02	0.1300	0.1000	0.1100
27	1.0000	20.0000	0.2700	0.2200	0.1700	0.1200	0.1700	0.1200	0.2400	0.1400	0.1600	0.1100
28	1.0000	21.0000	0.2800	0.2500	0.1800	0.1800	0.1000	0.1000	0.1500	0.1500	0.1100	8.0000e-02
29	1.0000	21.5000	0.2800	0.1700	0.1700	0.1700	9.0000e-02	0.1100	0.1200	5.0000e-02	0.1800	5.0000e-02
30	1.0000	22.5000	0.2900	0.2900	0.1200	0.1700	0.1000	0.1300	0.1300	0.1700	8.0000e-02	6.0000e-02
31	1.0000	23.0000	0.2900	0.1900	0.1100	0.1100	0.1200	0.1500	9.0000e-02	0.1200	0.1300	0.1500
32	1.0000	24.0000	0.2900	0.1300	0.1800	8.0000e-02	7.0000e-02	0.1000	0.1300	0.1200	0.1600	4.0000e-02
33	1.0000	24.5000	0.2900	0.1100	0.1200	0.1300	0.1100	2.0000e-02	0.1500	0.1400	2.0000e-02	0.1000
34	1.0000	25.0000	0.2900	0.1900	0.2800	8.0000e-02	0.1300	8.0000e-02	0.1400	0.1200	0.1400	0.2500
35	1.0000	25.0000	0.2900	0.1400	0.1700	0.1200	8.0000e-02	0.1700	0.1200	9.0000e-02	0.1100	8.0000e-02
36	1.0000	27.0000	0.3000	0.3500	3.0000e-02	0.3000	6.0000e-02	0.1300	0.3400	5.0000e-02	0.2400	6.0000e-02
37	1.0000	27.5000	0.3000	0.2800	0.1500	0.2000	0.1500	0.2000	0.1800	0.1000	0.2700	0.4000
38	1.0000	28.5000	0.3000	0.2200	0.1500	0.1100	0.1600	3.0000e-02	7.0000e-02	0.1800	0.1200	0.1100

14. เพิ่มตัวแปร เลือก Variable set และกด Add

The dialog box 'Set Editor' is open, showing a list of variable sets. The 'Name' column contains 'Data Type: Size: Interval'. The 'Add' button is highlighted. The background shows the same data table as in the previous screenshots.

เอกสารนี้เป็นทรัพย์สินทางปัญญาของมหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี การใช้งานเพื่อการศึกษานับว่าได้รับอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 15. ใส่ชื่อ เลือกคอลัมน์ให้ตรงในตาราง (Y)

The screenshot shows the 'The Unscrambler - [DATA1]' window. The main data table has columns: class, add, NTU1, NTU2, NTU3, NTU4, NTU5, NTU6, NTU7, NTU8, NTU9, NTU10. A 'New Variable Set' dialog box is open, showing the 'General' tab with 'Name' set to 'add' and 'Data type' set to 'Non-Spectra'. The 'Interval' is set to '1 through 12'. The 'Special intervals' section has 'All variables' selected. The 'Interaction and square effects' section is empty.

## 16. เพิ่มตัวแปรอิสระ เลือก Variable set และกด Add

The screenshot shows the 'The Unscrambler - [DATA1]' window. The main data table is the same as in the previous screenshot. A 'Set Editor' dialog box is open, showing a list of variable sets. The 'Name' column contains 'add' and 'Non-Spectra'. The 'Data type' column contains 'Non-Spectra'. The 'Interval' column contains '1,2'. The 'Add' button is highlighted.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 17. ใส่ชื่อ เลือกคอลัมน์ให้ตรงในตาราง (x)

The screenshot shows the 'The Unscrambler - [DATA1]' software window. The main window displays a data table with columns labeled 'class', 'add', and 'NTU1' through 'NTU10'. A 'New Variable Set' dialog box is open, showing the 'General' tab. The 'Name' field is set to 'NTU', the 'Data type' is 'Spectra', and the 'Interval' is set to '3-12'. The 'Special intervals' section has 'All variables' selected. The 'Interaction and square effects' section is also visible.

## 18. จะเห็นในลิสต์ว่าตัวแปรถูกกำหนดไว้แล้ว กด OK

The screenshot shows the 'The Unscrambler - [DATA1]' software window. The main window displays the same data table as in the previous screenshot. A 'Set Editor' dialog box is open, showing a list of variable sets. The 'Name' field is set to 'NTU', the 'Data Type' is 'Spectra', and the 'Interval' is '3-12'. The 'Set Editor' dialog box has 'OK' and 'Cancel' buttons.

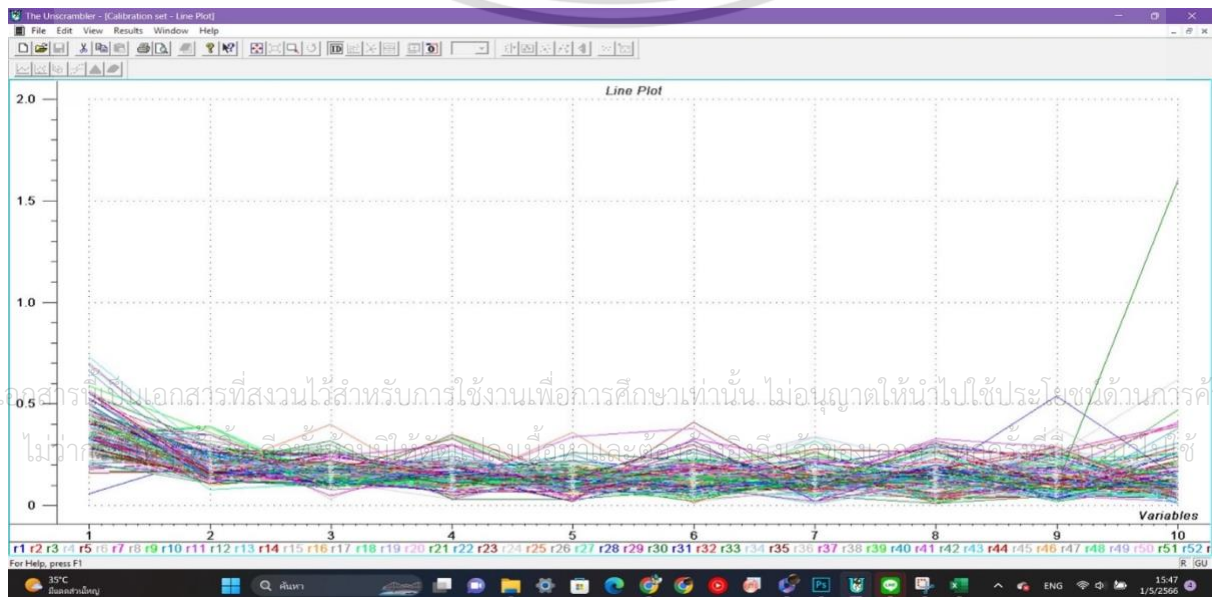
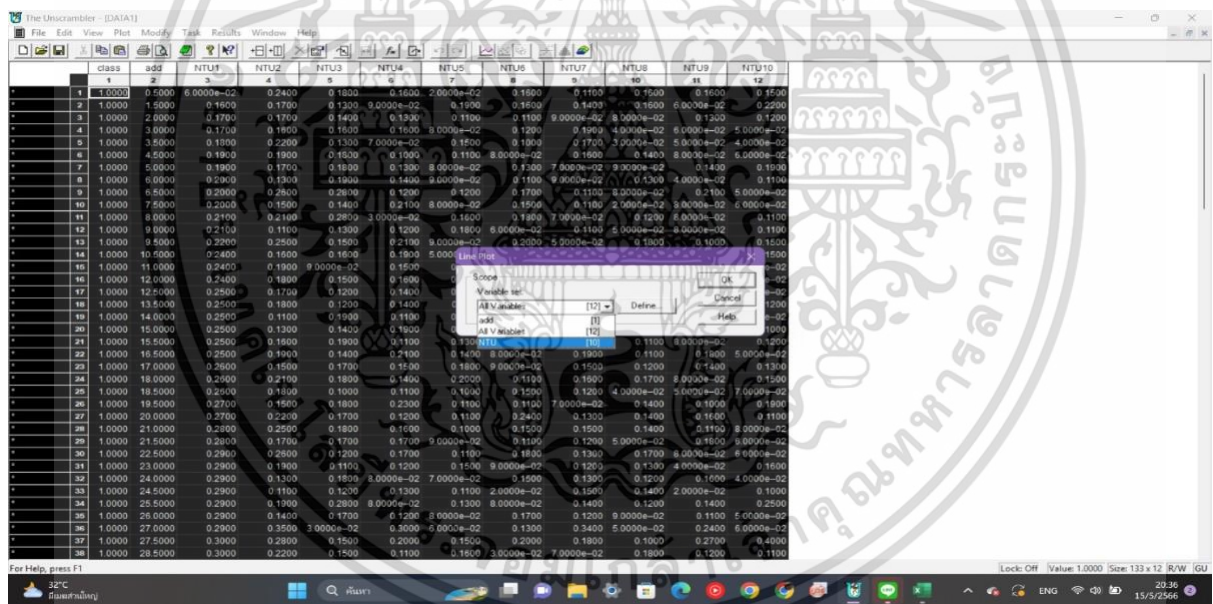
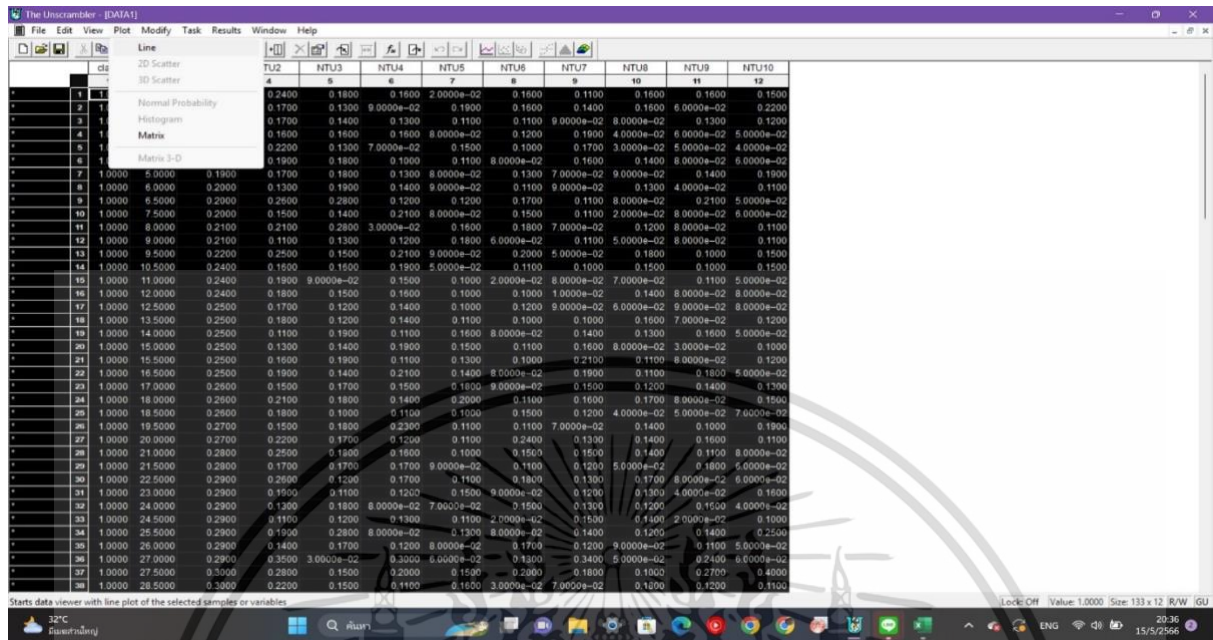
## 19. บันทึกไฟล์ข้อมูลดิบไว้ Save as กด Calibration set

## 20. ทำเช่นเดียวกัน กำหนด ค่าตัวแปร Y และ X สำหรับไฟล์ Prediction set

## 21. ดูกราฟเพื่อตรวจดูว่ามี Outlier ไหมแล้วปิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

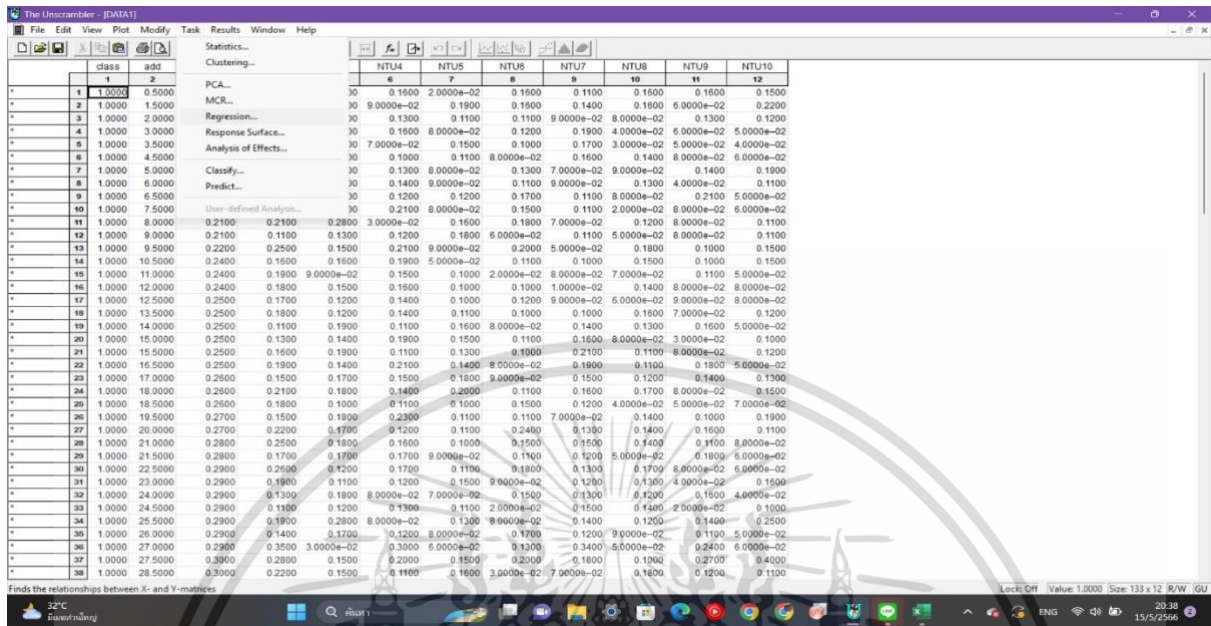
## 22. เลือกข้อมูล กตแถว1 และกตช่องว่างเหนือเลข1 แถบค่าจะขึ้นตามรูป กตPlot และกต Line ดูตัวแปรอิสระ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษเท่านั้น ไม่อนุญาตให้拿去ใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ทำ

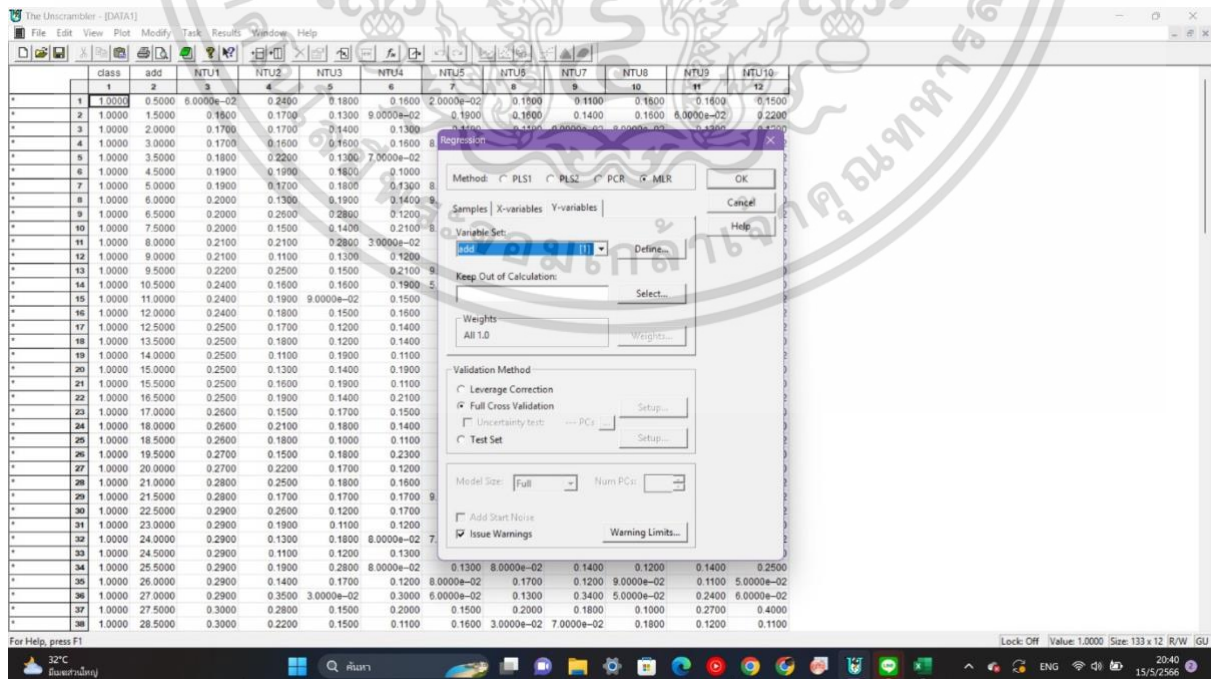
23. ทำ Regression สร้างแบบจำลอง

24. กด Task เลือก Regression



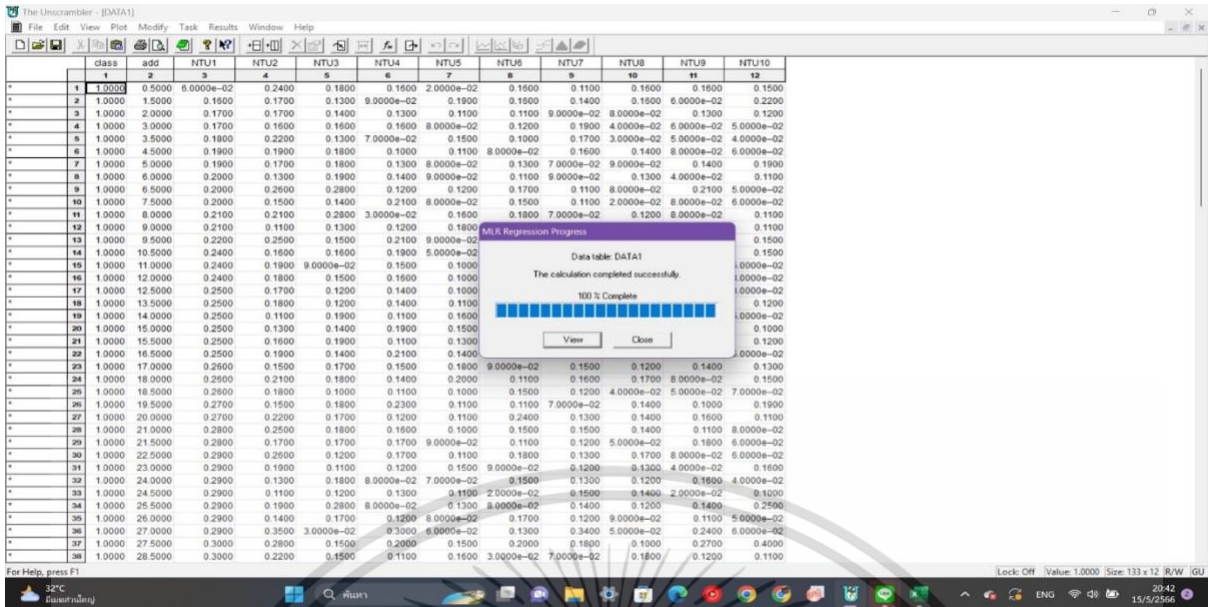
- 25. กด MLR → Sample เลือก All sample
- X-variables เลือก ตัวแปรอิสระ
- Y- variables เลือก ตัวแปรตาม

เลือก Full Cross validation กด OK

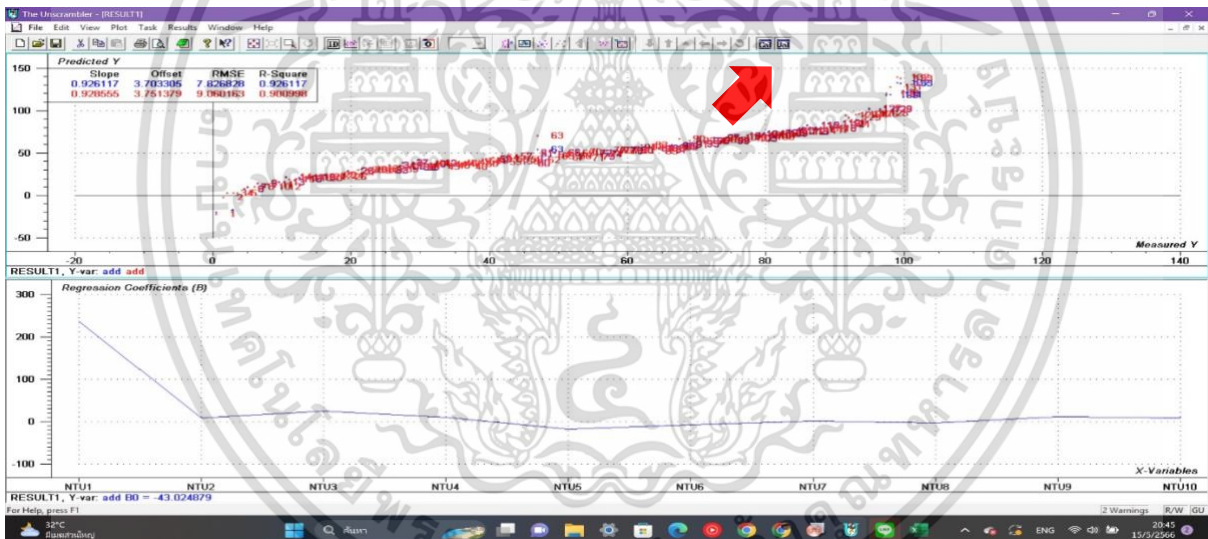


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอญูดให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า

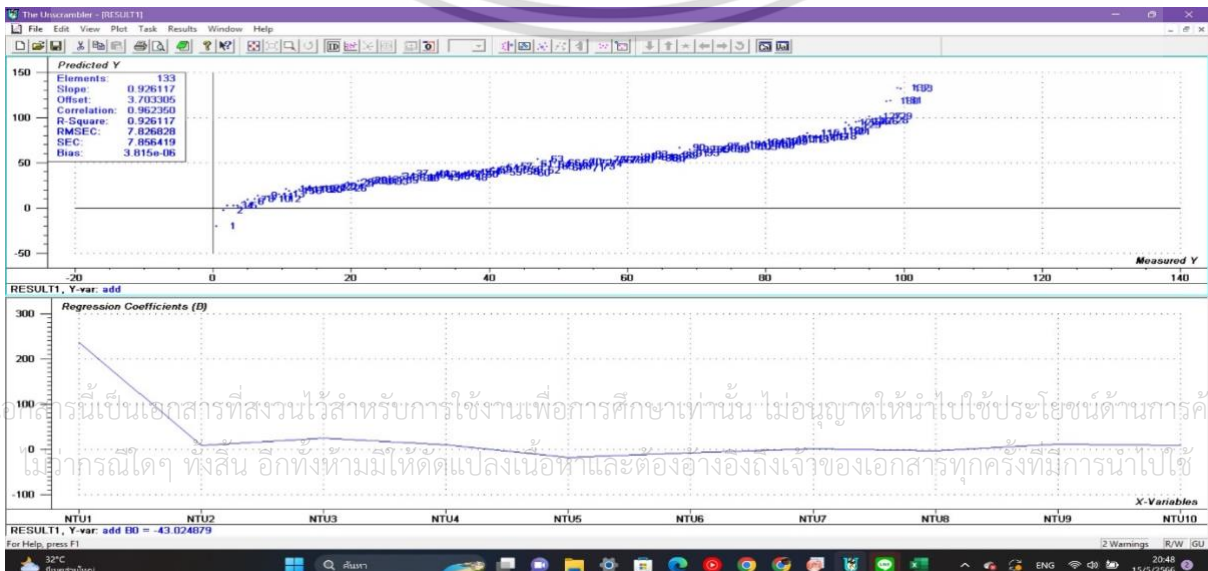
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



26. ดูผลวิเคราะห์ที่ช่อง 1 (ด้านบน) สีน้ำเงิน คือ ผลของสมการ Calibration สีแดงคือ ผลของ Validation เลือกกด Cal หรือ Val

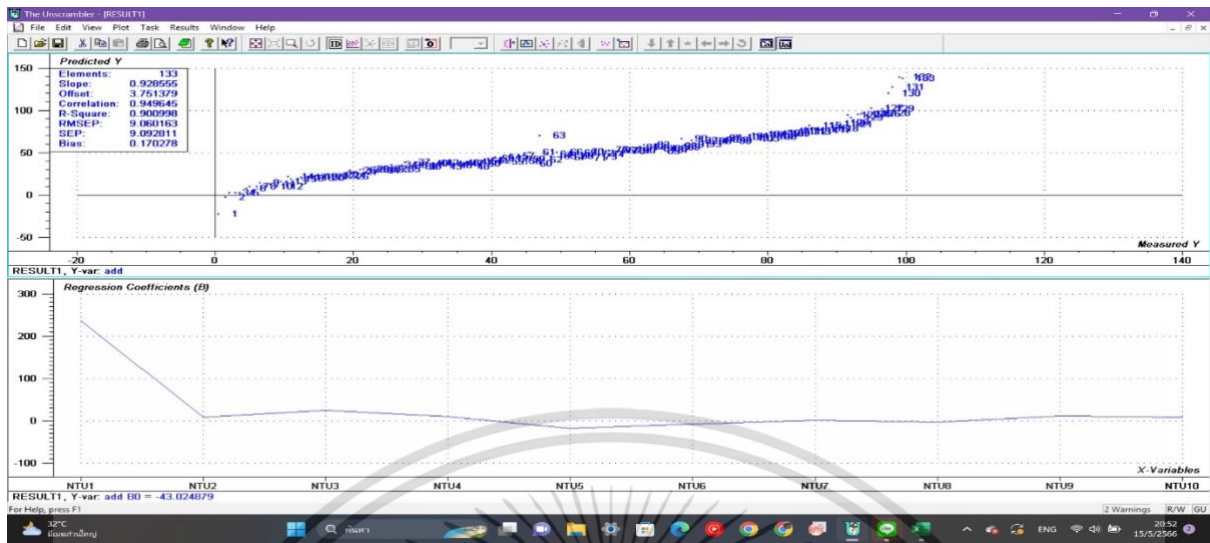


27. แสดงผลวิเคราะห์ ทางสถิติ ผล calibration

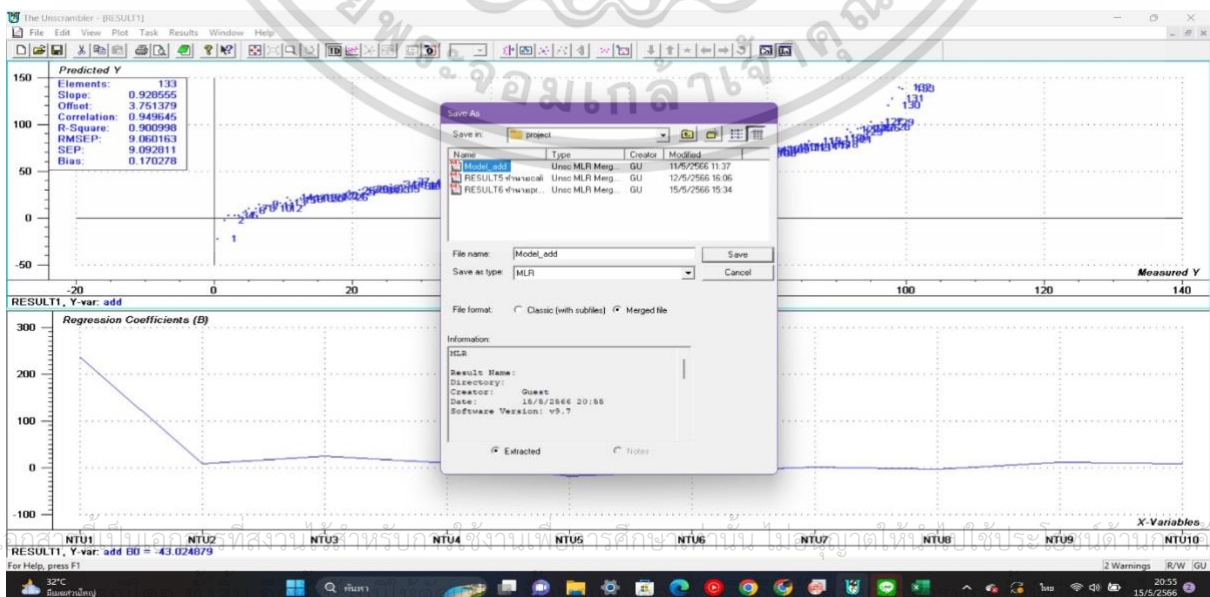
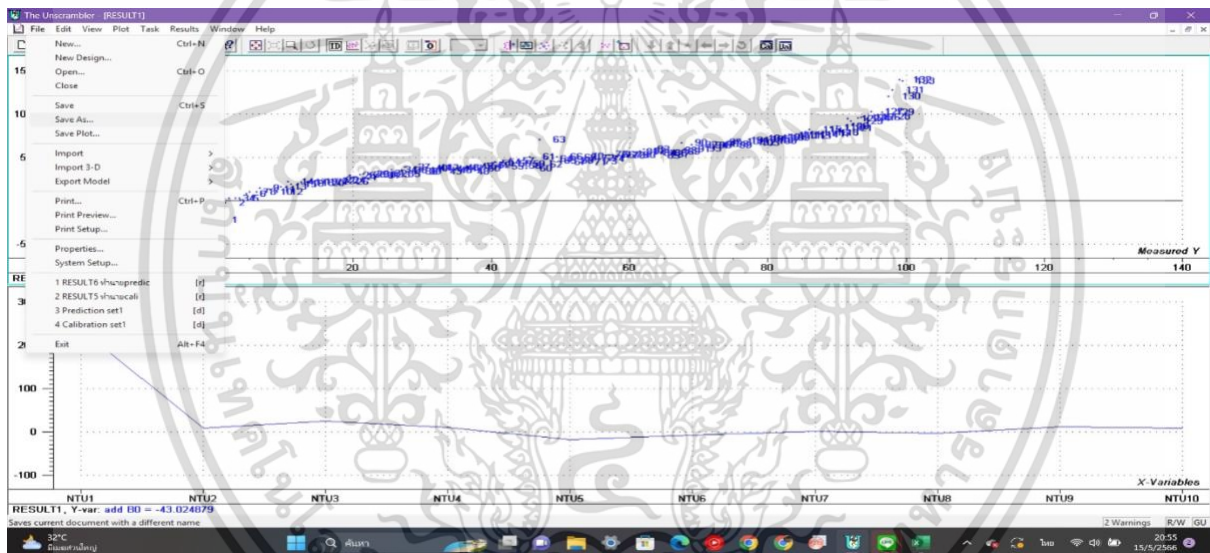


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 วิศวกรรมใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามเผยแพร่ต่อแหล่งอื่นและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

28. แสดงผลวิเคราะห์ ทางสถิติ ผล validation

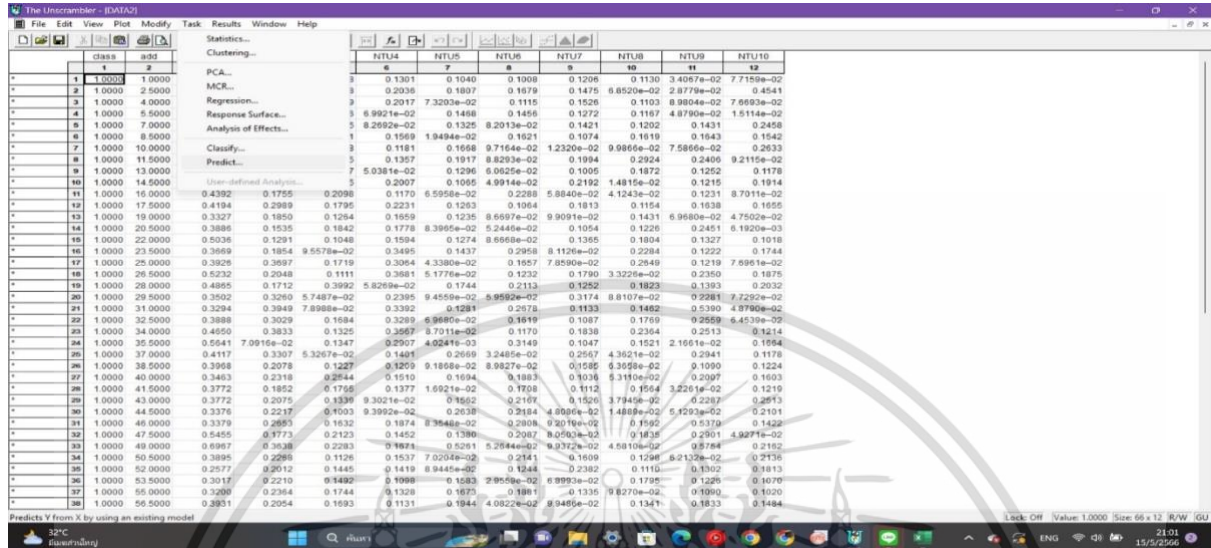


29. กด save as แล้วตั้งชื่อแบบจำลอง

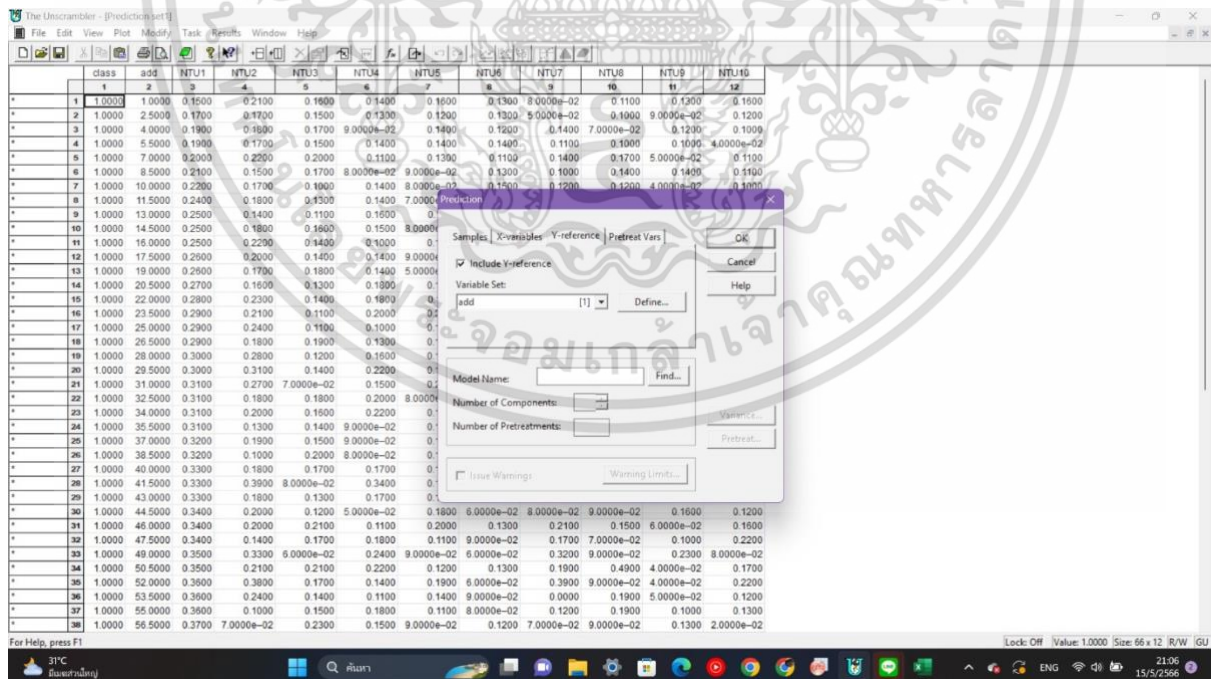


30. การทดสอบแบบจำลอง ด้วย Prediction set เปิดไฟล์ Prediction set ที่ทำไว้ใน Unscrambler ทำ pretreatment ให้เหมือนกับที่สร้างแบบจำลอง

31. กด Task เลือก Predict



- 32. กด Sample เลือก All sample
- X-variables เลือก X
- Y-variables กด Include-Y reference เลือก Y



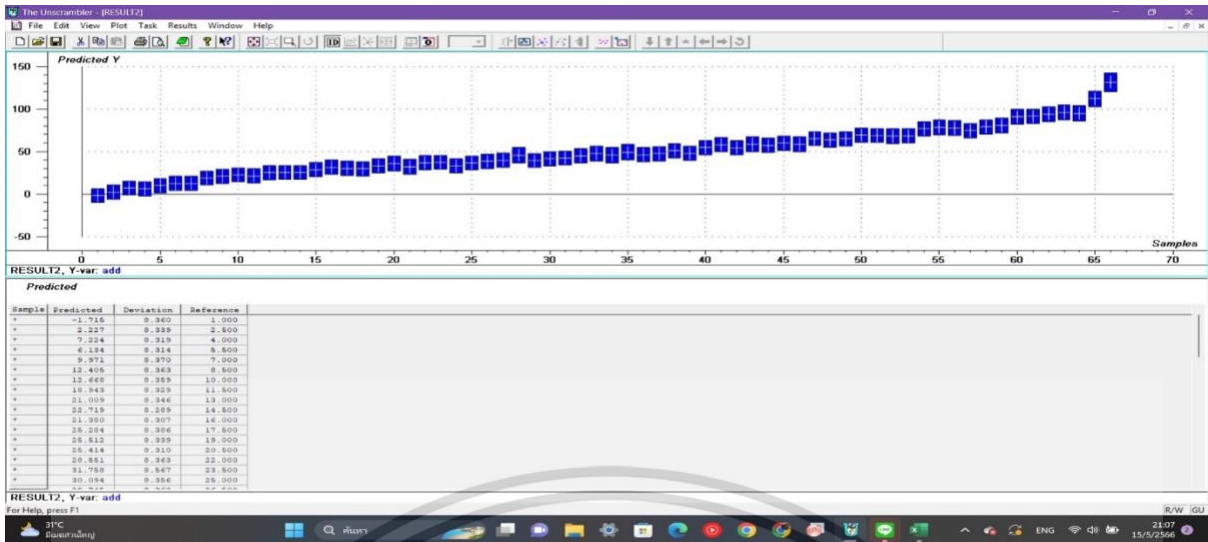
33. กด Find เลือกแบบจำลองที่ทำเก็บไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

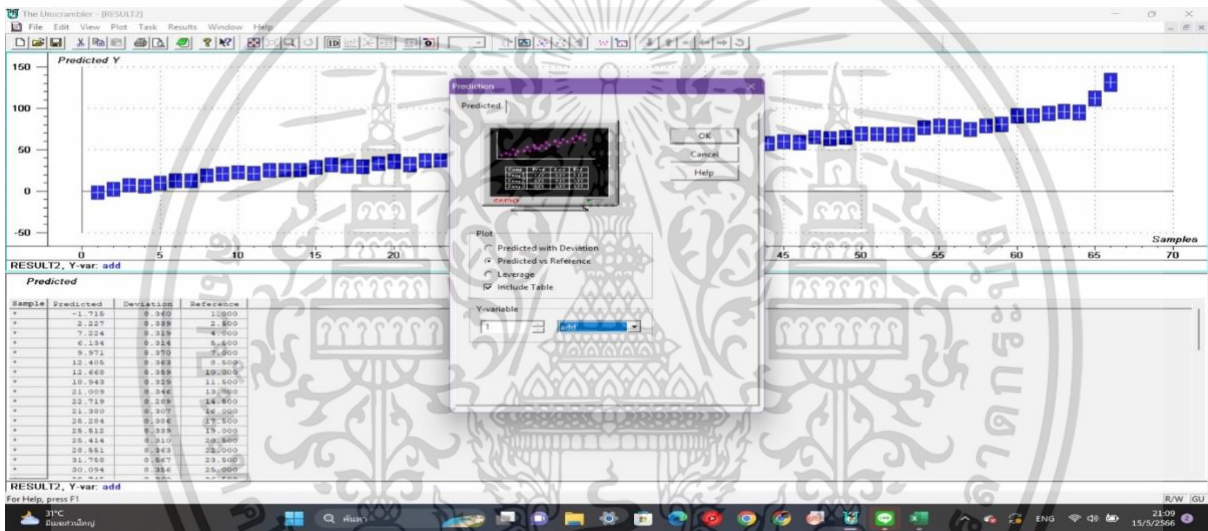
The screenshot shows the 'The Unscrambler - [Prediction set]' window. The main area contains a data table with columns labeled 'class', 'add', 'NTU1' through 'NTU10'. A dialog box titled 'Get Model with 10 X-Variables and 1 Y-Variables' is open, showing a list of models. The 'Model\_add' model is selected. Below the list, there are fields for 'File name' (Model\_add) and 'Models of type' (MLR). The 'Information' section shows details for the selected model, including 'Result Name: MODEL\_ADD', 'Directory: C:\DEBAS\ASUS\ENBOOK\ONEDI', 'Creator: Guest', 'Date: 11/5/2566 11:37', and 'Software Version: v9.7'. The status bar at the bottom indicates 'Lock: Off Value: 1.0000 Size: 66 x 12 R/W GU' and the system tray shows the date '15/5/2566'.

This screenshot shows the same data table as the previous one. A dialog box titled 'Samples X-variables | Y-reference | Pretreat Vari' is open. It has a 'Variable Set' dropdown menu with 'NTU1' selected. There are 'OK', 'Cancel', and 'Help' buttons. The status bar at the bottom shows 'Lock: Off Value: 1.0000 Size: 66 x 12 R/W GU' and the system tray shows '21:07 15/5/2566'.

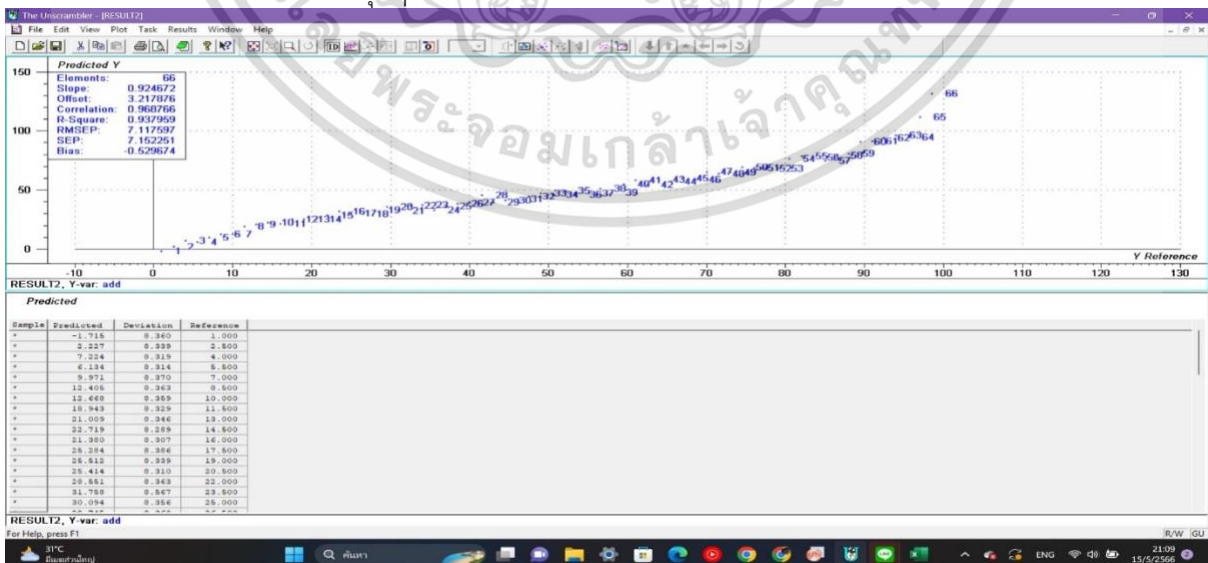
The screenshot shows the data table with a 'Prediction Progress' dialog box open. The dialog box contains the text 'Data table: Prediction set' and 'The calculation completed successfully.' Below this is a progress bar that is 100% complete. There are 'View' and 'Close' buttons. The status bar at the bottom shows 'Lock: Off Value: 1.0000 Size: 66 x 12 R/W GU' and the system tray shows '21:07 15/5/2566'. There is a large watermark in the background that reads 'มหาวิทยาลัยเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี'.



34. กด Plot เล็ก Prediction และกด Predicted vs Reference



35. ได้ผลวิเคราะห์ ทางสถิติในกลุ่ม predictionset



36. นำข้อมูลที่ได้ทั้ง Calibration set และ Prediction set กรอกใส่ในตารางที่กำหนดไว้  
 ไม่ว่าจะรันใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

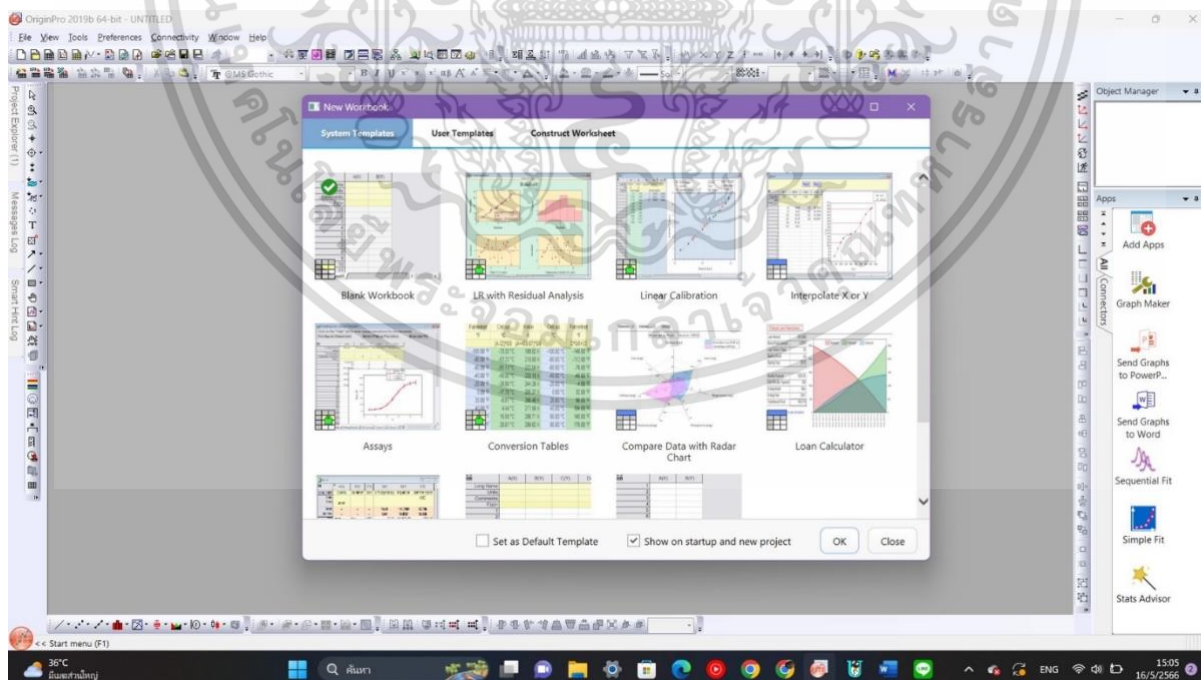
## ค.2 โปรแกรม OriginPro 2019

OriginPro 2019 เป็นโปรแกรมสำหรับสร้างกราฟและวิเคราะห์ข้อมูลแบบ interactive พัฒนาโดย OriginLab Corporation เพื่อใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลและพื้นที่ทำงานกราฟสำหรับนักวิทยาศาสตร์และวิศวกร โดยในโปรแกรม OriginPro มีชุดเครื่องมือที่ครอบคลุมสำหรับนักวิทยาศาสตร์และวิศวกรในทุกระดับทางเทคนิคเพื่อวิเคราะห์กราฟและสิ่งพิมพ์ โปรแกรมสามารถใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในหลายประเภทสถิติ รวมถึง การวิเคราะห์ peak analysis, การประมวลผลสัญญาณ (signal processing), การปรับเส้นโค้ง (curve fitting) และอื่น ๆ มีคุณสมบัติทั้งหมดของ Origin รวมถึงเครื่องมือวิเคราะห์เพิ่มเติมเครื่องมือสร้างกราฟและเครื่องมือพัฒนามากมาย

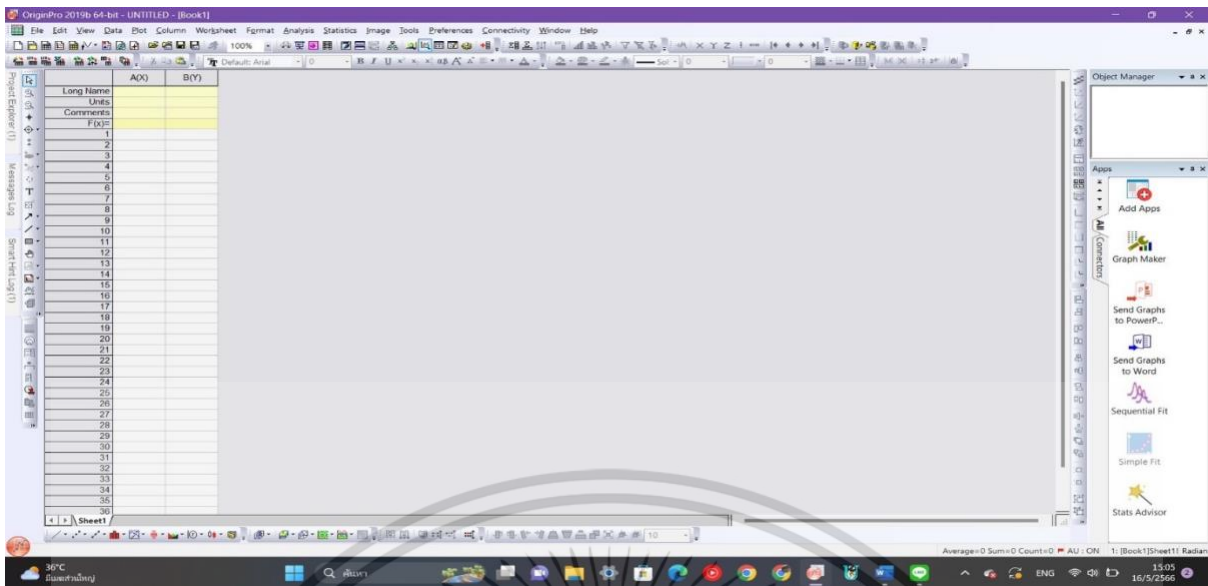
โปรแกรม OriginPro สามารถนำเข้าและส่งออกข้อมูลจากไปยังรูปแบบต่างๆรวมถึงรูปแบบ excel, รูปแบบข้อความ, SPC, NetCDF, JPEG, TIFF, PNG, GIF และอื่น ๆ สนับสนุนประเภทพล็อต 2D / 3D ที่หลากหลายรองรับรูปแบบไฟล์ทั่วไปมากมายสำหรับการนำเข้าและส่งออก การสนับสนุนการประมวลผลแบบแบตช์และนำเสนอเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพสำหรับความต้องการด้านการวิเคราะห์ต่าง ๆ นอกจากนี้ยังมีการวิเคราะห์และสร้างกราฟเพิ่มเติม เหมเพลต และรายงานที่กำหนดเองรวมถึงการสนับสนุนการประมวลผลแบทช์และการเขียนโปรแกรม

### วิธีการใช้

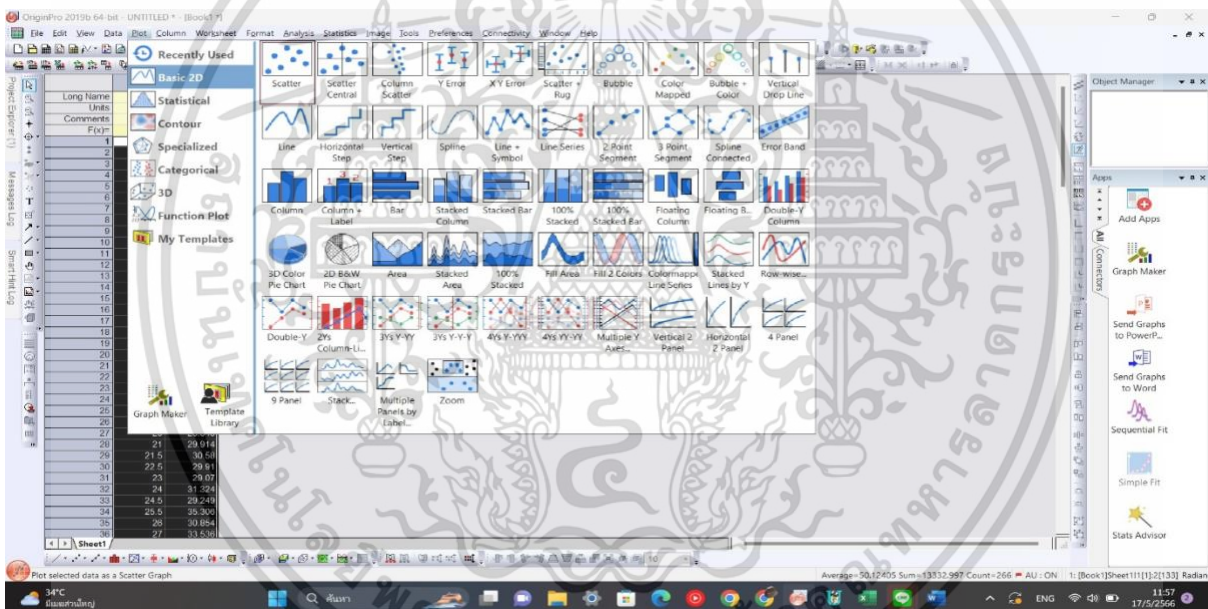
#### 1. เปิดโปรแกรม OriginPro 2019 เลือก Blank Workbook



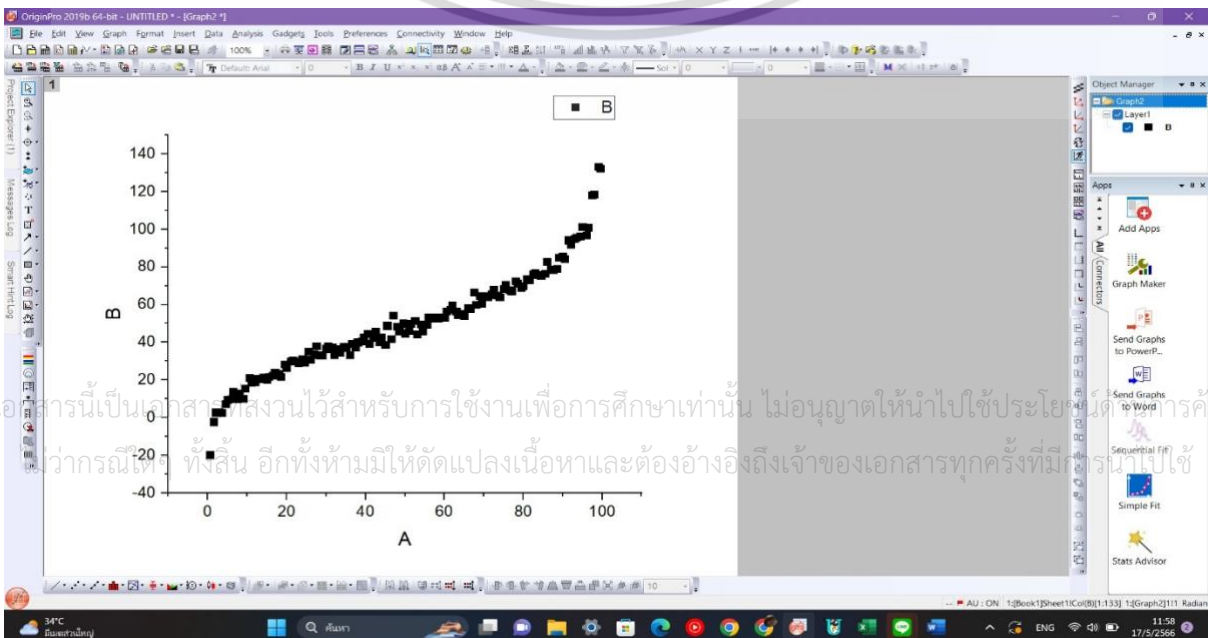
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



2. นำผลวิเคราะห์จากโปรแกรมUnscrambler ในExcel มาสร้างแผนภูมิที่ต้องการ



3. แผนภูมิที่จะได้เป็นดังภาพด้านล่าง สามารถเปลี่ยนชื่อตัวแปรและนำเข้าโปรแกรมที่ต้องการบันทึกภาพได้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ทางการค้า  
 หากกรณีนี้ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีกรณีนำไปใช้

## ภาคผนวก ง

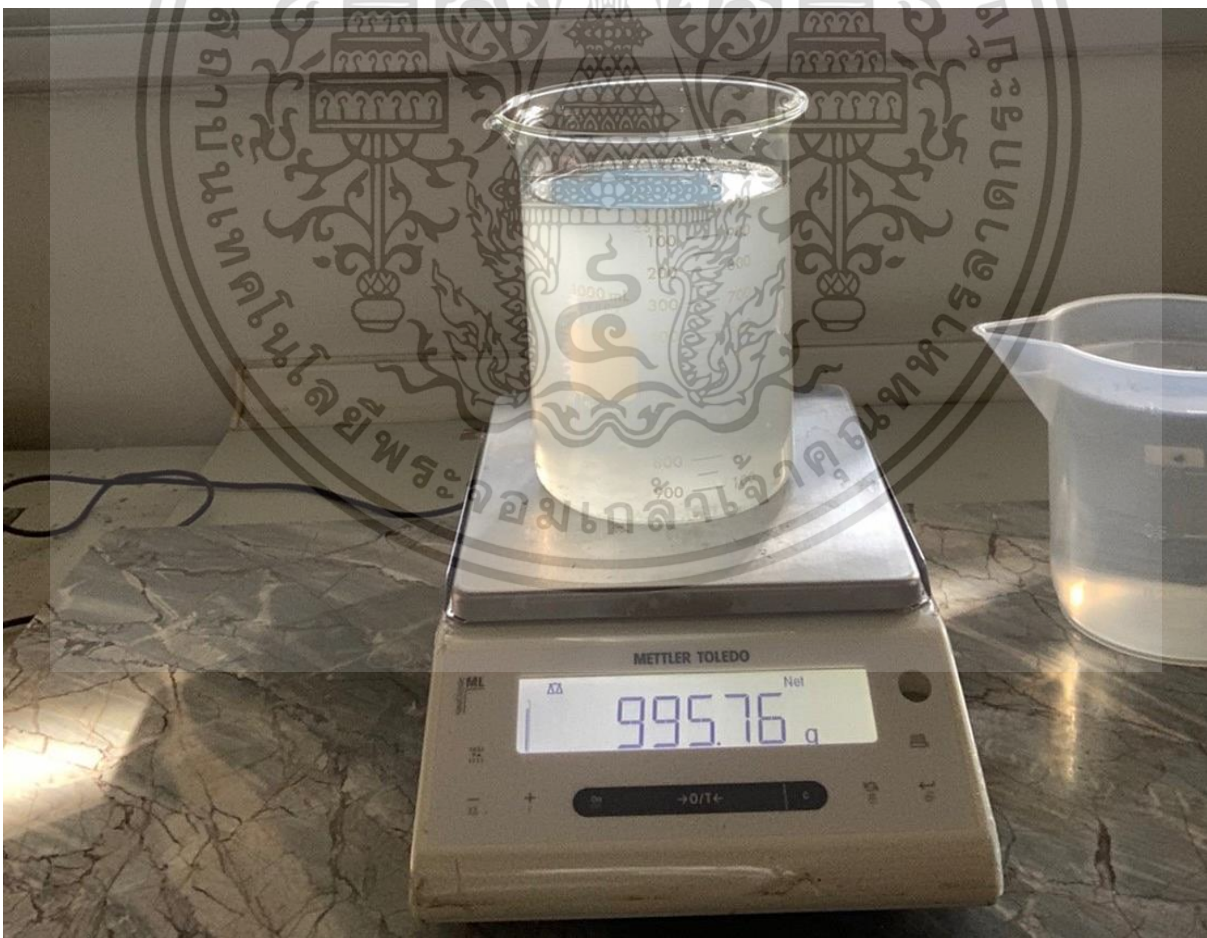
### ภาพประกอบการทดลอง



ภาพที่ ง.1 มะพร้าวอ่อน

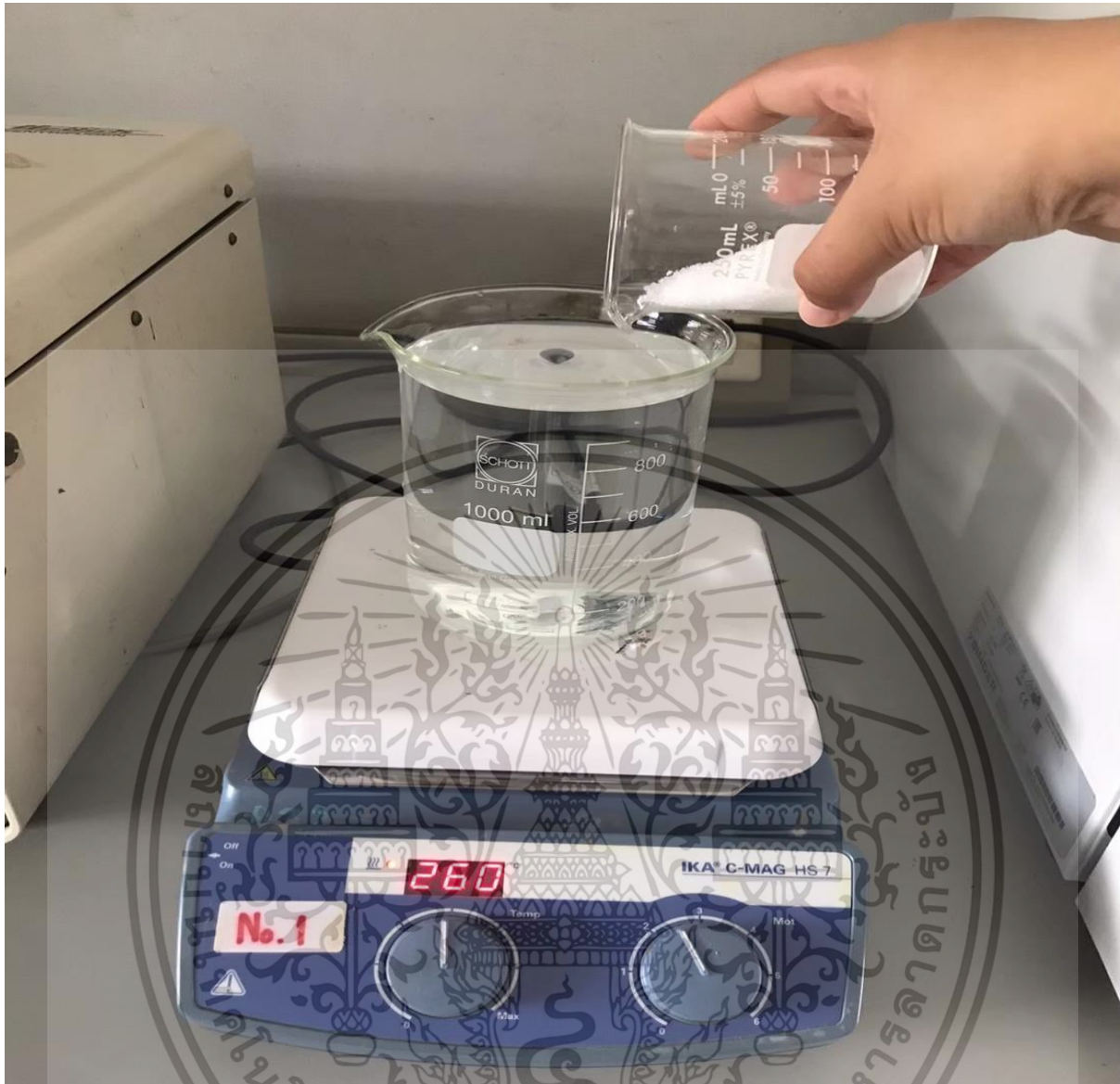


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้ภาพที่ ง.2 ฝ่าเอียน้ำมะพร้าวไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

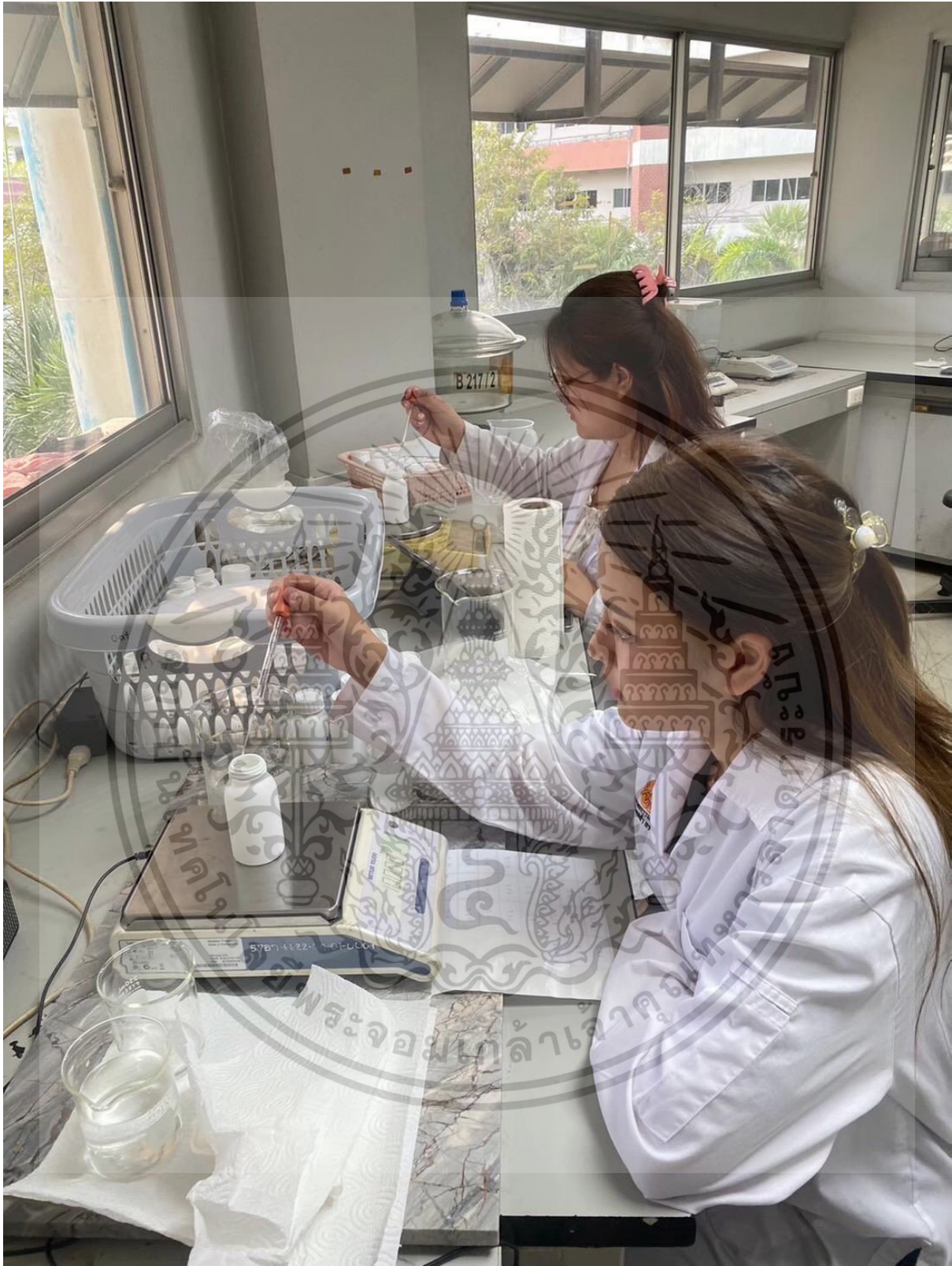


เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุแต่สิ่งอื่นใด และตั้งอยู่ในห้องเก็บของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาพที่ 3.3 น้ำมะพร้าวที่จะใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ่ ภาพที่ ๓.4 ละลายน้ำตาลกับน้ำกลั่นให้ได้ที่ 7 °Brix  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมีเหตุดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.5 ผสมน้ำเชื่อมกับน้ำมะพร้าว

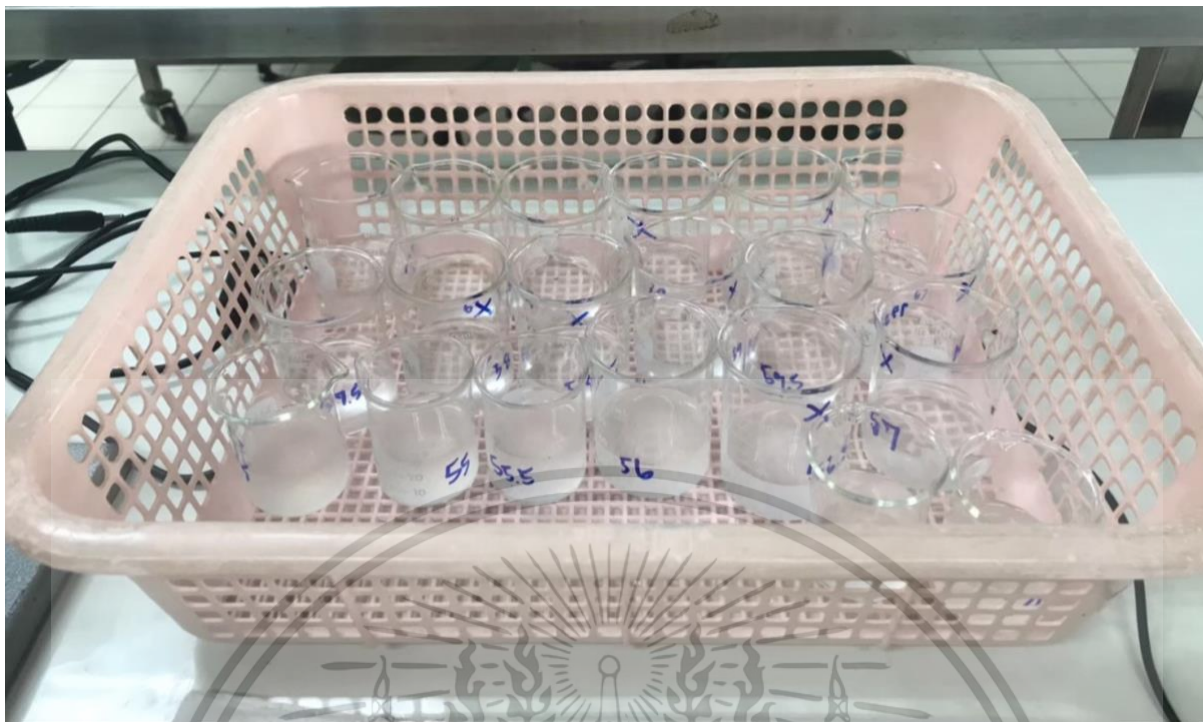
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.6 ตัวอย่างน้ำมะพร้าวที่ใช้ในการทดลอง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ภาพที่ ง.7 แบ่งตัวอย่างใส่ปิกรเกอร์  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



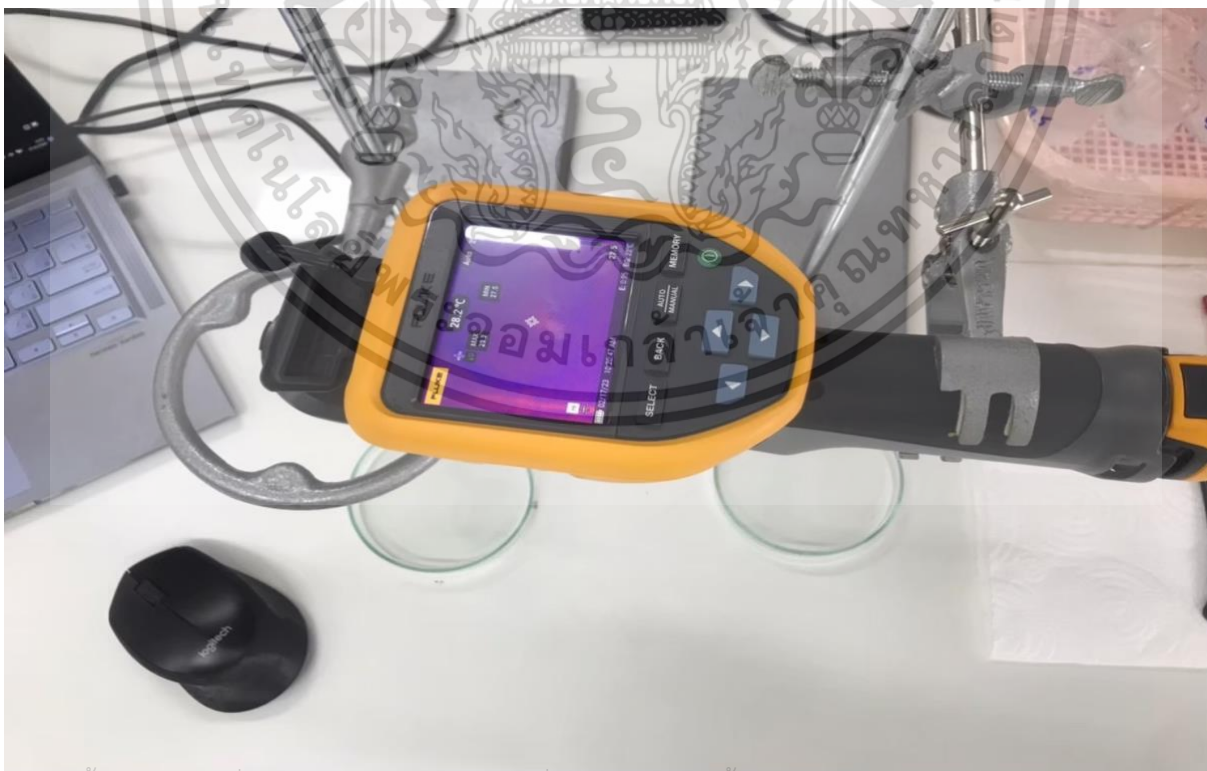
ภาพที่ ง.8 ตัวอย่างที่จะนำไปต้มเพื่อถ่ายภาพความร้อน



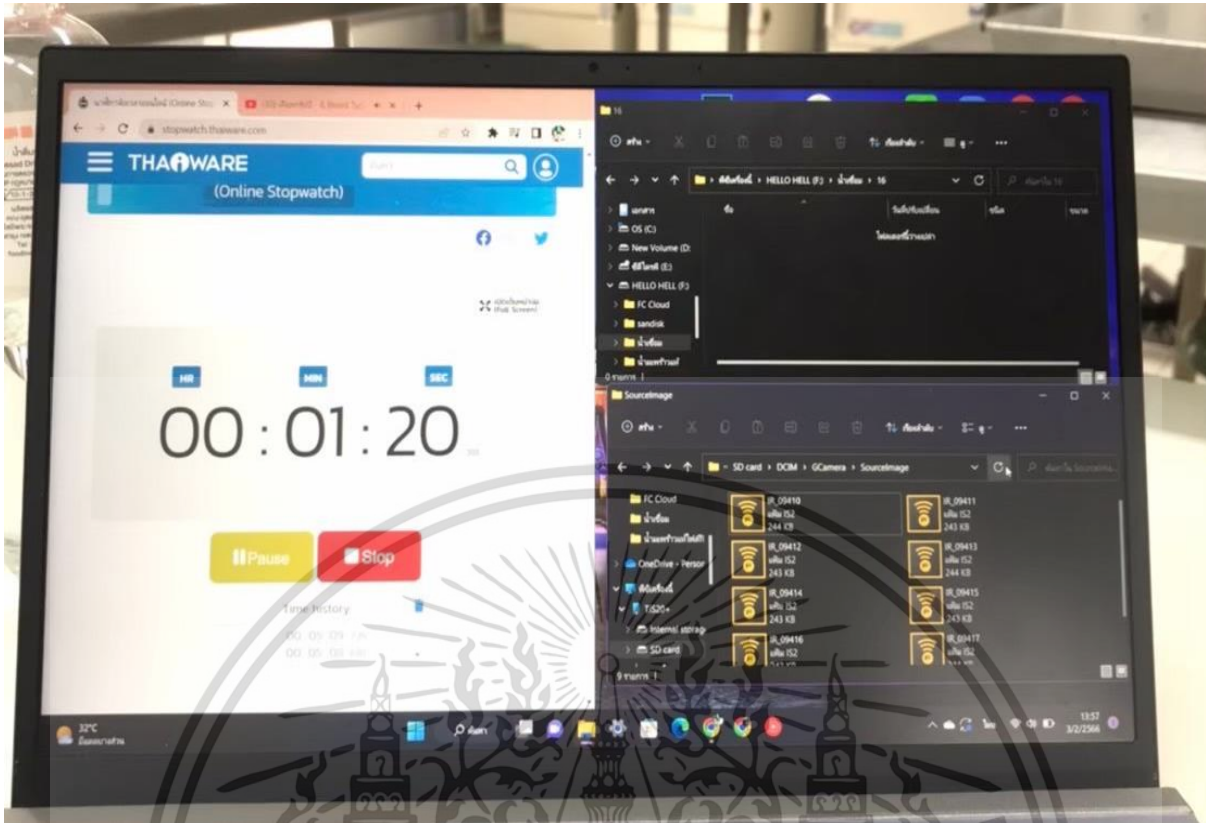
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ภาพที่ ง.9 ต้มตัวอย่างก่อนนำไปถ่ายภาพความร้อน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.10 การตั้งกล้องถ่ายภาพและเฟลทในการเทตัวอย่าง



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
 ภาพที่ ง.11 กล้องถ่ายภาพความร้อน  
 ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้คัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



ภาพที่ ง.12 ทางด้านซ้ายจับเวลาและด้านขวาภาพที่บันทึกจากกล้องถ่ายภาพความร้อน



ภาพที่ ง.13 เครื่องมือทั้งหมดในการวัดค่าการถ่ายเทความร้อน  
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่นอนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-นามสกุล	นางสาวกุลธิดา ศรีโกเศรษฐ
วัน เดือน ปี เกิด	20 ธันวาคม 2543
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนเบญจมราชรังสฤษฎิ์
ปัจจุบัน	ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	ตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายความร้อน Prediction of adulteration of young coconut water with syrup using heat transfer technique
ชื่อ-นามสกุล	นางสาวณัฐวศา พูลศิลป์
วัน เดือน ปี เกิด	22 มีนาคม 2544
ประวัติการศึกษา	จบการศึกษาระดับชั้นมัธยมศึกษาจากโรงเรียนสายน้ำผึ้ง ในพระอุปถัมภ์ฯ
ปัจจุบัน	ปัจจุบันกำลังศึกษาในคณะอุตสาหกรรมอาหาร หลักสูตรวิทยาศาสตร์บัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมแปรรูปอาหาร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ผลงานวิจัย	ตรวจสอบการปลอมปนน้ำเชื่อมในน้ำมะพร้าวอ่อน ด้วยเทคนิคการถ่ายความร้อน Prediction of adulteration of young coconut water with syrup using heat transfer technique

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้