



การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye peeling

EFFECT OF PROCESSING PARAMETERS ON LYE PEELING OF GUAVA



โดย  
นางสาวมริกา เอกนนท์  
นางสาวทรงนกร สุขน่วม

วัน เดือน ปี..... 29 ก.ย. 2541  
เลขทะเบียน..... 038089  
เลขเรียกหนังสือ..... T. 94.109 ม. ๕๗๓ ก. ( )

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต  
สาขาวิศวกรรมเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง  
ปีการศึกษา 2539

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ในการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038089

ปีการศึกษา 2539

การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye Peeling  
(Effect of processing parameters on Lye Peeling of guava)



อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์มาฤดี ผ่องทิพัฒน์พงศ์

อาจารย์กุสุมาลย์ เลิศชาญวุฒิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญาานิพนธ์ปีการศึกษา 2539  
ภาควิชา วิศวกรรมเกษตร  
คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังเรื่อง  
การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี  
Lye Peeling  
ผู้จัดทำ 1. นางสาวชริกา เอกนนท์  
2. นางสาวทรงนกร สุขน่วม



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## กิตติกรรมประกาศ

ผู้เขียนขอกราบขอบพระคุณอาจารย์มาฤดี ผ่องพิพัฒน์พงศ์ ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษาแนะนำ ตลอดจนให้ความช่วยเหลือในด้านวิชาการเป็นอย่างดี ในการดำเนินงานวิจัยนี้

ขอขอบคุณเพื่อน ๆ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบังทุกคน ที่ได้ให้ความช่วยเหลือในการทำปริญญาโท และให้กำลังใจแก่ผู้เขียนตลอดมา

ขอขอบคุณ ภาควิชาวิศวกรรมเกษตร สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง ที่ได้ให้ทุนอุดหนุนงานวิจัยนี้

และสุดท้าย ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ และที่ ๆ ทุกคน ที่ให้ความสนับสนุนในทุก ๆ ด้าน และเป็นกำลังใจเสมอมา

นางสาวฉวีภา เอกนนท์  
นางสาวทรงนกร สุขน่วม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye peeling

นางสาวมริกา เอกนนท์

นางสาวทรงนกร สุขน่วม

อาจารย์มาฤดี ผ่องทิพัฒน์พงศ์ อาจารย์ที่ปรึกษา

อาจารย์ฤศุมลักษ์ เกศชาญวุฒิ อาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2539

### บทคัดย่อ

เป็นการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye Peeling ตัวแปรที่ศึกษาประกอบด้วย ความเข้มข้นของสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ :  $X_1$  (3 - 10 % w/v) , อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ :  $X_2$  (30 - 50 °C) และเวลาในการแช่ :  $X_3$  (1 - 9 นาที) โดยศึกษาผลของตัวแปรต่อปริมาณเปลือกที่ลอกออกได้ และทำการคัดเลือกสถานะที่เหมาะสมต่อการลอกด้วยวิธี Response Surface Methodology พบว่า สมการแสดงความสัมพันธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ลอกออกได้กับตัวแปรทั้ง 3 ที่ศึกษา อยู่ในรูปสมการกำลังสอง ดังนี้

$$Y = 22.6193 X_1 - 4.3886 X_2 + 1.5546 X_3 - 0.7004 X_1^2 + 0.0721 X_2^2 - 0.9366 X_3^2 - 0.1449 X_1 X_2 + 0.6761 X_1 X_3 + 0.4465 X_2 X_3$$

เมื่อ Y คือ ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ลอกออกได้

ค่า Coefficient of determination ( $R^2$ ) = 0.9797

สมการดังกล่าวสามารถนำไปใช้คัดเลือกสถานะที่เหมาะสมของตัวแปรต่าง ๆ ได้เป็นอย่างดี

## EFFECT OF PROCESSING PARAMETERS ON LYE PEELING OF GUAVA

KHARIKA EKANON

SONGNAKORN SUKNUAM

MARADEE PHONGPIPATPONG ADVISOR

KUSUMANT LERTCHANWUT ADVISOR

1996

### ABSTRACT

The effects of Sodiumhydroxide concentration :  $X_1$  (3 - 10 % w/v) , temperature :  $X_2$  (30 - 50 °C) and immersion time :  $X_3$  (1 - 9 minute) on Lye Peeling of guava were studied. Response Surface Methodology was applied to determine the optimum condition for maximum peel percentage. The second order model was fitted to describe interrelation between peel percentage and those three independent variables as followed :-

$$Y = 22.6193 X_1 - 4.3886 X_2 + 1.5546 X_3 - 0.7004 X_1^2 + 0.0721 X_2^2 - 0.9366 X_3^2 - 0.1449 X_1 X_2 + 0.6761 X_1 X_3 + 0.4465 X_2 X_3$$

where Y is the peel percentage

The Coefficient of determination  $R^2$  is 0.9797 .

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## สารบัญ

	หน้า
สารบัญ	ก
สารบัญตารางประกอบ	ข
สารบัญภาพประกอบ	ค
<b>บทที่</b>	
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	3
3. การทดลอง	22
4. ผลการทดลอง	30
5. วิเคราะห์ผลการทดลอง	58
6. สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ	60
<b>เอกสารอ้างอิง</b>	62
<b>ภาคผนวก</b>	
ภาคผนวก ก	65
ภาคผนวก ข	67
ภาคผนวก ค	69
ภาคผนวก ง	78

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่	หน้า
1. คุณค่าทางอาหารของฝรั่ง	9
2. ปริมาณและมูลค่าการส่งออกฝรั่งบรรจุภาชนะอัดลม ในเดือนพฤษภาคม 2539	10
3. Relation of Sodium Oxide to Sodium Hydroxide content of Commercial Sodium Hydroxide.	16
4. Procedure for Peeling Peaches for Freezing	17
5. ตัวแปรและช่วงของตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนการปอกเปลือกด้วย สารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์	24
6. ผลของการปอกเปลือกด้วยมือหาค่าเฉลี่ย ของน้ำหนักผลฝรั่ง น้ำหนักเปลือก และน้ำหนักเนื้อ	30
7. ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ของผลฝรั่งที่แช่ในสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่สภาวะต่าง ๆ	31
8. สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา กับค่าเปอร์เซ็นต์ เปลือกที่ปอกออกได้ และ Coefficient of determination ( $R^2$ ) สำหรับการปอกเปลือกด้วยสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์	32
9. ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ของ % เปลือกที่ปอกออกได้ เมื่อพิจารณา เวลาที่ใช้ในการแช่ผลฝรั่ง	46
10. ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ของ % เปลือกที่ปอกออกได้ เมื่อพิจารณา อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ฝรั่ง	46
11. แสดงผลการปอกเปลือกด้วยสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่สังเกตได้จากลักษณะปรากฏทั่วไป	52

## สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่	หน้า
1. ฝรั่งเศสกุลมสาถึ	10
2. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot.	19
3. กราฟ 2 มิติ แสดง contour plot.	19
4. Water bath ซึ่งมี thermostat ควบคุมอุณหภูมิ	22
5. The 15 design points of a three - variable composite design.	24
6. แผนภาพแสดงขั้นตอนการปอกเปลือกด้วยสารละลายต่าง NaOH	26
7. กราฟแสดงค่า Coefficient of determination ( $R^2$ ) ของ ผลการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ	33
8. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 1 นาที	34
9. กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 1 นาที	35
10. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 5 นาที	36
11. กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 5 นาที	37
12. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 9 นาที	38

## สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
13. กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 9 นาที	39
14. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C	40
15. กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C	41
16. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C	42
17. กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C	43
18. กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C	44
19. กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C	45
20. แสดงถึงผลฝรั่งที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ สภาวะต่าง ๆ	55

## สารบัญภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพที่	หน้า
21. แสดงถึงผลฝรั่งที่ปอกเปลือกด้วยสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่สภาวะต่าง ๆ	55
22. แสดงการเปรียบเทียบผลฝรั่งก่อนและหลังการปอกเปลือกด้วยสาร ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	56
23. แสดงการเปรียบเทียบผลฝรั่งที่ปอกด้วยมือ และหลังปอกด้วยสาร ละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	56
24. แสดงการเปรียบเทียบผลฝรั่ง ก่อนการแช่, หลังแช่ และ หลังจากการปอกเปลือกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	57

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 1

### บทนำ

#### ปัญหาและความสำคัญ

เนื่องจากการปอกเปลือก เป็นการเตรียมวัตถุดิบก่อน ที่จะนำไปผ่านกระบวนการแปรรูป ขึ้นต่อไป โดยเฉพาะผักหัวที่อยู่ใต้ดิน และผลไม้ที่มีเปลือก นิยมใช้กับผักและผลไม้หลายชนิด ที่ ส่วนของเปลือกนำไปรับประทานไม่ได้ หรือมีลักษณะไม่ดึงดูดใจผู้บริโภค การปอกเปลือกนี้จะมี ผลทางด้านเศรษฐกิจของการผลิต คือ จะมีผลต่อปริมาณผลผลิต การปอกเปลือกด้วยวิธีที่ไม่เหมาะสม จะทำให้มีส่วนที่จะต้องทิ้งของกระบวนการในปริมาณมากกว่าปกติ เป็นการสูญเสีย และยังคงเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดมากขึ้น การปอกเปลือกจึงถูกพัฒนามาเรื่อย ๆ เพื่อให้ได้กระบวนการที่เหมาะสมทำได้รวดเร็ว โดยมีการสูญเสียน้อย ในอุตสาหกรรมที่มีกำลังการผลิตสูง นิยมใช้ เครื่องจักรในการปอกเปลือก เพราะต้องการความรวดเร็วในการผลิต แต่ในแหล่งที่มีค่าจ้างแรงงานถูก อาจใช้แรงงานคนในการปอก

การปอกเปลือกมีอยู่หลาย อาทิเช่น การปอกเปลือกด้วยมือ , การปอกเปลือกด้วยไอน้ำ , การปอกเปลือกด้วยการแช่แข็ง , การปอกเปลือกด้วยเปลวไฟ , การปอกเปลือกโดยใช้ด่าง ฯลฯ ดังนั้น จะเห็นว่าการปอกเปลือกมีหลายวิธี ซึ่งจะต้องเลือกใช้ให้เหมาะสมกับวัตถุดิบ โดย พิจารณาจากแรงงานที่ใช้ เครื่องมือ ค่าใช้จ่ายในการดำเนินการ การสูญเสียน้อย และคุณภาพของผัก ผลไม้หลังจากปอกเปลือก

การปอกเปลือกในอุตสาหกรรมของประเทศไทย ยังเป็นการปอกเปลือกโดยการใช้แรงงาน คนเป็นส่วนใหญ่ เช่น การปอกเปลือกฝรั่งในการทำฝรั่งแช่บ๊วย หรือการทำฟรุตสลัดเพื่อการส่งออก นอกจากนี้ อาจจะเป็นการปอกเปลือกโดยการใช้เครื่องจักร เช่น การปอกเปลือกสับปะรดใช้ ในการทำสับปะรดกระป๋อง เป็นต้น แต่การปอกเปลือกด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้น ยังมีผลทางด้านเศรษฐศาสตร์

ดังนั้นจากการรายงานการทดลอง การปอกเปลือกผลไม้ด้วยด่าง ส่วนใหญ่จะเป็นผลไม้ที่อยู่ในประเทศเขตร้อน และผลของการปอกเปลือกด้วยวิธีดังกล่าว ก็มีประสิทธิภาพของการปอก สูงมาก เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการปอกเปลือกด้วยวิธีอื่น ๆ ในประเทศเขตร้อนก็มีผลไม้หลายชนิดที่ใช้

ในอุตสาหกรรมอาหาร แต่ยังคงเสียเวลา เสียค่าแรงงาน ในการลอกเปลือกอยู่มาก ดังนั้นถ้าหาวิธีการลอกเปลือกด้วยด่างมาใช้กับผลไม้เขตร้อนดูบ้าง คิดว่าน่าจะช่วยลดปัญหาดังกล่าวลงได้

ในการเริ่มต้นศึกษา จึงเลือกเอา “ฝรั่ง” เป็นตัวอย่างผลไม้ที่จะนำมาศึกษา เพราะมีตลอดฤดูกาล และราคาค่อนข้างถูก ที่สำคัญเป็นผลไม้เปลือกบางเหมาะที่จะลอกเปลือกด้วยด่าง ความสำคัญของฝรั่งในอุตสาหกรรมอาหาร ใช้ทำเป็นฝรั่งอบแห้ง ฝรั่งสดตัด ฝรั่งแช่บ๊วย เป็นต้น ในประเทศเขตร้อนยังมีคนให้ความสนใจในการศึกษา การลอกเปลือกด้วยสารละลายด่างน้อยมาก จึงคิดว่าการศึกษา วิธีการลอกเปลือกด้วยด่าง ของฝรั่งนี้น่าจะเป็นแนวทางต่อผู้ที่สนใจจะศึกษากับผลไม้ชนิดอื่นๆ ในประเทศเขตร้อนได้เป็นอย่างดี

ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อกรรมวิธีการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye Peeling ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายด่าง NaOH อุณหภูมิ และเวลาที่ใช้ในการแช่รวมทั้งสภาวะที่เหมาะสมสำหรับการแช่ด้วย ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงมุ่งเน้นที่จะศึกษาปัจจัยสำคัญเหล่านี้ โดยการแปรความเข้มข้นของสารละลายด่างที่ใช้ ตลอดจนอุณหภูมิและเวลาในการแช่ เพื่อหาสภาวะที่เหมาะสม ในการลอกเปลือกให้มีคุณภาพได้มาตรฐาน เพื่อเป็นการพัฒนาอุตสาหกรรมอาหารที่มีการลอกเปลือกวัตถุดิบก่อนการแปรรูปขั้นต่อไป

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากงานวิจัยนี้คือ ได้ข้อมูลพื้นฐานเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการลอกเปลือกฝรั่ง และทราบถึงสภาวะที่เหมาะสมในอุตสาหกรรมการผลิต นอกจากนี้ยังเป็นแนวทางในการพัฒนาคุณภาพของผลิตภัณฑ์ฝรั่งที่ลอกเปลือก ด้วยสารละลายด่างและผลิตภัณฑ์ผลไม้ชนิดอื่นต่อไป

### วัตถุประสงค์

1. เพื่อศึกษาผลของตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อการลอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye Peeling
2. เพื่อหาประสิทธิภาพของการลอกเปลือกฝรั่งด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ เมื่อเปรียบเทียบกับวิธีการลอกเปลือกด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 2

### การตรวจเอกสาร

#### 2.1. ความรู้ทั่วไปเกี่ยวกับฝรั่ง

ชื่อสามัญ Guava

ชื่อวิทยาศาสตร์ *Psidium guajava* L.

##### 2.1.1) การแยกประเภทฝรั่ง (ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์, 2531)

การจำแนกประเภทฝรั่งมีอย่างน้อย 2 แบบ คือ จำแนกจากลักษณะลูกและจำแนกจากลักษณะการใช้ประโยชน์ ถ้าดูตามลักษณะลูก ฝรั่งแบ่งได้เป็น 2 ประเภทคือ ประเภทลูกหัวโต ก้นสอบ และประเภทผลกลม

การศึกษาลักษณะพันธุ์ฝรั่งในเมืองไทย มีลักษณะมาตรฐานที่ใช้ในการแบ่งแยกพันธุ์ฝรั่งอยู่ 5 ลักษณะ คือ ขนาดต้นและทรงพุ่ม ขนาดใบ รูปร่างใบและรูปร่างผล

ถ้าแบ่งประเภทฝรั่งจากประโยชน์ใช้สอยก็แบ่งได้เป็น 2 ประเภทเช่นกัน คือ ฝรั่งกินสด กับฝรั่งแปรรูป ความแตกต่างของฝรั่งทั้งสองประเภทนี้ถูกกำหนดโดยคุณสมบัติของผล โดยที่คุณสมบัติของฝรั่งกินสดเรามองในด้านเนื้อละเอียดหวานกรอบ เมล็ดน้อยและอ่อน ส่วนฝรั่งพันธุ์แปรรูปเราเพิ่งเล็งสีเนื้อ ความเป็นกรดค่า(pH) ปริมาณวิตามินซีและปริมาณเนื้อ โดยไม่คำนึงถึงความกรอบและความหวาน เนื่องจากฝรั่งที่เหมาะสมแก่การแปรรูปมักจะเปรี้ยวเกินกว่าที่จะใช้กินสด

##### 2.1.2) พันธุ์ฝรั่งกินสด

ประเทศที่นิยมกินฝรั่งสดก็คงจะเป็นประเทศในเอเชียทั้งหลาย ได้แก่ อินเดีย ปากีสถาน บังกลาเทศ พม่า ไทย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ อินโดนีเซีย บรูไน เขมร ลาว จีน ฯลฯ ประเทศทั้งหลายเหล่านี้มีฝรั่งกินสดปลูกกันทั้งนั้น แต่ไม่มีประเทศใดที่มีการพัฒนาพันธุ์ฝรั่งกินสดยกเว้น อินเดีย จีนและเวียดนาม ส่วนประเทศอื่น ๆ ก็เพียงแต่นำพันธุ์ดีเข้าประเทศเท่านั้น ในจำนวนประเทศอื่นนี้ ต้องถือว่าประเทศไทยไวกว่าประเทศอื่น ๆ ในเรื่องการนำพันธุ์ดีเข้าประเทศ และเป็นทางผ่านพันธุ์ดีไปสู่ประเทศข้างเคียง จึงขอกกล่าวถึงพันธุ์ฝรั่งกินสดของไทยและของอินเดียไว้ ณ ที่นี้พอเป็นสังเขป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.2 พันธุ์ฝรั่งกินสดในประเทศไทย

**ฝรั่งจีนก** เป็นพันธุ์ดั้งเดิมของไทย เป็นพันธุ์ฝรั่งที่ขยายพันธุ์ด้วยเมล็ดโดยคนบ้างโดยนก ถ่ายมูลไว้บ้างจึงได้ชื่อเช่นนั้น มีผลขนาดเล็ก 20 - 25 ลูกต่อกิโลกรัม ไม้สีแดง ติดลูกเป็นกลุ่ม ไม่มีการปลูกเป็นสวนเพื่อการค้า ปัจจุบันหาดูได้ยากนอกจากตามชนบท

**ฝรั่งจีน** เป็นพันธุ์ที่ปลูกมานานกว่า 80 ปี แต่คงหลังฝรั่งจีนก มีการขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอน ในอดีตปลูกกันมากที่บางเสาธงจนได้ชื่อว่าฝรั่งพันธุ์บางเสาธง เชื่อกันว่าหลวงจีนท่องเที่ยว เป็นผู้นำมาจากจีน ให้ผลเมื่ออายุปีครึ่งหลังปลูกด้วยกิ่งตอน ต้นสูงปานกลาง ลำต้นสีน้ำตาลปนแดง ใบแคบเรียวปลายแหลม ติดผลเดี่ยวแต่คก ลักษณะของผลมี 2 ชนิด คือ ชนิดแรกคล้ายผลสาถิ เนื้อหนา เมล็ดคพอประมาณและแข็ง มีเนื้อหุ้มเมล็ดมากจึงมีรสหวานกว่าฝรั่งพันธุ์อื่น ๆ ส่วนอีกชนิดหนึ่งคือผลป้อมไม่มีจัก ชอบกินและถึงน้ำจะท่วมเป็นแรมเดือนก็ไม่ตาย เนื้อบางเมล็ดมาก รสหวานสู้ชนิดแรกไม่ได้ ฝรั่งจีนทั้ง 2 ชนิดนี้ ผลมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 5-7 เซนติเมตร ผิวเรียบเป็นมัน เมื่อแก่จัดมีสีเขียวอ่อน รสหวานกรอบ เมื่อสุกสีเหลืองอ่อนมีกลิ่นหอม ฝรั่งจีน ครงการผลิตและการตลาดในประเทศไทยอยู่านปีจนกระทั่งเมื่อประมาณปี พ.ศ. 2490 ได้มีผู้นำเอาฝรั่งกินสดจาก อินเดียเข้ามาปลูกในประเทศไทยอันถือได้ว่าเป็นยุคของฝรั่งอินเดีย ในยุคนี้ชื่อฝรั่งฝรั่งมักลงท้ายด้วย “อินเดีย”

**ฝรั่งกอมอินเดีย** เป็นฝรั่งพันธุ์เบา หลังจากเพาะเมล็ดเพียง 7-8 เดือนก็เริ่มออกดอก ลักษณะต้นเป็นพุ่มแก่ กิ่งขาวจนดูจะเลื้อย ลำต้นสีน้ำตาลคล้ำ ใบเล็ก แคบ ปลายแหลม ส่วนมากช่อดอกหนึ่งมีเพียงดอกเดียว ผลคก ลักษณะผลคล้ายมะกอกฝรั่ง เส้นผ่าศูนย์กลางประมาณ 5-6 เซนติเมตร ผิวขรุขระเล็กน้อย ผลแก่จัดสีเขียวอ่อน เมื่อสุกสีเหลืองอ่อน รสหวาน กรอบ อร่อย เมล็ดเล็กและไม่แข็งเหมือนเมล็ดฝรั่งจีนจึงเคี้ยวกินได้สบาย เมื่อสุกเนื้อในสีชมพูกลิ่นหอม

**ฝรั่งอินเดียไม่มีเมล็ด** บางครั้งก็เรียกว่า “ฝรั่งพันธุ์อีแห้ว” ขยายพันธุ์ด้วยกิ่งตอน และ จะเริ่มให้ผลหลังปลูกประมาณปีครึ่ง ต้นสูงใหญ่กว่าฝรั่งจีน ออกดอกเป็นพวงประมาณ 2-3 ดอก ต่อพวง ใบหนากว้างใหญ่ ได้ใบมีขนอ่อนทั่วทั้งใบ ปลายใบมน ผลไม่ค่อยคก ลักษณะผลป้อมคล้ายแอปเปิ้ล แต่มีพู่เล็กและผิวขรุขระเล็กน้อย ขนาดผลก็เท่าฝรั่งจีนเมื่อแก่จัดสีเขียวอ่อน รสหวานกรอบไม่มีเมล็ด เมื่อสุกสีเหลืองอ่อนกลิ่นหอม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากนี้ก็มีฝรั่งชื่อแขกอีก 2-3 พันธุ์แต่ไม่ดังนัก เช่นอาลาฮาบัด ลัคเนาเบอร์ 16 ผู้ที่นำฝรั่งพันธุ์ดีเข้าประเทศในระยะนั้นประกอบด้วยนายอารยันต์ อามันตะกุด หลวงบุเรศบำรุงการและขุนณรงค์ ชวนกิจ ฝรั่งอินเดียและฝรั่งจีนโคคเค่นอยู่ในเมืองไทยจนกระทั่งถึงประมาณปีพ.ศ. 2519-2520 จึงเกิดคู่แข่งสำคัญคือฝรั่งพันธุ์ผลโตที่คุณอัมพร มาเสริฐศรีและคุณบุญสม จันทรเสม นำเข้ามาจากญวนหรือเวียดนามเมื่อปี พ.ศ.2517 จำนวน 9 ต้น ในระยะแรกได้ตั้งชื่อฝรั่งทั้ง 9 ต้นตามลักษณะผลและคนนำเข้าไว้ได้ 5 ชื่อคือ ขาวบุญสม กลมอัมพร ขาวนิยม กลมสาถ์ และกลมทูลเกล้า การที่ฝรั่งเพียง 9 ต้น มีความแตกต่างกันจนสามารถจำแนกได้ถึง 5 ชื่อนี้ทำให้สันนิษฐานได้ว่าต้นที่นำเข้ามาเป็นฝรั่งเพาะจากเมล็ด เมื่อเป็นเช่นนี้ที่เวียดนามเองอาจไม่มีฝรั่งพันธุ์เหล่านี้ก็ได้ นอกจากทั้ง 5 ชื่อดังกล่าวแล้ว ยังมีชื่ออื่น ๆ อีกเช่น เลิศรสุนทร(ขาวสวย) ขาวเศวต(ศรีวิชัยหนึ่ง) และกลมทูลเกล้า(ศรีวิชัยสอง) เข้าใจว่าเป็นการตั้งชื่อซ้ำตามแบบฉบับนักเล่นต้นไม้ไทย

ฝรั่งทั้ง 5 พันธุ์นี้ใช้ความแตกต่างของรูปร่างผลเป็นตัวจำแนกพันธุ์เช่น พันธุ์ขาวบุญสม และขาวนิยมนั้นทรงผลสูงเมื่อสุกมีผิวสีขาว พันธุ์กลมอัมพร กลมทูลเกล้าและกลมสาถ์นั้นทรงผลกลมทั้งนั้น ต่างกันตรงที่สองพันธุ์แรกกลมคล้ายส้มเขียวหวาน ส่วนพันธุ์หลังกลมแป้นคล้ายลูกจันทร์ ฝรั่งพันธุ์กลมสาถ์นอกจากจะมีผลโตแล้วยังมีรสอร่อย หวานกรอบ เนื้อละเอียด ไม่มีกาก ถูกคอก ปลูกง่าย ให้ผลเร็ว เมื่อแก่แล้วสามารถปล่อยให้บนต้นได้นานกว่าฝรั่งพันธุ์อื่น ๆ

ฝรั่งอีกพันธุ์หนึ่งที่นามากว่าในที่นี้คือ พันธุ์ลูกผสม หรือพันธุ์ “บางกอกแอปเปิล” ที่ผสมโดยนายดำรงศักดิ์ วิรัชศิริ พันธุ์นี้ได้รับการกล่าวถึงกันมากทั้งในและนอกประเทศ ถึงขนาดสำนักงานคณะกรรมการการวิจัยแห่งชาติได้มอบรางวัลให้เป็นเกียรติแก่ผู้ผลิตเมื่อวันที่ 3 ตุลาคม 2526 และเป็นพันธุ์ที่ประเทศข้างเคียง เช่น มาเลเซีย อินโดนีเซีย และฟิลิปปินส์ก็ให้ความสนใจมากเช่นกัน

ฝรั่งบางกอกแอปเปิล ได้จากการใช้ฝรั่งอินเดียไม่มีเมล็ด(พันธุ์อีแห้ว)เป็นแม่พันธุ์ และใช้ฝรั่งผลโตพันธุ์กลมสาถ์เป็นพ่อพันธุ์ ลำต้นหรือกิ่งที่แตกใหม่จะมีลักษณะเป็นเหลี่ยมเห็นได้ชัด ใบมนใหญ่ค่อนข้างกลม ขอบใบเป็นคลื่นเล็กน้อย เส้นใบเมื่อมองด้านบนจะเป็นร่องลึกและห่างอย่างเด่นชัดติดกับฝรั่งทั่ว ๆ ไป ผลมีขนาดใหญ่ไม่แพ้ฝรั่งพันธุ์ผลโต น้ำหนักอยู่ระหว่าง 600-1100 กรัมต่อผล ลักษณะผลค่อนข้างกลมคล้ายแอปเปิล ไม่มีเมล็ดหรือบางผลอาจมี 2-3 เมล็ด รังไข่เล็กคล้ายของผลแอปเปิลคือเส้นผ่าศูนย์กลางเล็กกว่า 1 เซนติเมตร ผิวสีเขียวเป็นคลื่นเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื้อหนา แน่นตลอดทั้งผล กรอบ รสชาติคล้ายลูกสาธิมเปรี้ยวเล็กน้อย สุกช้า ข้อเสียของฝรั่งพันธุ์นี้คือ ติดผลยากอันเป็นลักษณะของผลไม้ที่ไม่มีเมล็ดทั่ว ๆ ไป

### 2.3 พันธุ์ฝรั่งกินสดของอินเดีย

เมื่อฝรั่งกินสดพันธุ์ของอินเดียได้มีส่วนช่วยพัฒนาพันธุ์ฝรั่งในเมืองไทยจนมีชื่อเสียงในแถบประเทศเอเชียตะวันออกเฉียงใต้ อีกทั้งอินเดียมีฝรั่งกินสดอยู่มากมายจึงย่อมเป็นการสมควรที่เราค้นไทยน่าจะรู้จักฝรั่งพันธุ์ของอินเดียชนิดกินผลสดไว้บ้าง ที่จริงฝรั่งในอินเดียมีอยู่มากพันธุ์ตั้งชื่อไปต่าง ๆ นานาตามแหล่งปลูก แต่ในที่นี้จะขอนามกล่าวเฉพาะพันธุ์ที่เห็นว่าสำคัญเท่านั้น

ลักค์เนา 49 (Lucknow 49) เป็นพันธุ์ที่ทางรัฐบาลอินเดียแนะนำให้ปลูก เพราะทั้งดกทั้งดี บางทีก็เรียกว่าพันธุ์ "ซาดา" (Sarda) ต้นค่อนข้างเตี้ย สูงประมาณ 2.5-3.5 เมตร ลำต้นแข็งแรง แตกกิ่งมาก ยอดเป็นพุ่มแบน ใบใหญ่ ยาวประมาณ 12-13 เซนติเมตร กว้าง 6.8 เซนติเมตร ผลกลมแป้น ผิวสีเหลืองอ่อน บางครั้งก็มีจุดสีแดงบนผิว เนื้อละเอียด รสหวานเกือบไว้ได้นานดีมาก

อัลลาฮาบาด ซาเฟดา (Allahabad Safeda) เป็นพันธุ์ที่นิยมปลูกกันมากในประเทศอินเดีย ต้นแข็งแรง สูงปานกลางคือประมาณ 5.8 - 6.2 เมตร แตกกิ่งก้านสาขามากใบดกทึบ ยอดแผ่กระจายแต่แน่น ใบยาวประมาณ 9.5 - 9.8 เซนติเมตร กว้าง 4.8 เซนติเมตร ผลขนาดปานกลาง น้ำหนักเฉลี่ย 180 กรัมต่อผล กลม ผิวเรียบ สีเหลืองอ่อนจนเกือบขาว (ซาเฟดา = ขาว) หวาน เกือบได้นานดี

พานาราซี (Banarasi) เป็นพันธุ์ที่หวานที่สุด ไม่มีรสเปรี้ยวเลย ต้นสูงประมาณ 4.2-5.4 เมตร ยอดแผ่กว้าง ใบยาวประมาณ 10.0 - 10.4 เซนติเมตร กว้างประมาณ 5.4 เซนติเมตร ใบเรียวยาวรูปไข่ปลายแหลมโคนป้านผลกลมสีเหลือง เกือบได้นานพอใช้

ฮารีจา (Harijha) เป็นพันธุ์ที่น่าสนใจพันธุ์หนึ่งเพราะผลดกมาก ขนาดต้นปานกลาง ความแข็งแรงปานกลาง แตกกิ่งก้าน ใบยาว 8.2 - 8.6 เซนติเมตร กว้าง 3.2 เซนติเมตร ปลายแหลมโคนป้าน ผลกลม ผิวสีเขียวอ่อน (ฮารีจา = สีเขียว) เนื้อขาว รสหวานเกือบไว้ได้นานดีมาก ปลูกมากในรัฐพิหาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

**จิตติดา (Chittidar)** ต้นสูงประมาณ 5 - 6 เมตร เป็นพุ่มกลมกิ่งแผ่กระจาย ใบใหญ่ ยาวประมาณ 12.2-12.8 เซนติเมตร กว้าง 5.7 เซนติเมตร ใบเรียวยาวไปข้าง ปลายแหลมโคนกลม ผลกลมแป้น ผิวเหลืองมีจุดแดง (จิตติดา = จุด) 2-3 จุด อยู่ประปราย รสหวานเก็บได้นาน

**ทรงสาถี (Pear-shaped)** ต้นสูงประมาณ 6-7 เมตร ขึ้นตรงทรงตั้งแตกกิ่งพอดว ใบยาวประมาณ 10.0 เซนติเมตร กว้างประมาณ 4.6 เซนติเมตร หยิบและเหนียว ทรงผลมีลักษณะหัวโตก้นสอบ (คือทรงยาวไม่กลมเหมือนฝรั่งผลโตพันธุ์กลมสาถี ลูกแพร์ (pear) หรือลูกสาถีมี 2 ชนิด คือ แพร์จีน หรือแพร์ญี่ปุ่นอย่างที่ไทยเรียกลูกสาถีนั้นรูปร่างกลม ส่วนแพร์ยุโรปมีทรงยาวหัวโตก้นสอบ) ผิวเหลืองอ่อน-ผิวเปลือกเรียบ เก็บได้นานดี

**เนื้อแดง (Red fleshed)** ต้นแข็งแรง สูงปานกลาง 3.5-5.0 เมตร กิ่งแผ่กระจาย ยอดโปร่ง ผลกลมมีจุดแดงบ้างตามผิว เนื้อสีแดงแน่น รสดีเก็บได้ไม่นานนัก

**ไ้เมล็ด** ลำต้นยาว สูงประมาณ 5.0 - 6.0 เมตร กิ่งตั้ง ใบใหญ่ยาว 13.5-14.0 เซนติเมตร กว้าง 7.2 เซนติเมตร ยาวรี ผลมีทั้งกลมและกลมรี ผิวสีเหลืองอ่อน เนื้อหนาสีขาวครีม เก็บไว้ได้นานดีมาก ฝรั่งไม่มีเมล็ดมีอยู่หลายพันธุ์แต่ที่เด่นกว่าพันธุ์อื่น ๆ คือ พันธุ์สะหะรันเปอร์ (Saharanpur seedless)

#### 2.4 พันธุ์ฝรั่งแปรรูป

เป็นฝรั่งที่มีลักษณะเหมาะสมที่ใช้ในการแปรรูปต่าง ๆ เช่น ฝรั่งคั้น ในประเทศไทยยังไม่มีการปรับปรุงพันธุ์ประเภทนี้ เพียงแต่นำพันธุ์เข้ามาเท่านั้น มีดังนี้

**พันธุ์บัวมอท์ (Beaumont) และพันธุ์คาฮัวคูล่า (Ka Hua Kula)** เป็นพันธุ์ฝรั่งที่นิยมปลูกในประเทศสวาช ทั้งสองพันธุ์นี้เคยได้นำเข้ามาปลูกในประเทศไทยแล้วเมื่อปี พ.ศ. 2517 แต่ยังคงผู้สนใจที่จะศึกษาอย่างจริงจัง ทั้งสองพันธุ์มีเปอร์เซ็นต์การเปลี่ยนเป็นเนื้อสูง เนื้อสีชมพูกลิ่นหอมชวนดม รสกลมกล่อม และเข้มข้น มีความเป็นกรดค่อนข้างต่ำ (pH ประมาณ 3.5) ผลผลิตสูงมากและสามารถบังคับหรือตัดแต่งกิ่งให้ได้รูปทรงหรือเข้าระบบการผลิตแบบใดก็ได้ตามแต่ผู้ปลูกต้องการ ผลการทดสอบจากศูนย์วิจัยพืชไร่นาสุพรรณบุรีพบว่า พันธุ์คาฮัวคูล่าจะให้ผลผลิตดีกว่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พันธุ์บัวมอญที่ ผลในฤดูแล้งใช้เวลาจากออกบานถึงแก่เพียง 90 - 105 วัน ซึ่งเร็วกว่าบัวมอญที่ ดัน เดียวกว่าและกิ่งก้านไม่ขึ้นยาวเมื่อเทียบกับพันธุ์บัวมอญที่

ในประเทศอิตาลีได้ศึกษาคุณสมบัติของฝรั่งไว้ 8 พันธุ์ แต่ที่น่าสนใจและนำมากล่าวถึงในที่นี้มีเพียง 2 พันธุ์ คือ

**แฟน-รีทิฟ (Fan Retief)** เป็นพันธุ์ที่มีอยู่ทั่วไปและนิยมปลูกกันมากที่สุดในอัฟริกาใต้ รูปร่างคล้ายสาถึยุโรปแต่ก่อนไปทางกลม เนื้อแน่นสีชมพูรสเปรี้ยวเล็กน้อย วิตามินซีสูง ถ้าเก็บเมื่อแก่จัดแต่สียังเขียวอยู่จะทนทานต่อการขนส่ง และด้วยเหตุที่เนื้อแน่นนี้เมื่อแปรรูปลงกระป๋องจะคงรูปดั้งเดิม ดันแข็งแรงผลผลิตตกมาก ขั้วผลเหนียวไม่ร่วงง่ายแม้จะถูกลมแรง พันธุ์นี้จึงมีข้อดีตรงที่ว่าแม้จะสุกคาต้นก็จะไม่ร่วงหล่นเร็วเหมือนพันธุ์อื่น ๆ

**แฟรงก์มัลเฮเบ (Frank Malherba)** เป็นพันธุ์หนักกว่าแฟนรีทิฟ ผลสีเหลืองหรือเหลืองแก่ บางครั้งอาจมีปานสีแดงเป็นจ้ำ ๆ เนื้อสีแดงเข้ม แน่น แต่เมื่อแก่จัดเนื้อจะนุ่ม ฉ่ำน้ำ รสหวานและเข้มข้น คุณภาพดีมากสำหรับทั้งกินสดและแปรรูป วิตามินซีสูงมาก เมล็ดน้อย เนื้อในแน่น

## 2.5 อนาคตของฝรั่ง (ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์, 2531 : 63 - 66)

### 2.5.1 ตลาดฝรั่งสด

ตลาดฝรั่งสดที่สำคัญได้แก่ ประเทศในเอเชีย เช่น สิงคโปร์ มาเลเซีย บรูไน ฮองกงและประเทศไทย ตลาดนอกเอเชียมีมูลค่าไม่มากนักแต่ก็เพิ่มขึ้นทุกปี ปัจจุบันมาเลเซียเป็นคู่แข่งที่สำคัญในการผลิตฝรั่งกินสด อย่างไรก็ตามตลาดฝรั่งกินสดไม่น่าจะขยายใหญ่ได้ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

1. ตลาดสำคัญจำกัดอยู่เฉพาะประเทศในเอเชีย
2. การบริโภคเป็นลักษณะการบริโภคของว่าง ปริมาณจึงไม่น่าจะมากเท่าการบริโภคฝรั่งแปรรูป ซึ่งมีลักษณะเป็นเครื่องดื่มและบริโภคเพื่อสุขภาพ
3. ในอนาคตจะประสบกับความยุ่งยากในพิธีการนำเข้าประเทศผู้ซื้อ เพราะมีสาเหตุจากแมลงวันทองเป็นที่รังเกียจของทุกประเทศ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.5.2 ตลาดฝรั่งแปรรูป

เนื่องจากมีคุณค่าทางอาหารสูง โดยเฉพาะวิตามินซี ฝรั่งแปรรูปจึงเป็นที่ขอมรับกันใน ตลาดอเมริกาและตลาดญี่ปุ่นมากขึ้นเป็นลำดับ จนกระทั่งปี พ.ศ. 2524 ตลาดฝรั่งแปรรูปใน อเมริกาและญี่ปุ่นตกลงแต่ในปัจจุบันได้ดีขึ้นแล้ว ปัจจุบันประเทศที่ผลิตฝรั่งแปรรูปที่สำคัญ ๆ ได้แก่ สหรัฐอเมริกา หลายประเทศในอเมริกากลางและอเมริกาใต้ ประเทศในแถบเกาะคาริเบียน ออสเตรเลีย ประเทศข้างเคียงเราที่ให้ความสนใจผลิตฝรั่งแปรรูปก็คือ ไต้หวัน ฟิลิปปินส์

### ตารางที่ 1 คุณค่าทางอาหารของฝรั่ง

น้ำ	: 80 g / 100 g	โปรตีน	: 1 g / 100 g
ไขมัน	: 0.4 g / 100 g	คาร์โบไฮเดรต	: 13 g / 100 g
วิตามิน A	: 200 I.U. / 100 g	วิตามิน B1	: 0.05 mg / 100 g
วิตามิน B2	: 0.04 mg / 100 g	วิตามิน C	: 200 mg / 100 g
แคลเซียม	: 15 mg / 100 g	เหล็ก	: 1 mg / 100 g

## 2.6 พันธุ์ฝรั่งที่นิยมปลูกในประเทศไทย

จากข้อมูลผู้ปลูกฝรั่งเชิงการค้าใน 5 จังหวัด ของกรมส่งเสริมการเกษตร ปี พ.ศ. 2536 พบว่าปลูกพันธุ์กลมมากที่สุด ที่จังหวัดนครปฐม รองลงมาคือสมุทรสาคร ราชบุรี และจันทบุรี คิดเป็นร้อยละ 78.91, 10.64, 10.30 และ 0.15 ตามลำดับ ส่วนพันธุ์เวียคนามปลูกเพียง จังหวัดเดียวคือจังหวัดอุบลราชธานี

ผลผลิตเฉลี่ยของฝรั่งพิจารณาแยกตามพันธุ์ ในช่วงอายุ 2-5 ปี และมากกว่า 5 ปี พบว่า ในช่วงอายุ 2-5 ปี ให้ผลผลิตเฉลี่ย 52 กิโลกรัมต่อต้น และในช่วงอายุมากกว่า 5 ปี ให้ผลผลิต เฉลี่ย 24 กิโลกรัมต่อต้น

ลักษณะการจำหน่ายผลผลิตส่วนใหญ่ขายที่ตลาดภายในจังหวัด 75.79 % รองลงมาคือ ขายที่สวน 14.27 % , ตลาดต่างจังหวัด 5.97 % และตลาดกรุงเทพฯ 3.52 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และห้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 2 ปริมาณและมูลค่าการส่งออกฝรั่งบรรจุภาชนะอัดลม ในเดือนพฤษภาคม 2539

ประเทศ	พฤษภาคม		มกราคม-พฤษภาคม	
	ปริมาณ (kg.)	มูลค่า (บาท)	ปริมาณ (kg.)	มูลค่า (บาท)
แคนาดา	0	0	1952	41664
สาธารณรัฐเช็ก	0	0	1356	27654
สหพันธ์สาธารณรัฐ				
เยอรมัน	0	0	11958	248529
ฝรั่งเศส	0	0	13018	282389
ฮังการี	1356	27698	1356	27698
อินโดนีเซีย	0	0	53100	891239
อิตาลี	136	3168	136	3168

ที่มา : กรมส่งเสริมการเกษตร , 2536

จากข้อมูลดังกล่าวพบว่า ฝรั่งที่รับประทานสด หรือนิยมนำมาปอกเปลือกแปรรูปเพื่อนำมาทำเป็นฟรุตสลัด ฝรั่งอบแห้ง และฝรั่งแช่บ๊วย ส่วนใหญ่นิยมใช้ฝรั่งพันธุ์กลมสาดี เนื่องจากมีรสชาติที่อร่อย และเกษตรกรนิยมปลูกกันมาก ขายได้ราคาดี เมื่อนำมาแปรรูปผลิตภัณฑ์ที่ได้จะมีลักษณะที่สวยงามน่ารับประทานกว่า ซึ่งสอดคล้องกับความต้องการของตลาดทั้งภายในและภายนอกประเทศ



รูปที่ 1 ฝรั่งพันธุ์กลมสาดี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.7 วิธีการลอกเปลือก

วิธีการลอกเปลือกแบ่งออกเป็น (กิตติพงษ์ ห่วงรักษ์, 2536)

- การลอกเปลือกด้วยมือ (Hand Peeling)
- การลอกเปลือกด้วยไอน้ำ (Boiling water or Steam Peeling)
- การลอกเปลือกด้วยการแช่แข็ง (Freeze Peeling)
- การลอกเปลือกด้วยน้ำร้อน (Hot water Peeling)
- การลอกเปลือกโดยใช้กรด (Acid Peeling)
- การลอกเปลือกด้วยเปลวไฟ (Flame Peeling)
- การลอกเปลือกด้วยเครื่องจักร (Mechanical Peeling)
- การลอกเปลือกด้วยสารละลายต่าง (Lye Peeling)

### 2.7.1 การลอกเปลือกด้วยมือ (Hand Peeling)

เป็นการลอกเปลือกแบบแรกที่นำมาใช้ในอุตสาหกรรม มีดที่ใช้จะถูกออกแบบให้เหมาะสมกับการใช้งานกับวัตถุดิบแต่ละชนิด นิยมใช้ในงานที่มีแรงงานถูก หรือเมื่อใช้กับผักผลไม้ที่มีลักษณะบอบบาง ไม่สามารถทนต่อการกระทบกระแทกของเครื่องจักรได้ หรือไม่สามารถทนต่อสารเคมีที่ใช้ในกระบวนการลอกเปลือกได้ การลอกเปลือกด้วยมือนี้ จะมีส่วนเหลือทิ้งที่เป็นของแข็งมากแต่สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้ ระหว่างการลอกเปลือกด้วยมือนี้ จะแยกส่วนที่ไม่ต้องการอื่น เช่น ขั้ว ก้าน ออกไปพร้อมกัน ในบางครั้งอาจมีการตัดแต่งร่วมไปด้วย และนิยมใช้การลอกเปลือก หรือส่วนคำหนิที่ตกค้างอยู่จากการใช้เครื่องจักร

วิธีนี้มีข้อดี คือ

- มีความยืดหยุ่นสูง สามารถใช้กับผักผลไม้ได้หลายชนิด โดยไม่จำกัด
- ใช้อุปกรณ์ง่าย ๆ
- เนื้อเยื่อที่ลอกตัดออกมากับเปลือก สามารถนำมาใช้ประโยชน์ได้อีก เช่น ใช้ทำไวน์ , น้ำ

สมสายชู และอาหารสัตว์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

แต่ก็มีข้อเสียอยู่เหมือนกัน คือ

- เอนไซม์ของผักผลไม้ เกิดปฏิกิริยา เพิ่มการเกิดสีน้ำตาลของผักและผลไม้
- มีอัตราการทำงานต่ำ
- ต้องใช้แรงงานสูง และต้องจ่ายค่าตอบแทนแก่แรงงานในจำนวนมาก

ดังนั้นปัจจุบัน ในอุตสาหกรรมผลไม้กระป๋องจึงไม่นิยมใช้วิธีการปอกเปลือกด้วยมือ แต่จะหันมาใช้การปอกเปลือกด้วยสารละลายแทน

### 2.7.2 การปอกเปลือกด้วยไอน้ำ (Boiling water or Steam Peeling)

โดยใช้ไอน้ำที่ความดันบรรยากาศ หรือภายใต้ความดันเวลา และความดันที่ใช้จะต่างกัน ไป ตามชนิดของผักผลไม้ สามารถใช้ได้กับผักผลไม้หลายชนิด เช่น พืชหัวต่าง ๆ พืช มะเขือเทศ ระยะเวลาการให้ความร้อนเป็นสิ่งที่ต้องควบคุม เพราะจะใช้เวลาเพียงเพื่อให้ผิว หรือเปลือกหลุด ร้อนออก โดยไม่ทำให้เนื้อในสุก จึงต้องใช้ระยะเวลาสั้น เมื่อเปลือกร้อนออก อาจใช้น้ำชะ หรือใช้ แปรงปัดให้เปลือกหลุด การใช้ไอน้ำนี้จะมีการสูญเสียต่ำ

วิธีของการปอกเปลือกด้วยไอน้ำ โดยส่วนใหญ่ จะนำผลไม้ ผัก วางบนสายพานแล้วผ่าน เข้าไปยังส่วนที่จะทำการ Steam โดยจะมีหัวสเปรย์ เรียงกันเป็นแถว ๆ สเปรย์ไอน้ำลงบนผักผลไม้ ในทุก ๆ ด้านโดยตรง ความร้อนจากไอน้ำจะทำให้ส่วนของผิวของผัก ผลไม้ ร้อนอย่างรวดเร็ว ก่อ ให้เกิดไอน้ำภายใต้ผิว ทำให้เปลือกหลุดร้อนออกมาได้ง่าย โดยปกติจะใช้เวลา เพียงแค่ 30 วินาที (สำหรับผลของพืช)

### 2.7.3 การปอกเปลือกด้วยการแช่แข็ง (Freeze Peeling)

การปอกเปลือกด้วยการแช่แข็ง จะนิยมใช้กับผลไม้ที่สุกจัด หรือผลไม้ที่มีเนื้อนุ่ม ๆ อุปกรณ์ที่ใช้จะมีลักษณะคล้ายคลึง กับการปอกเปลือกด้วยไอน้ำ ซึ่งเป็นอุปกรณ์ที่พัฒนามาจาก อุปกรณ์ที่ใช้สำหรับ Cryogenic Freezing

การปอกเปลือกโดยการแช่แข็ง ทำได้โดยการนำผลไม้ไปแช่แข็งอย่างรวดเร็วทำให้เปลือก ผลไม้เท่านั้นเกิดการแข็งตัวซึ่งเนื้อของผลไม้จะไม่แข็งตัว จากนั้นจึงนำไปละลายอย่างรวดเร็ว เปลือกก็จะหลุดออก ในช่วงที่ทำการแช่แข็งผลไม้ enzyme อาจทำให้เกิดการเป็น สีน้ำตาลของ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ผลไม้ได้ ดังนั้นที่บริเวณผิวของผลไม้ควรมีสารพวก ascorbic acid หรือสารตัวอื่นๆ ที่ป้องกันการเกิดสีน้ำตาลโดยตรง มาทากันไว้ เพื่อป้องกันการเกิดสีน้ำตาล

#### 2.7.4 การปอกเปลือกด้วยน้ำร้อน (Hot water Peeling)

การปอกเปลือกด้วยน้ำร้อน จะคล้ายกับวิธีการปอกเปลือกด้วยไอน้ำ แต่ใช้น้ำร้อนแทนไอน้ำ ทำได้โดยจุ่มผัก ผลไม้ลงในน้ำเดือด เวลาที่ใช้จะขึ้นกับชนิดของผัก ผลไม้ สามารถใช้ได้กับ มันฝรั่ง มะเขือเทศ พืชสุก แต่วิธีนี้จะทำให้มีน้ำบางส่วนเข้าไปในผัก ผลไม้ ทำให้มีเนื้อแฉะ และยังมี การสูญเสียสารอาหารที่ละลายน้ำไปบ้าง

#### 2.7.5 การปอกเปลือกโดยใช้กรด (Acid Peeling)

การปอกเปลือกโดยใช้กรด ทำได้โดยการจุ่มผลไม้ลงในสารละลายกรดที่ร้อนจัด เช่น hydrochloric acid (HCL) 0.1%, oxalic acid 0.05% citric acid 0.1% หรือ tartaric acid 0.1% กรดจะทำให้เปลือกแตกและแยกออก ในที่สุดเปลือกก็จะหลุดออกมา จึงล้างกรดออก ด้วยน้ำสะอาด การปอกเปลือกด้วยวิธีนี้ จะไม่ทำให้ผลไม้เกิดเป็นสีน้ำตาล

#### 2.7.6 การปอกเปลือกด้วยเปลวไฟ (Flame Peeling)

การปอกเปลือกด้วยเปลวไฟ หรือการปอกเปลือกด้วยการข่าง ทำได้โดยการข่างวัตถุดิบบนเปลวไฟ หรือ มีสายพาน นำวัตถุดิบผ่านเปลวไฟที่มีอุณหภูมิมากกว่า 1000°C และใช้เวลาอัน้อยที่สุดที่จะไม่ทำให้วัตถุดิบสุก ความร้อนจะทำให้ผิวนอกไหม้ หลังจากนั้น จะใช้น้ำที่ความดันสูงฉีดเป็นฝอย เปลือกก็จะหลุดออกไป วิธีนี้ใช้ได้เฉพาะผัก ผลไม้ที่มีเปลือกหนา หรือมีเปลือกบางแต่หลุดร้อนออกได้ง่าย เช่น มันฝรั่ง หอมหัวใหญ่ หอม กระเทียม พริก พริกทอง มะเขือยาว เป็นต้น วิธีนี้จะมี การสูญเสียเฉลี่ยประมาณ 9 %

### 2.7.7 การปอกเปลือกด้วยเครื่องจักร (Mechanical Peeling)

การปอกเปลือกด้วยเครื่องจักร เป็นการปอกเปลือกโดยอาศัยเครื่องมือ ที่มีลักษณะออกมา เฉพาะสำหรับวัตถุดิบแต่ละชนิด เช่น เครื่องปอกเปลือกสับปะรดที่เรียกว่า Ginaca ประกอบด้วยใบ มีด ทำหน้าที่ตัดหัวและท้ายของผลสับปะรด จากนั้นจะมีท่อกลางขนาดใหญ่และขนาดเล็กซ้อนกัน อยู่ ทำหน้าที่กดคั้นให้เปลือกและแกนสับปะรด หลุดออกไปจากผลพร้อม ๆ กัน ในที่สุดจะได้ผล สับปะรดที่ปอกเปลือกแล้วมีลักษณะทรงกระบอกกลวง

ส่วน Mechanical peeler เป็นเครื่องมือปอกเปลือกที่ผนังภายในถึงและกันถึงมีลักษณะ หยาบสาก เคลือบด้วยสาร carborandum abrasive เมื่อนำผักหรือผลไม้ที่ต้องการปอกเปลือกใส่ลง ไปในถัง ตัวถังจะหมุนเพื่อป้องกันไม่ให้ผักและผลไม้ชำรุด จะมีน้ำไหลผ่านตลอดเวลา ขณะเดียวกัน น้ำจะช่วยพาให้ผัก และผลไม้กลิ้งไปมาเสียดสีกับผิวที่หยาบ ทำให้เปลือกหลุดได้ การปอกเปลือก ด้วยเครื่องจักรแบบนี้ จะใช้ได้กับผัก หรือผลไม้ที่มีขนาดสม่ำเสมอ มีผิวบางและเรียบ มีรอยบุ๋ม เช่นแตง น้อย นิยมใช้กับมันฝรั่ง แครอท เป็นต้น

### 2.7.8 การปอกเปลือกด้วยด่าง (Lye Peeling)

การปอกเปลือกด้วยสารละลายด่าง เป็นการปอกเปลือกที่นิยมใช้กับผัก ผลไม้ ที่มีเปลือก บาง จะทำโดยจุ่มผัก ผลไม้ลงในสารละลายด่างร้อน ที่มีความเข้มข้นที่เหมาะสม โดยใช้เวลาที่ เหมาะสม ขึ้นกับชนิดของผักผลไม้ แล้วใช้น้ำฉีดหรือใช้แปรงขัดเปลือกที่หลุดออก ด่างที่นิยมใช้ คือ โซเดียมไฮดรอกไซด์ หรือ อาจใช้โซดาแอช หรือ โซเดียมคาร์บอเนตปะปนบ้าง สารละลายโซ ดาแอชจะมีความรุนแรงน้อยกว่าแต่สามารถกำจัดจากผัก ผลไม้ ได้ง่ายกว่า ด่างจะไปทำปฏิกิริยากับ สารพวก Pectin substance ซึ่งอยู่บริเวณ middle lamella ในเซลล์ของผัก และผลไม้ส่วนของเปลือก ทำให้เปลือกหลุดออกไป ในขณะที่ส่วนของเนื้อผลไม้ ซึ่งเป็น Parenchyma cell ไม่ทำปฏิกิริยากับ ด่าง จึงไม่หลุดออกไปด้วย ความเข้มข้นของโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่ใช้ตามปกติจะอยู่ในช่วง 1.0 - 2.5% และการปอกที่ให้ผลดีนั้น ด่างควรร้อน โดยมีอุณหภูมิประมาณ 30 - 100°C นอกจากนี้ใน สารละลายด่างอาจมีการเติมสารช่วยให้เปียกผิว (wetting agent) ลงไปด้วย เพื่อช่วยให้ด่างสัมผัส กับผิวผัก ผลไม้ดีขึ้น สารที่ช่วยให้เปียกผิวที่อาจใช้ได้คือ เอทิลเฮกซิลซัลเฟต (2 - ethy hexyl Sulfate), โซเดียมโมโนเมทิลแนพทาเลนซัลโฟเนต (Sodium monomethyl naphthalene sulfonate) และโซเดียมไดเมทิลแนพทาเลนซัลโฟเนต (Sodium dimethyl naphthalene sulfonate)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เวลาที่ใช้จุ่มผัก ผลไม้ ในสารละลายต่างนี้ จะต่างกันไป ขึ้นกับความเข้มข้นของด่าง และอุณหภูมิของระบบ เมื่อใช้ความเข้มข้นของด่างมากขึ้น หรือใช้อุณหภูมิสูงขึ้น จะใช้เวลาลดลง อุณหภูมิที่ใช้ประมาณจุดเดือดของน้ำ การปกปิดเปลือกเพื่อแช่แข็งจะไม่ใช้อุณหภูมิเกิน 63°C เพื่อไม่ให้ผัก ผลไม้สุก หลังจากนำผัก ผลไม้ขึ้นจากด่างจะต้องทำให้เป็นกลาง (Neutralization) โดยการแช่ในสารละลายกรด เช่น กรดซิตริก เข้มข้น 0.5 - 3.0 % หรือ โดยการล้างด้วยน้ำมาก ๆ เพื่อให้ด่างที่ติดอยู่ออกให้หมด เพราะด่างจะทำให้ความเป็นกรดด่างของระบบสูงขึ้น เอนไซม์ที่ทำให้เกิดสีน้ำตาลจะทำงานได้ดีขึ้น ดังนั้นน้ำที่ใช้นี้ควรล้างอาจมีการเติมกรดลงไปด้วย เพื่อช่วยสะเทินด่างที่ติดค้างอยู่

ระหว่างการปกปิดเปลือก จะต้องมีการตรวจสอบปริมาณ และความเข้มข้นของด่างให้คงที่ การตรวจสอบจะทำโดยสุ่มตัวอย่างมาไตเตรท หรือใช้วิธีวัดการนำไฟฟ้า การควบคุมปริมาณค่าอย่างระมัดระวัง จะช่วยประหยัดด่าง และลดการสูญเสีย เนื่องจากส่วนเนื้อที่หลุดติดมากับเปลือก

เนื่องจากการปกปิดเปลือกด้วยด่างร้อนนี้ จะต้องใช้น้ำมากในการล้างด่างตกค้าง และช่วยชะเปลือกที่หลุดออก จึงทำให้มีน้ำเสียเกิดขึ้นมากในกระบวนการ จึงมีการพัฒนากระบวนการ เพื่อลดการใช้น้ำ เรียกว่าการใช้ด่างในสภาวะแห้ง (dry caustic peeling) โดยให้ผัก ผลไม้ สัมผัสกับสารละลายด่างเข้มข้น แล้วให้ความร้อนที่อุณหภูมิสูงประมาณ 900°C เมื่อเปลือกร้อนหลุดออกจะใช้แปรงปัดแทนการใช้น้ำฉีด ซึ่งจะช่วยลดการใช้น้ำ

การปกปิดเปลือกด้วยด่างนี้ นิยมใช้กับผัก ผลไม้หลายชนิดที่มีเปลือกบาง เช่น พืชหัวต่าง ๆ มะเขือเทศ พืช แพร่ เป็นต้น โดยมีการสูญเสียเฉลี่ยประมาณ 17%

### ประโยชน์ของ Lye Peeling

1. มีประสิทธิภาพของการปกสูง ลดการสูญเสียของเนื้อเยื่อ ลดรอยถลอกของเนื้อเยื่อ เนื่องจากการปก
2. ปอกเปลือกวัตถุดิบได้คราวละมาก ๆ จำนวนของผลิตภัณฑ์ที่ได้จากการปกสูง
3. ลดระยะเวลา ลดแรงงาน ที่ใช้ในการปก ทำให้ต้นทุนที่ใช้ในการปกมีราคาต่ำ นอกจากราคาที่ใช้ในการปกมีราคาต่ำ
4. สามารถปกเปลือกวัตถุดิบได้หลายชนิดและปกเปลือกได้ทุกขนาด, รูปร่างและพันธุ์
5. อุปกรณ์ที่ใช้จัดหาง่าย และสะดวกต่อการติดตั้ง
6. เนื่องจากแช่ใน citric acid จึงช่วยลด Browning ของผลไม้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.8 ชนิดของด่างที่ใช้ในการลอกเปลือก

โซเดียมไฮดรอกไซด์ เป็นด่างที่ใช้มากที่สุดในการลอกเปลือกผลไม้ นอกจากนี้ก็ยังมีผลกระทบต่อระหว่าง โซเดียมคาร์บอเนต และโซเดียมไฮดรอกไซด์ แม้ว่า คาร์บอเนตจะมีความรุนแรงน้อยกว่า ไฮดรอกไซด์ แต่คาร์บอเนตสามารถกำจัดออกจากผลไม้ได้ง่ายกว่า

ลักษณะของโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะมีลักษณะเป็นเกล็ด ๆ และบรรจุไว้ที่ 95 % NaOH ถ้าบรรจุเป็นสารละลายจะบรรจุที่ความเข้มข้นประมาณ 50% NaOH กรรมวิธีการผลิตโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะบรรจุในกระป๋องที่มีความแข็งแรงในลักษณะของ "เปอร์เซ็นต์ โซเดียมออกไซด์" ซึ่งความสัมพันธ์ระหว่าง เปอร์เซ็นต์  $\text{Na}_2\text{O}$  กับ เปอร์เซ็นต์ NaOH แสดงดังตารางที่ 2

ตารางที่ 3. Relation of Sodium Oxide to Sodium Hydroxide content of Commercial Sodium Hydroxide

Percent Sodium Hydroxide , NaOH	Percent Sodium oxide, $\text{Na}_2\text{O}$
50	38.75
60	46.50
70	54.25
75	58.12
80	62.00
85	65.87
90	69.75
95	73.62
98	75.95
100	77.50

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 2.9 ความเข้มข้น ระยะเวลา และอุณหภูมิ ของสารละลายต่าง

ความเข้มข้นของสารละลายต่างที่ใช้สำหรับผลไม้ จะใช้ประมาณ 1.5-2% NaOH แต่อาจจะใช้ความเข้มข้นมากกว่านี้ สำหรับ ผลไม้ที่สุก สำหรับพีชหิว เช่น แครอท และมันฝรั่งปกติจะใช้ความเข้มข้นของต่างประมาณ 10 - 15 %

จาก J.G Woodroof (บทที่ 3 fruit washing, Reeling and Preparation)

\* การปอกเปลือกพีชสำหรับบรรจุกระป๋องและหมักดอง ต้องใช้สารละลายต่างเคียด ที่มีความเข้มข้น 1 - 1/2 % ของต่าง แช่ในสารละลายนาน 60 วินาที แล้วทำให้เป็นกลางด้วยกรดซิตริกเข้มข้น 0.5 - 3 % จะให้พีชที่ปอกเปลือกแล้วมีคุณภาพดีที่สุด

\* ส่วนการปอกเปลือก พีช สำหรับการแช่แข็ง และการทำแห้ง จะใช้ต่างที่มีความเข้มข้นสูงมาก ประมาณ 10% และแช่ พีช ในสารละลายต่างนานประมาณ 4 นาที โดยอุณหภูมิของต่างไม่สูงกว่า 63°C ดังแสดงในตารางที่ 3

### ตารางที่ 4 : Procedure for Peeling Peaches for Freezing

Alkali (89% caustic, 10% detergent, 1% wetting agent)	90	lb
water	110	gal
Time in contact with slution	1-3	min
Time for air exposure and drainage	20-30	sec
Rinsing in water with gentle brnshing	30	sec
Dipping in 1% citric acid bath	30	sec

\* สำหรับการปอกเปลือกแอปเปิล ด้วยต่าง แอปเปิลจะผ่านการ Steam มาก่อน เป็นเวลา 30 วินาที ที่อุณหภูมิ 80 °C จากนั้นก็จุ่มผลแอปเปิลในสารละลายต่างที่มีความเข้มข้น 10 % เป็นเวลา 2 นาที ที่อุณหภูมิ 60°C จากนั้นทำให้เป็นกลางที่ 5.0% citric acid จะทำให้การปอกเปลือกแอปเปิลมีประสิทธิภาพมากกว่า การปอกเปลือกด้วยเครื่องจักรที่ใช้ปอกเปลือกแอปเปิล

จาก Fruit Lab, USDA, Hondulu, Hawaii, USA. 1973

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การปอกเปลือกผล Lychees เพื่อการแช่แข็งที่  $-18^{\circ}\text{C}$  ใช้สารละลายด่างมีความเข้มข้น 20% NaOH เป็นเวลา 3 นาที ที่อุณหภูมิ  $90^{\circ}\text{C}$  ทำให้การปอกเปลือกผล Lychees มีประสิทธิภาพของการปอกสูงมาก

## 2.10 การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม (Optimum Condition) ด้วยวิธี Response Surface

จากการศึกษาพบว่า ในการพัฒนาผลิตภัณฑ์หลายประเภท ซึ่งมีหลายตัวแปรเข้ามาเกี่ยวข้องในกระบวนการผลิต ได้มีการนำวิธี Response Surface Methodology (RSM) มาใช้ในการวางแผนการทดลอง ทำให้สามารถคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรในการผลิตผลิตภัณฑ์ที่มีคุณภาพตามต้องการได้ ด้วยระยะเวลาอันสั้น เนื่องจากโดยวิธีนี้ผู้ที่ต้องการทำการวิจัย สามารถศึกษาผลของตัวแปรหลายตัวที่ระดับต่าง ๆ ได้ในเวลาเดียวกัน ด้วยจำนวนการทดลองที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แบบแผนการทดลองแบบดั้งเดิม ซึ่งศึกษาได้เพียงทีละตัวแปร ขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ มีค่าคงที่ จึงต้องทำการทดลองจำนวนมาก และใช้เวลานาน

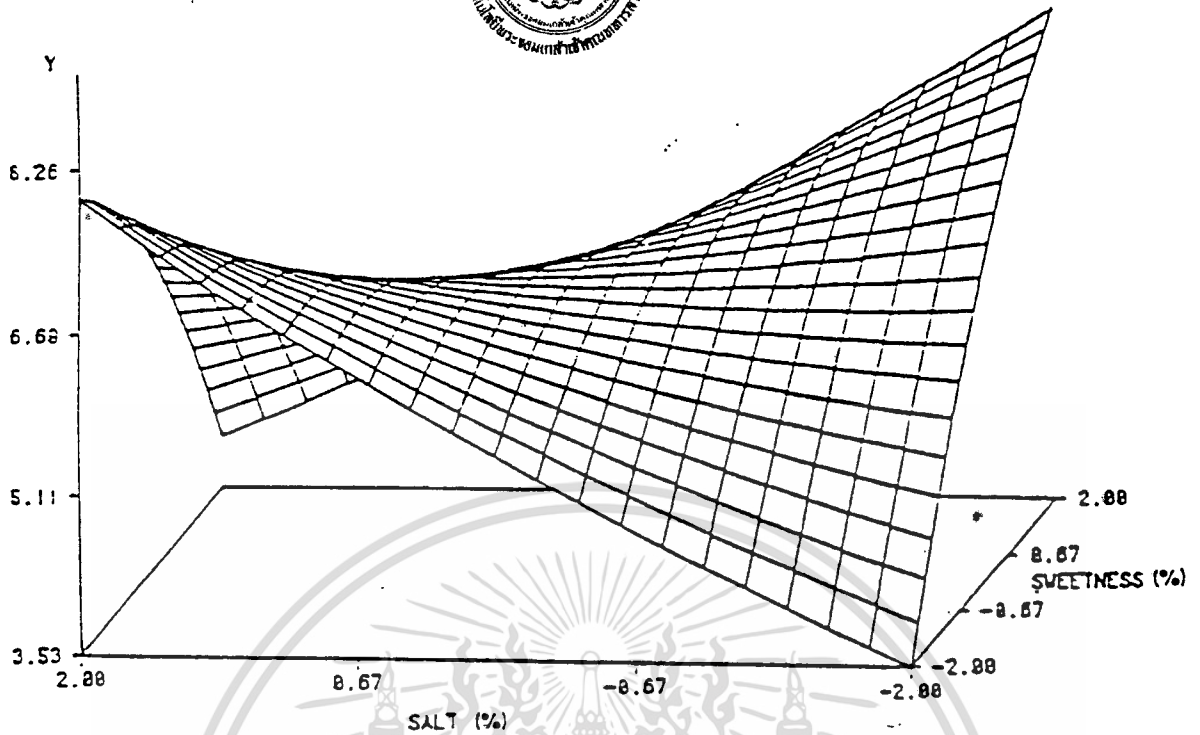
วิธี RSM มีหลักการ และขั้นตอนโดยย่อดังนี้

หลักการ วิธี RSM เป็นการนำข้อมูลเชิงปริมาณที่ได้จากแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม (appropriate experimental design) มาวิเคราะห์ข้อมูล โดยใช้ multiple regression analysis เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับค่าตอบสนอง (response) ต่อตัวแปร ซึ่งสามารถแสดงด้วยสมการทางคณิตศาสตร์ และจากสมการที่สร้างขึ้นนี้ อาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ สำเร็จรูปในการสร้างกราฟ 3 มิติ เรียกว่า response surface plot ภายในช่วงของตัวแปรที่ศึกษา ซึ่งจะแสดงระดับของตัวแปรในแนวระนาบ และแสดงค่า response ในแนวแกนตั้ง (รูปที่ 2) หรือสร้างกราฟ 2 มิติ ที่เรียกว่า contour plot (รูปที่ 3) ซึ่งกราฟทั้งสองมีประโยชน์ในการอธิบาย

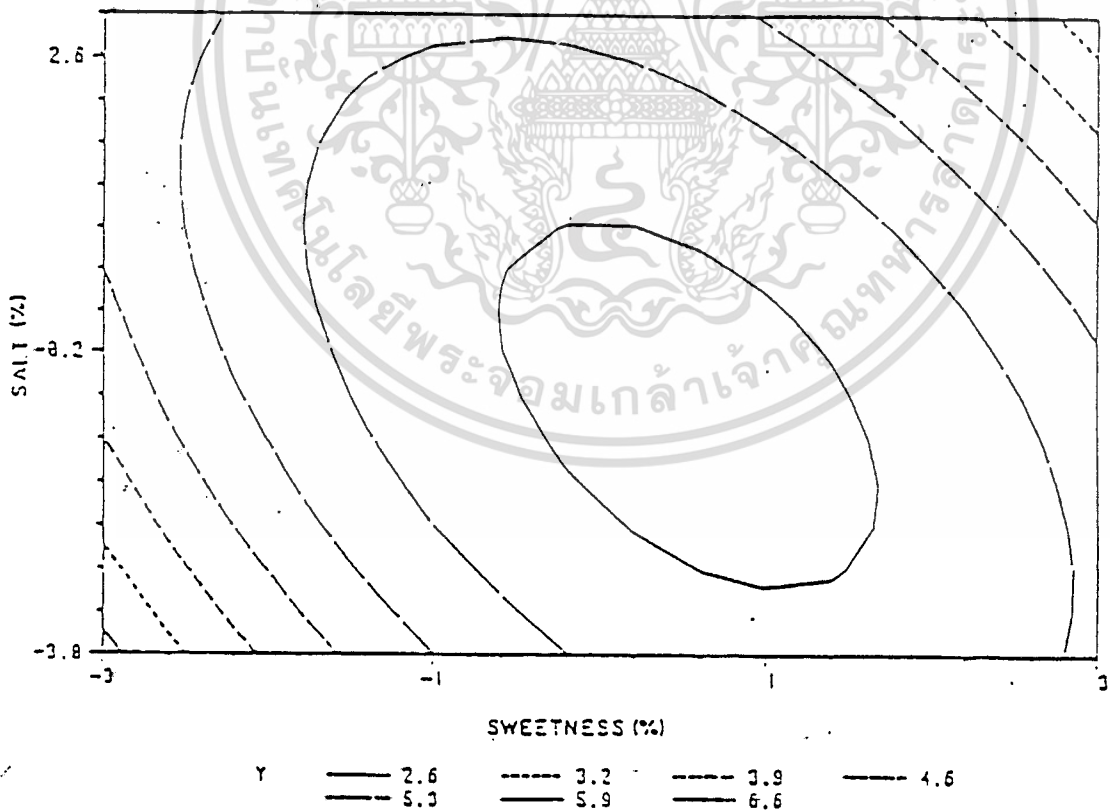
- 1) ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อค่าตอบสนอง
- 2) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา
- 3) ผลรวมของตัวแปรที่ศึกษาต่อค่าตอบสนอง

จาก response surface plot หรือ Contour plot นี้เอง ทำให้สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรในกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2 กราฟ 3 มิติ แสดง response surface plot.



รูปที่ 3 กราฟ 2 มิติแสดง contour plot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสาร **038089** ไปใช้

## ขั้นตอนของวิธี RSM

### 1) กำหนดตัวแปร (*independent variable*) ช่วงของตัวแปร และผลตอบสนอง(*response*)

ตัวแปรที่ถูกกำหนดขึ้น จะต้องมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ หรือ ต่อกระบวนการผลิต ซึ่งอาจเป็นส่วนผสม (*ingredient*) เช่น เฟอร์เซนต์เกลือ เฟอร์เซนต์น้ำตาล หรือสภาวะที่ใช้ในการผลิต เช่นระดับอุณหภูมิ เวลา เป็นต้น โดยต้องกำหนดช่วงของตัวแปรที่เหมาะสม หากช่วงของตัวแปรกว้างเกินไป บางครั้งไม่สามารถระบุสภาวะของตัวแปรที่ให้ *optimum condition* ได้ อย่างชัดเจน จะต้องวางแผนการทดลองใหม่โดยกำหนดช่วงของตัวแปรให้แคบลง นอกจากนี้จะต้องกำหนด *response* ที่ต้องการวัดซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษา เช่น ในการผลิตแฮม ให้มีคุณภาพเป็นที่ยอมรับของผู้บริโภค โดยกำหนดตัวแปรคือ เฟอร์เซนต์เกลือ และเฟอร์เซนต์น้ำตาล ซึ่งเป็นส่วนผสมในการผลิตแฮม *response* ที่ต้องการวัด คือ คะแนนความชอบนั่นเอง โดยมีวัตถุประสงค์ในการเลือกสภาวะของตัวแปร คือ เฟอร์เซนต์เกลือ และเฟอร์เซนต์น้ำตาล ที่ทำให้ผลิตภัณฑ์มีคะแนนความชอบสูงสุด

### 2) กำหนดแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม (*appropriate experimental design*)

แบบแผนการทดลองสำหรับวิธี RSM มีหลายแบบแผนด้วยกัน ซึ่งมีทั้ง *Complete* และ *fractional factorial design* การเลือกใช้แบบแผนใดนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่ศึกษาค้นคว้า มีแบบแผนการทดลอง 2 แบบ ที่สามารถใช้ทำนายผลการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพ ด้วยการทดลองจำนวนไม่มาก ได้แก่ *Central Composite design* และ *Box-Behnken design* เช่น การศึกษาตัวแปร 3 ตัวแปร โดยแบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ระดับ จะประกอบไปด้วย การทดลองจำนวน 17 และ 15 การทดลอง สำหรับ *Central Composite design* และ *Box- Behnken* ตามลำดับ ซึ่งแสดงไว้ในภาคผนวก ก. ดังนั้นการเลือกแบบใดแบบหนึ่งมาใช้ในการทดลองจะช่วยลดเวลา และค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี

### 3) การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้วยแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษาโดยวิธี *multiple regression* ในรูปสมการกำลังสอง รูปแบบของสมการที่นิยมใช้ส่วนใหญ่คือ สมการโพลีโนเมียล กำลังสอง ซึ่งมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$Y = B_0 + \sum_i B_i X_i + \sum_{i < j} B_{ij} X_i X_j + \sum_i B_{ii} X_i^2$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เนื่องจากสามารถอธิบายผลของตัวแปรต่อค่าตอบสนอง (linear effect) ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร (interaction) และผลรวมของตัวแปรต่อค่าตอบสนองได้ จากสมการดังกล่าว เมื่อได้ตัวแปรที่มีผลต่อ response อย่างมีนัยสำคัญแล้ว จะสามารถสร้างกราฟ Contour plot โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปได้ Contour plot เป็นอนุกรมของเส้นตรง หรือเส้นโค้ง ซึ่งแสดงสถานะตัวแปรซึ่งให้ค่า response คงที่ มีหลายรูปแบบขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับค่า response ดังนั้น จาก Contour plot ที่ได้ ทำให้สามารถเลือกสถานะของตัวแปรที่ให้ค่า response ตามต้องการได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้นำเอาวิธี RSM มาใช้ในการคัดเลือกสถานะของตัวแปรที่เหมาะสม ด้วยการนำแผนการทดลองแบบ Box-Behnken ซึ่งประกอบด้วย การทดลอง 15 การทดลอง สำหรับการศึกษาดัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายต่าง, อุณหภูมิของสารละลายต่าง และเวลาในการแช่ มาใช้ในงานวิจัยเพื่อคัดเลือกสถานะที่ใช้ในการปลูกเปลือกฝรั่ง ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่เปลือกออกได้สูงสุด และจากการศึกษารายงานวิจัยที่ผ่านมา พบว่า สมการที่นิยมใช้มากที่สุด สำหรับวิธี RSM คือ สมการโพลีโนเมียล กำลังสอง (fullsecond-order polynomial model) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาใช้ในการสร้าง Contour plot มีหลายโปรแกรมด้วยกัน ดังนั้นในงานวิจัยนี้ จึงได้เลือกสมการโพลีโนเมียลกำลังสอง มาใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง ตัวแปรที่ศึกษากับค่าเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่เปลือกออกได้ และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS ในการสร้าง Contour plot

## บทที่ 3

### วัสดุอุปกรณ์ และวิธีการทดลอง

#### 3.1. วัสดุและอุปกรณ์

##### 3.1.1 วัสดุดิบ

- ฝรั่ง

##### 3.1.2 สารเคมี

- โซเดียมไฮดรอกไซด์ (NaOH)

- กรดซิตริก (Citric acid)

##### 3.1.3 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

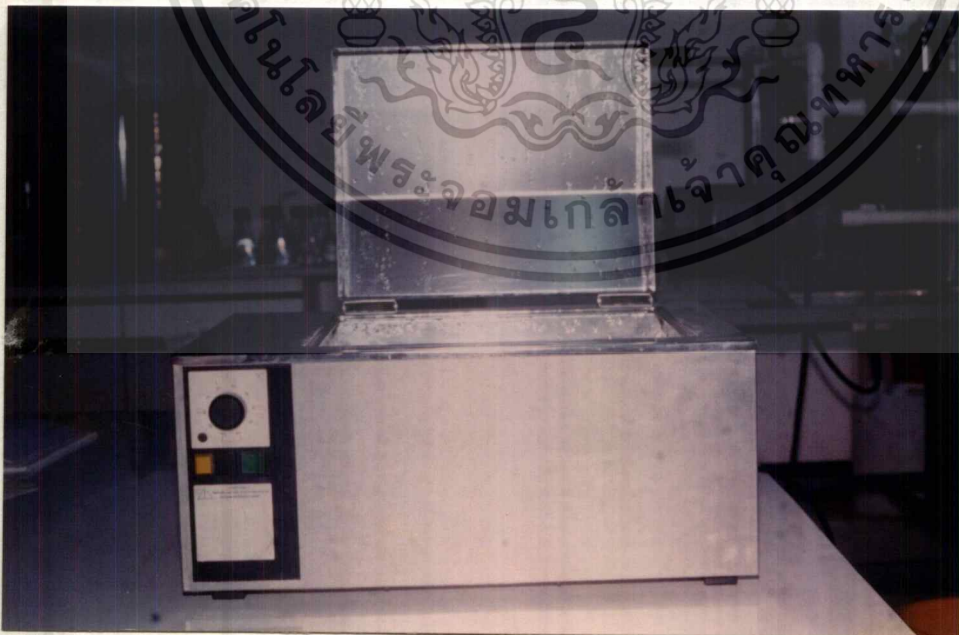
- เครื่องชั่ง

- มีดปอก

- Water bath ซึ่งมี thermostat ควบคุมอุณหภูมิ

- บีกเกอร์ หรืออ่างสแตนเลส สำหรับใส่สารละลายต่าง, กรดซิตริก, น้ำ เพื่อล้างหลังจาก Peeling เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพของการปอกเปลือก

- ไมโครคอมพิวเตอร์, โปรแกรม STATGRAPHICS



รูปที่ 4 Water bath ซึ่งมี thermostat ควบคุมอุณหภูมิ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## 3.2 การศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลา ต่อเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกออกได้

ในงานวิจัยนี้ต้องการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเข้มข้นของสารละลายค่าง NaOH อุณหภูมิ และเวลาในการแช่ โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสภาวะของตัวแปร (Combination variable) ที่ใช้ในการแช่ฝรั่งซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกออกได้สูงสุด

ดังนั้นเพื่อให้สามารถศึกษาผลของตัวแปรหลายๆ ตัวที่สภาวะต่างๆ ได้ในเวลาเดียวกัน จึงได้นำวิธี Response Surface Methodology (RSM) มาใช้ในงานวิจัย ซึ่งมีขั้นตอนดังนี้

### 3.2.1 กำหนดตัวแปร (Independent variables) และช่วงของตัวแปรที่ต้องการศึกษา

จากการศึกษาเอกสารงานวิจัย พบว่า ความเข้มข้นของสารละลายค่าง NaOH มีผลต่อการปอกเปลือกของผลไม้ สำหรับความเข้มข้นของสารละลายค่างที่เลือกศึกษา อยู่ในช่วง 3 - 10% NaOH ซึ่งเป็นช่วงความเข้มข้นที่นิยมใช้ในการศึกษา เนื่องจากมีผลให้ค่าประสิทธิภาพของการปอกสูงดังที่กล่าวไปแล้วในบทที่ 2

อุณหภูมิก็เป็นตัวแปรหนึ่งที่มีผลในขั้นตอนของการปอกเปลือก ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงเลือกศึกษาอุณหภูมิในช่วงตั้งแต่อุณหภูมิต่ำ (30°C) ถึง 50°C

สำหรับเวลาที่ใช้ในการแช่ผลไม้ จะแปรตามอุณหภูมิที่ใช้ ดังนั้นจึงเลือกศึกษาเวลาในช่วง 1 - 9 นาที

ตัวแปรสำคัญที่ศึกษาในขั้นตอนการปอกเปลือกค่างและช่วงของตัวแปร แสดงในตารางที่ 5

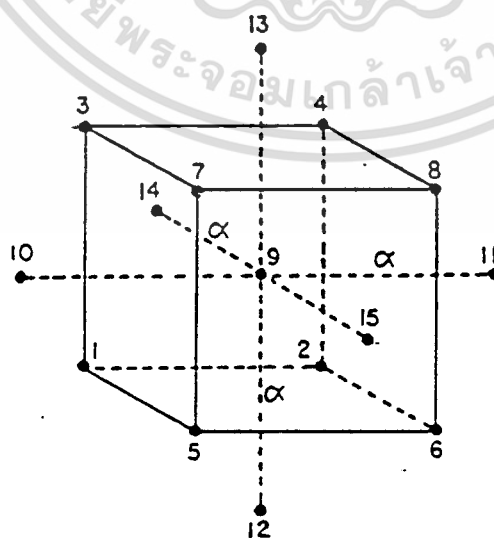
ตารางที่ 5 ตัวแปรและช่วงของตัวแปรที่ศึกษาในขั้นตอนการปกเปลือกด้วยต่าง  
โซเดียมไฮดรอกไซด์

ตัวแปร	ช่วงของตัวแปร
ความเข้มข้นของสารละลายต่าง (% NaOH)	3 - 10
อุณหภูมิของสารละลายต่าง ( °C )	30 - 50
เวลาที่ใช้ในการแช่ ( นาที )	1 - 9

3.2.2 กำหนดแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม (Appropriate experimental design)

แบบแผนการทดลองที่เหมาะสมสำหรับวิธี RMS มีหลายแบบ ในงานวิจัยนี้ได้เลือกใช้แบบแผน Box - Behnken สำหรับการทดลองที่มี 3 ตัวแปร แบ่งช่วงของตัวแปรออกเป็น 3 ระดับ คือ -1, 0, +1 (Optimization pattern) ซึ่งประกอบด้วยจำนวนการทดลอง 15 การทดลอง ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนในการทำนายผลการทดลองตลอดช่วงของตัวแปรที่ศึกษา

เนื่องจากสภาวะการทดลองทั้ง 15 สภาวะอยู่ในลักษณะของ Rotatable design คือหมุนไปรอบจุดกึ่งกลางด้วยระยะห่างเท่ากัน แสดงได้ดังรูป ซึ่งในจำนวน 15 สภาวะนี้ได้รวบรวมสภาวะการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางจำนวน 3 ซ้ำไว้ด้วย



รูปที่ 5 The 15 design points of a three-variable composite design

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสำหรับการศึกษาผลของตัวแปรทั้ง 3 ในขั้นตอนการปกเปลือกสามารถกระทำได้ โดยการทดลองแช่ฝรั่งในสารละลายต่าง ด้วยสภาวะการทดลอง จำนวน 15 การทดลอง ซึ่งแสดงได้ดังนี้

ตัวแปร	สัญลักษณ์ของตัวแปร	-1	0	+1
ความเข้มข้นของสารละลายต่าง NaOH	$X_1$	3	6.5	10
อุณหภูมิของสารละลายต่าง NaOH	$X_2$	30	40	50
เวลาที่ใช้ในการแช่	$X_3$	1	5	9

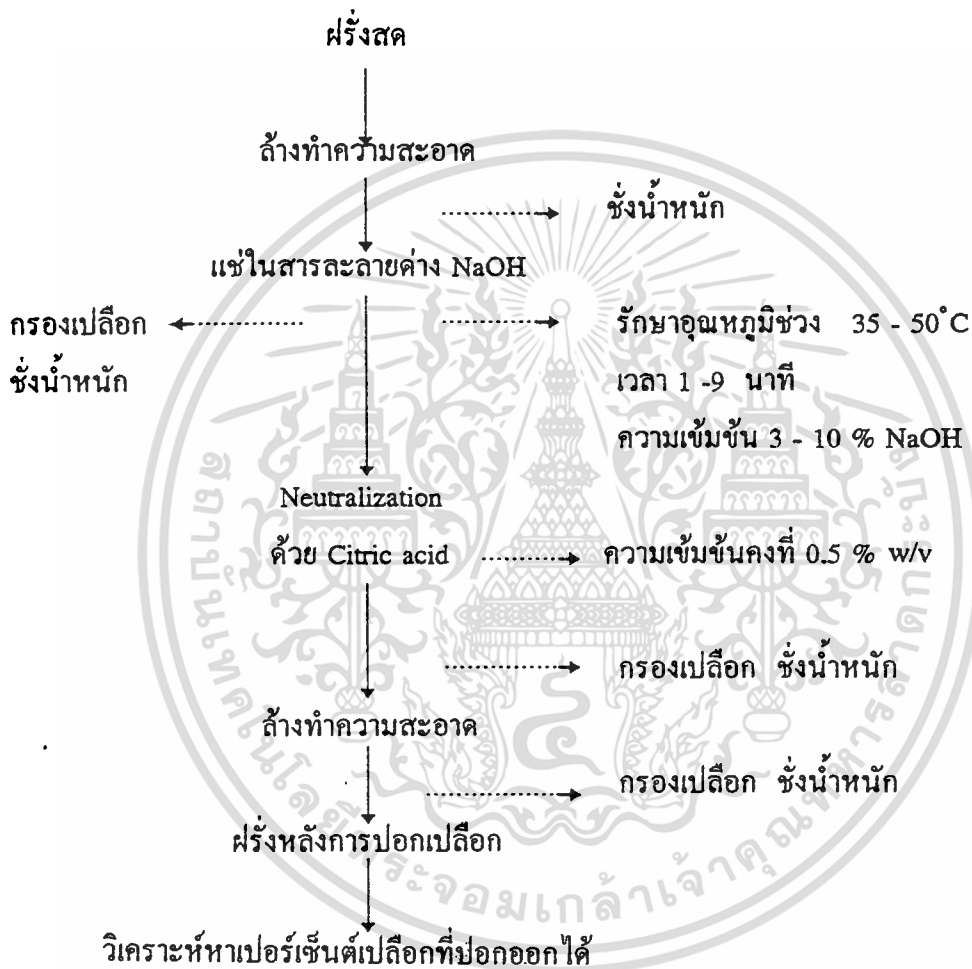
การทดลองที่	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	-1	-1	0
2	-1	+1	0
3	+1	-1	0
4	+1	+1	0
5	-1	0	-1
6	-1	0	+1
7	+1	0	-1
8	+1	0	+1
9	0	-1	-1
10	0	-1	+1
11	0	+1	-1
12	0	+1	+1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

ทำการทดลองด้วยสภาวะการทดลองข้างต้น วิธีการทดลองได้แสดงในแผนภาพรูปที่ 6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.3 วิธีการทดลอง

#### วิธีการทดลองในขั้นตอน Lye peeling



รูปที่ 6 แผนภาพแสดงขั้นตอนการลอกเปลือกด้วยสารละลายด่าง

## วิธีทำการทดลอง

### การทดลองแบบที่ 1 การปอกเปลือกด้วยมือ

1. ฝรั่งสด 1 ผล ล้างทำความสะอาด ชั่งน้ำหนัก แล้วบันทึกผลในตาราง ใช้มีดที่มีความคมปอกเปลือกฝรั่งออกด้วยความระมัดระวังจนหมดทั้งผล จากนั้นชั่งน้ำหนักเปลือกของฝรั่งที่ปอกออกมา บันทึกผลในตาราง และชั่งน้ำหนักของเนื้อฝรั่ง บันทึกผลในตาราง
2. ทำการทดลองซ้ำกับฝรั่งผลอื่นๆอีกหลายผล เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักของผลฝรั่ง น้ำหนักของเปลือกฝรั่ง และน้ำหนักของเนื้อฝรั่ง

โดยหาค่าจาก

$$(\text{ผลรวมของน้ำหนักฝรั่งสด})/(\text{จำนวนการทดลอง}) = \text{น้ำหนักเฉลี่ยของผลฝรั่งสด}$$

$$(\text{ผลรวมของน้ำหนักเปลือกฝรั่ง})/(\text{จำนวนการทดลอง}) = \text{น้ำหนักเฉลี่ยของเปลือกฝรั่ง}$$

$$(\text{ผลรวมของน้ำหนักเนื้อฝรั่ง})/(\text{จำนวนการทดลอง}) = \text{น้ำหนักเฉลี่ยของเนื้อฝรั่ง}$$

โดยน้ำหนักเฉลี่ยของเปลือกฝรั่งและน้ำหนักเฉลี่ยของเนื้อฝรั่งที่ได้คิดเป็น 100%

3. คุณลักษณะภายนอกทั่วไป โดยการประเมินด้วยประสาทสัมผัส บันทึกผลการทดลอง
4. สังเกตสีที่ปรากฏ และการชิมรสชาติ

### การทดลองแบบที่ 2 การปอกเปลือกด้วยสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์

1. ฝรั่งสดล้างทำความสะอาด ชั่งน้ำหนักบันทึกผล
2. แช่ในสารละลายค่าง NaOH ที่สภาวะความเข้มข้น อุณหภูมิ และเวลาต่างๆ ตามแบบแผนการทดลองที่ได้ออกแบบไว้
3. นำขึ้นจากสารละลาย NaOH (เพื่อมาทำให้เป็นกลางด้วยสารละลายกรดซิตริก)
4. กรองสารละลาย NaOH ด้วยกระดาษกรอง จะได้เปลือกบางส่วนที่หลุดออกมา
5. นำฝรั่งมาทำให้เป็นกลาง โดยแช่ในสารละลายกรดซิตริกเข้มข้น 0.5 % เพื่อทำให้เป็นกลาง
6. อาจมีเปลือกบางส่วนหลุดออกมาในสารละลายกรดซิตริก ให้กรองกรดซิตริกด้วยกระดาษกรอง
7. จากนั้นนำผลฝรั่งมาล้างด้วยน้ำสะอาด ใช้มือถูเบาๆ จนเปลือกหลุดออก
8. นำน้ำที่ล้างผลฝรั่ง มากรองด้วยกระดาษกรอง จะได้เปลือกอีกส่วนหนึ่ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

9. นำเปลือกที่กรองได้ทั้งหมด (จากข้อ 4, 6, 8) รวมกัน แล้วชั่งน้ำหนัก บันทึกผลไว้
10. ชั่งน้ำหนักเนื้อของฝรั่งที่ปอกเปลือกด้วยด่าง บันทึกผลไว้
11. นำเปลือกที่ปอกได้ทั้งหมด (จากข้อ 9) รวมกับน้ำหนักเนื้อ (จากข้อ 10) แล้วพิจารณาว่ามากกว่า น้ำหนักของผลฝรั่งก่อนแช่ในสารละลาย ขอมรับได้หรือไม่ (ถ้ามากกว่ามากๆ ก็ต้องหา Moisture Content ดูภาคผนวก ง.)
12. การหาเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้

### ฝรั่งที่ปอกด้วยมือ



$$\% \text{เปลือก} = (\text{น้ำหนักเปลือก} / \text{น้ำหนักฝรั่งทั้งผล}) * 100 = \dots\dots\dots \%$$

โดยหาค่าเฉลี่ยจากฝรั่งหลาย ๆ ผล จะได้ เป็นข้อมูลมาตรฐานที่ใช้ในการอ้างอิงถึงในการคำนวณ

### ฝรั่งหลังจาก Lye Peeling



$$\begin{aligned} \text{น้ำหนักของเปลือกทั้งหมดของผลฝรั่ง(กรัม)} &= (\% \text{เปลือกมาตรฐาน}) * (\text{น้ำหนักของฝรั่งทั้งผล}) \\ \% \text{เปลือก} &= (\text{น.น. เปลือกที่ปอกได้} / \text{น.น. เปลือกทั้งหมด}) \\ &= \dots\dots\dots \% \end{aligned}$$

13. ทำการทดลองซ้ำอีก 2 ซ้ำ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

14. สังเกตคุณลักษณะปรากฏภายนอกทั่วไป และรสชาติ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### 3.2.4 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกสถานะของตัวแปรที่เหมาะสม

ทำการคัดเลือกสถานะของตัวแปรที่เหมาะสม คือ สถานะที่ใช้ในการแช่ฝรั่ง ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกออกได้สูงสุด ด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้) มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษาโดยวิธี Multiple Regression โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารละลายด่าง NaOH อุณหภูมิ และเวลาที่แช่ กับค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ในรูปสมการ กำลังสอง ซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$Y = B_0 + B_1 X_1 + B_2 X_2 + B_3 X_3 + B_{12} X_1 X_2 + B_{13} X_1 X_3 + B_{23} X_2 X_3 + B_{11} X_1^2 + B_{22} X_2^2 + B_{33} X_3^2$$

เมื่อ  $X_1$  = ความเข้มข้นของสารละลายด่าง NaOH (% NaOH)

$X_2$  = อุณหภูมิของสารละลายด่าง NaOH ( $^{\circ}$ C)

$X_3$  = เวลาที่ใช้ในการแช่ (นาที)

$B_0$  = ค่าคงที่

$B_1 \dots B_n$  = ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรชัน

$Y$  = สัมประสิทธิ์ของการปอก

โดยพิจารณาค่า  $R^2$  เมื่อมีค่าสูง จึงจะนำสมการมาใช้ ซึ่งจากสมการที่ได้นำมาใช้สร้าง Contour Plot โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับผลตอบสนอง เพื่อใช้ในการคัดเลือกสถานะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการแช่ฝรั่งในสารละลายด่างเพื่อปอกเปลือก

## บทที่ 4

### ผลการทดลอง

#### 4.1 ผลของการปอกเปลือกด้วยมือ

ผลของการปอกเปลือกด้วยมือ เพื่อหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลฝรั่ง , น้ำหนักเปลือก และ น้ำหนักเนื้อของผลฝรั่ง เพื่อใช้เปรียบเทียบกับวิธีการปอกเปลือกด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ แสดงในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ผลของการปอกเปลือกด้วยมือหาค่าเฉลี่ยของน้ำหนักผลฝรั่ง น้ำหนักเปลือก และน้ำหนักเนื้อ

น้ำหนักเฉลี่ยของ ฝรั่งทั้งผล (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ยของ เปลือกฝรั่ง (กรัม)	น้ำหนักเฉลี่ย ของเนื้อฝรั่ง (กรัม)	ความหนาเฉลี่ย ของเปลือกฝรั่ง (มิลลิเมตร)	% เปลือก
251.08	16.99	234.09	1.12	6.8

#### 4.2 ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ , อุณหภูมิ และเวลา ต่อเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้

##### 4.2.1 ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ของผลฝรั่งที่แช่ในสารละลายด่าง

ผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลา ต่อค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ของผลฝรั่งที่แช่ในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ทั้ง 15 สภาวะการทดลอง แสดงได้ดังนี้

ตารางที่ 7 ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ของผลฝรั่งที่แช่ในสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ที่สภาวะต่าง ๆ

การทดลองที่	ความเข้มข้นของสารละลายต่าง NaOH (% w/v)	อุณหภูมิ (C)	เวลา (นาที)	เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้
1	3	30	5	32.699
2	3	50	5	98.811
3	10	30	5	134.685
4	10	50	5	137.845
5	3	40	1	1.296
6	3	40	9	107.372
7	10	40	1	79.276
8	10	40	9	209.970
9	6.5	30	1	8.095
10	6.5	30	9	102.906
11	6.5	50	1	70.369
12	6.5	50	9	208.083
13	6.5	40	5	129.942
14	6.5	40	5	132.908
15	6.5	40	5	137.017

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### 4.2.2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกสภาวะของตัวแปรที่เหมาะสม

ด้วยการนำค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ มาหาความสัมพันธ์กับความเข้มข้นของสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลา โดยวิธี multiple regression แสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการกำลังสองได้ดังนี้

ตารางที่ 8 สมการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับค่า เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ และ Coefficient of determination ( $R^2$ ) สำหรับการปอกเปลือกด้วยสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์

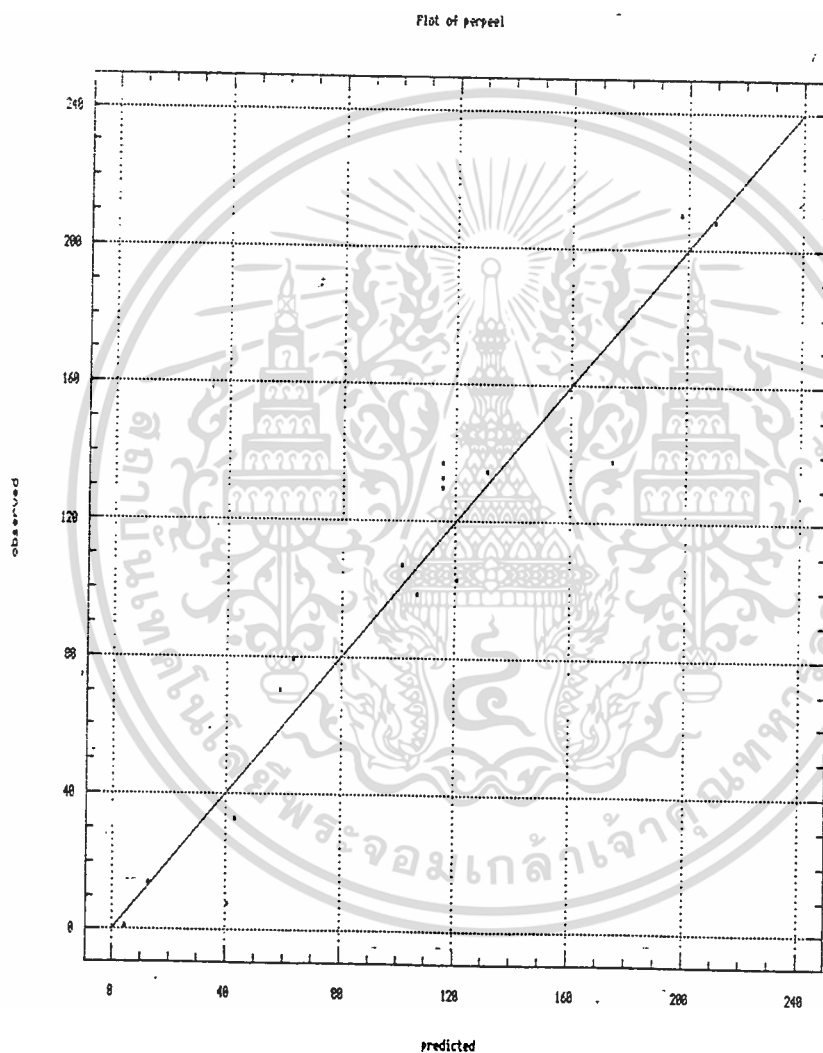
Y	สมการ	$R^2$
เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้	$Y = 22.6193 X_1 - 4.3886 X_2 + 1.5546 X_3 - 0.7004 X_1^2 + 0.0721 X_2^2 - 0.9366 X_3^2 - 0.1449 X_1 X_2 + 0.6761 X_1 X_3 + 0.4465 X_2 X_3$	0.9797

\* - สมการ สำหรับความเข้มข้น ( $X_1$ ) 3 - 10 % w/v NaOH  
 อุณหภูมิ ( $X_2$ ) 30 - 50 °C  
 เวลา ( $X_3$ ) 1 - 9 นาที

จากสมการที่ได้จะเห็นว่าค่า  $R^2$  ที่ได้มีค่าสูง ดังนั้นจึงใช้สมการนี้ในการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ภายในช่วงของตัวแปรที่ศึกษาได้ จากนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS สร้าง Contour plot ของความเข้มข้นของสารละลายค่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลา ต่อค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ โดยกำหนดให้เวลาคงที่ที่ 1, 5 และ 9 นาที ดังแสดงในรูปที่ 8 - 13 และกำหนดให้อุณหภูมิคงที่ ที่ 30, 40 และ 50 องศาเซลเซียส ดังแสดงในรูปที่ 14 - 19

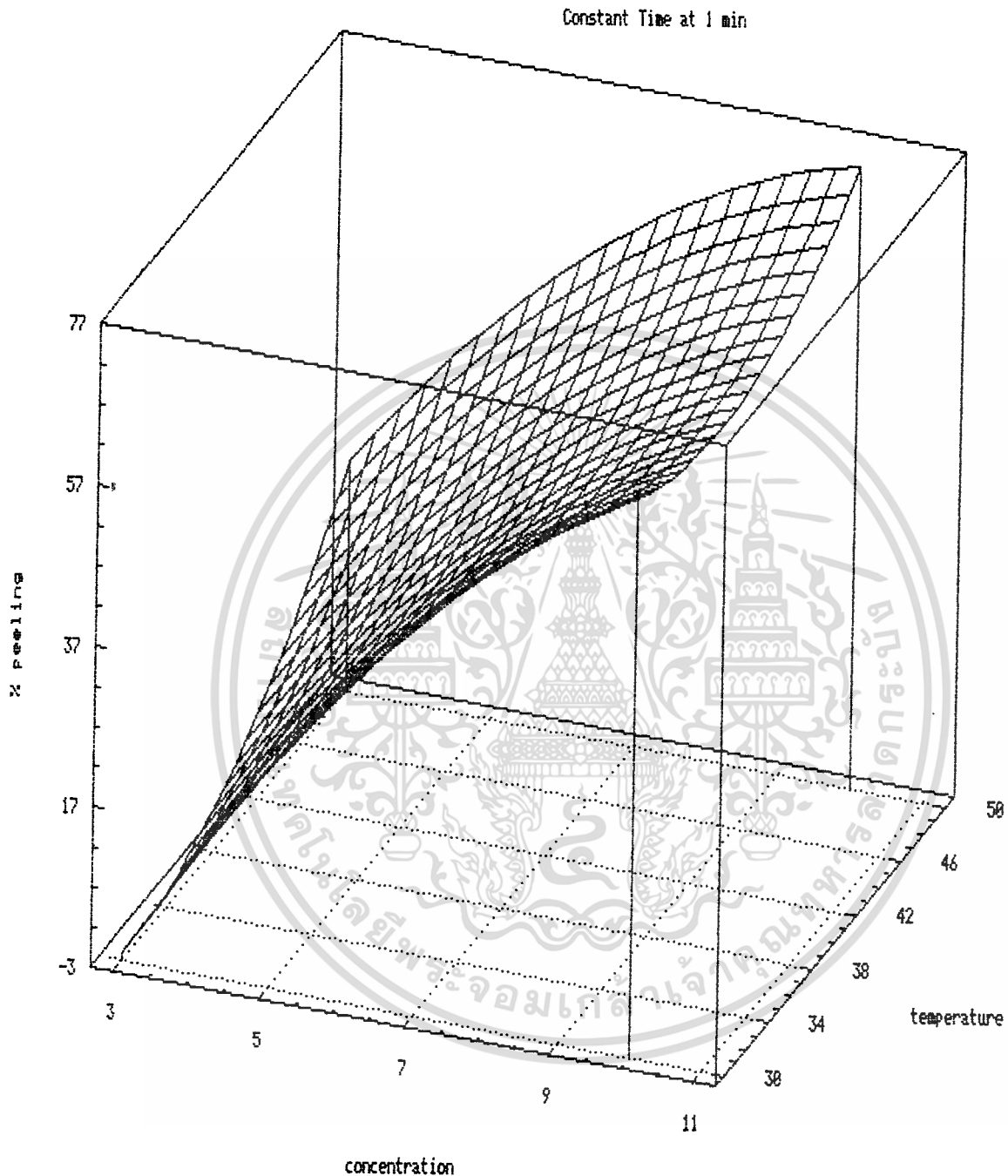
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการที่ได้ สามารถคำนวณค่าสูงสุด และต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ได้โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATGRAPHICS ค่าดังกล่าวแสดงในตารางที่ 9-10



รูปที่ 7 กราฟแสดงค่า Coefficient of determination ( $R^2$ ) ของผลการทดลองที่  
สภาวะต่าง ๆ

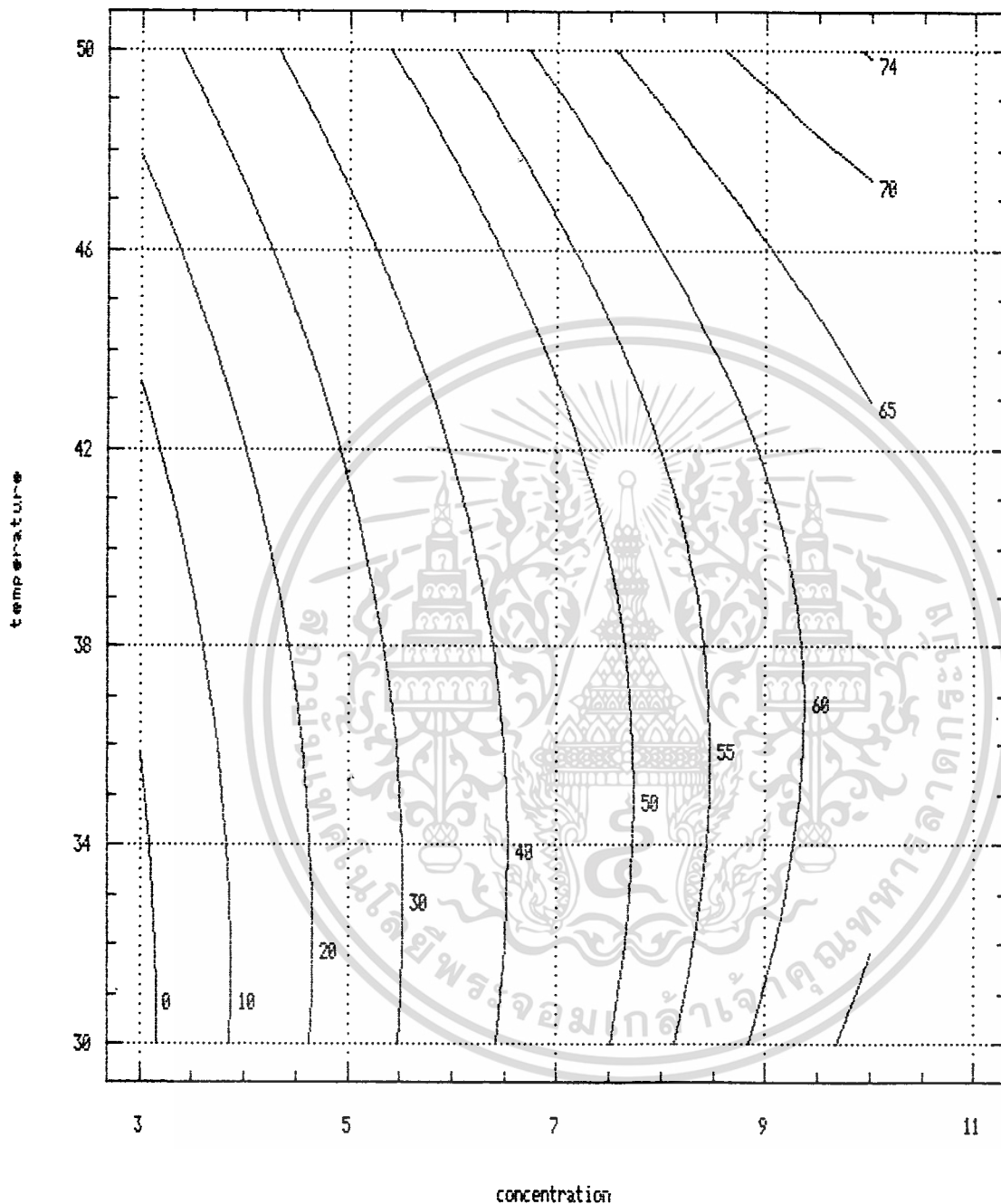
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 8 กราฟ 3 มิติ แสดง Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 1 นาที

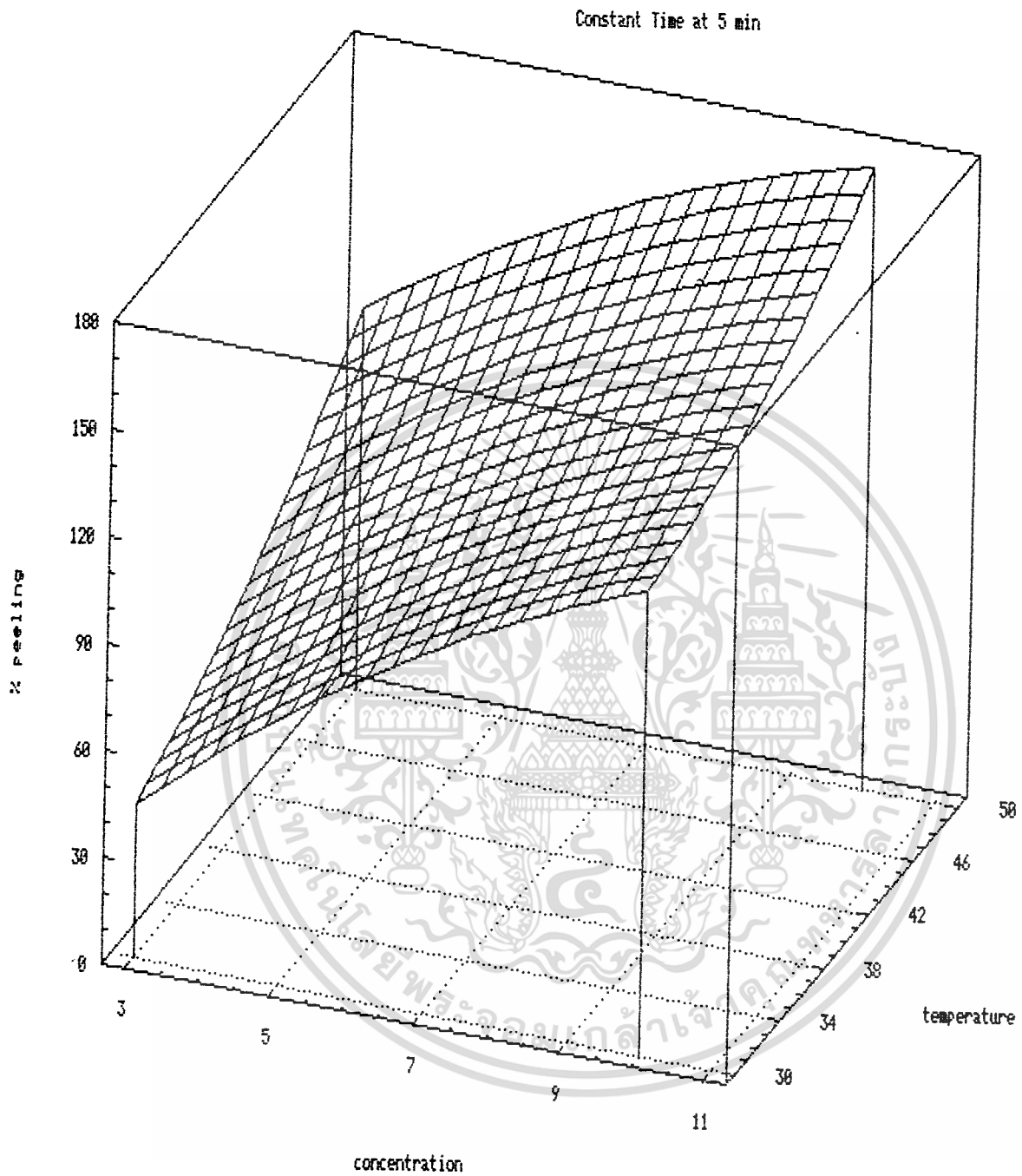
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Constant Time at 1 min



รูปที่ 9 กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และ อุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 1 นาที

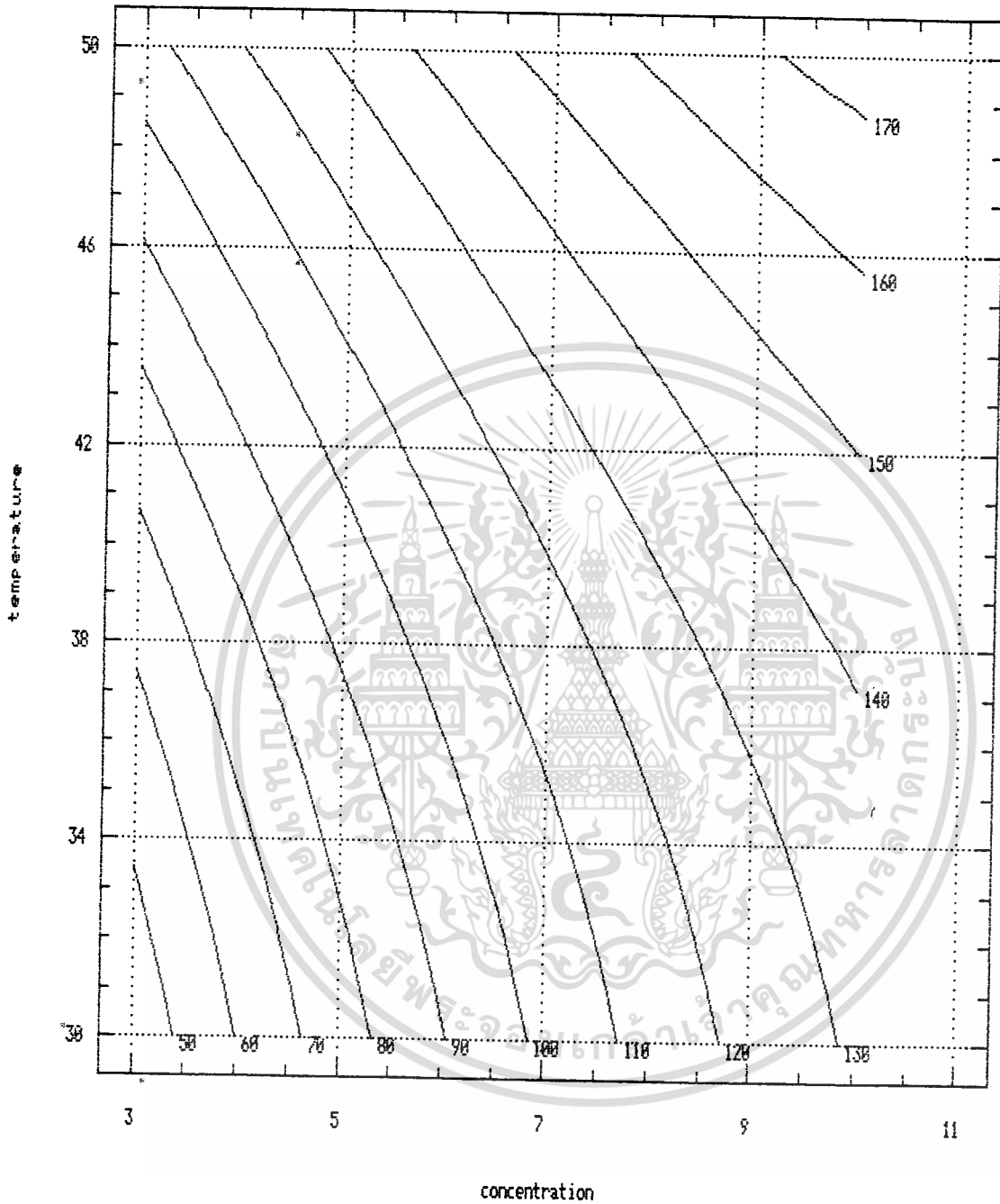
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 10 กราฟ 3 มิติ แสดง Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 5 นาที

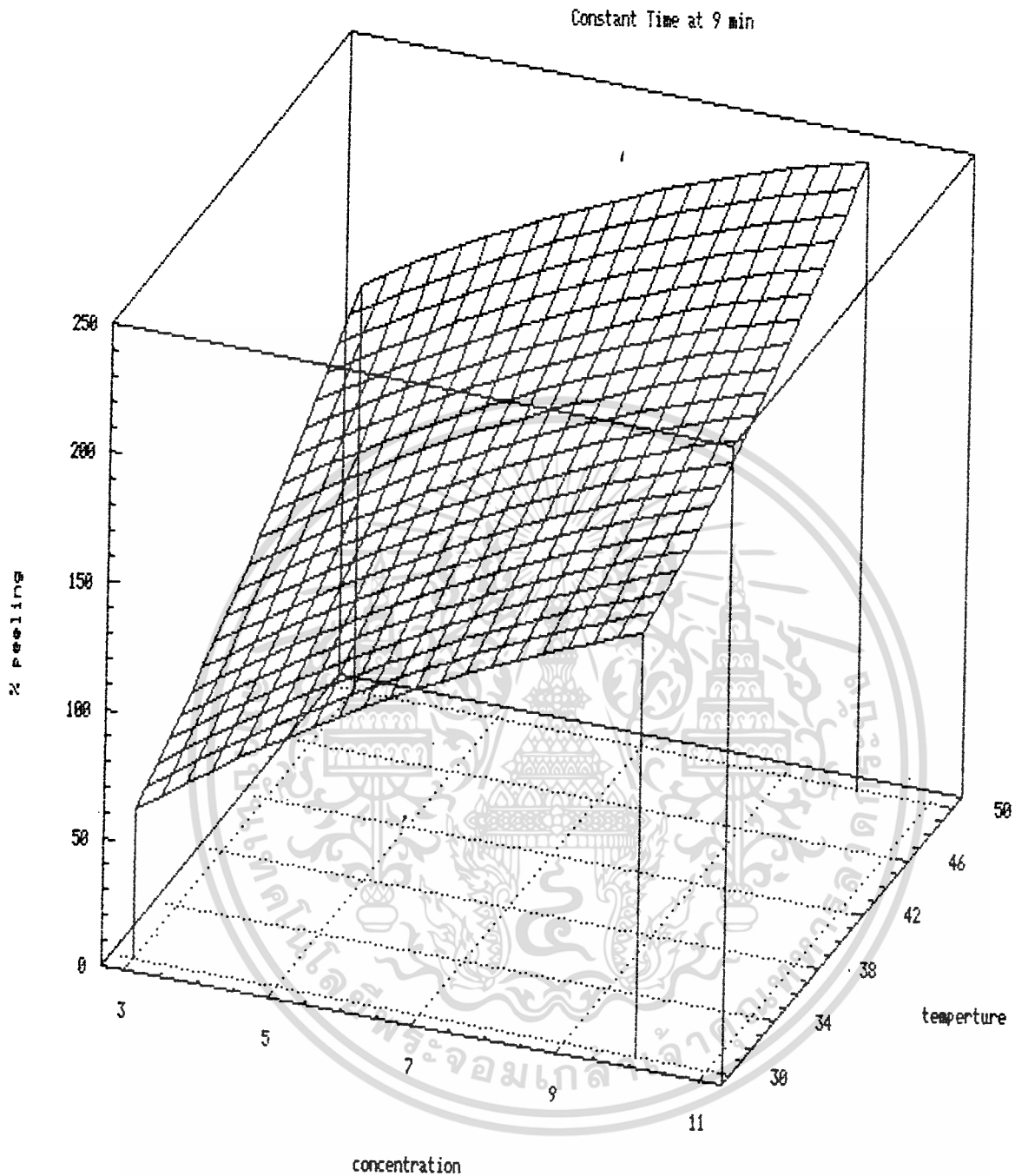
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Constant Time at 5 min



รูปที่ 11 กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และ อุณหภูมิต่าง ๆ ที่เวลา 5 นาที

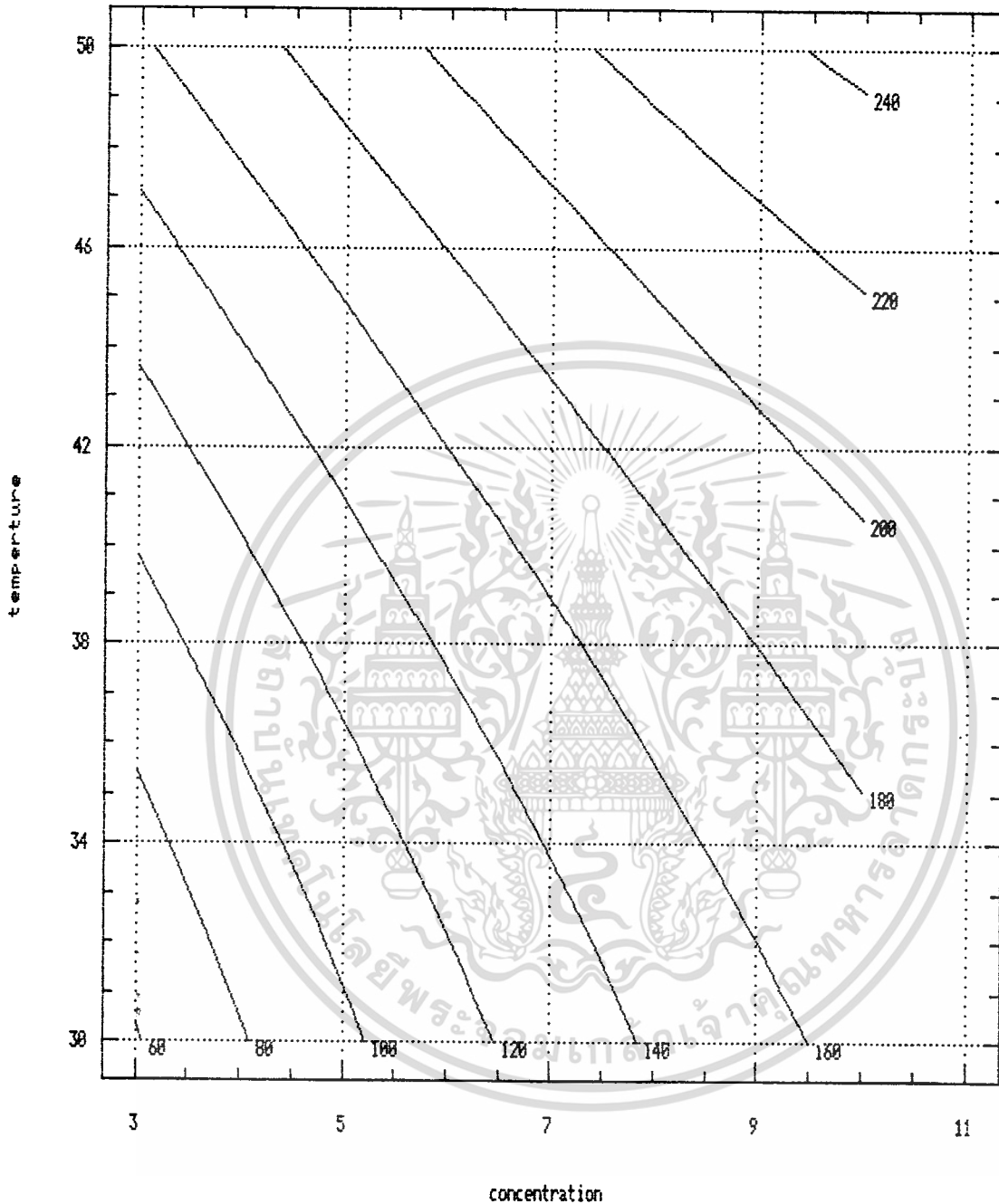
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 กราฟ 3 มิติ แสดง Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ลอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ เวลา 9 นาที

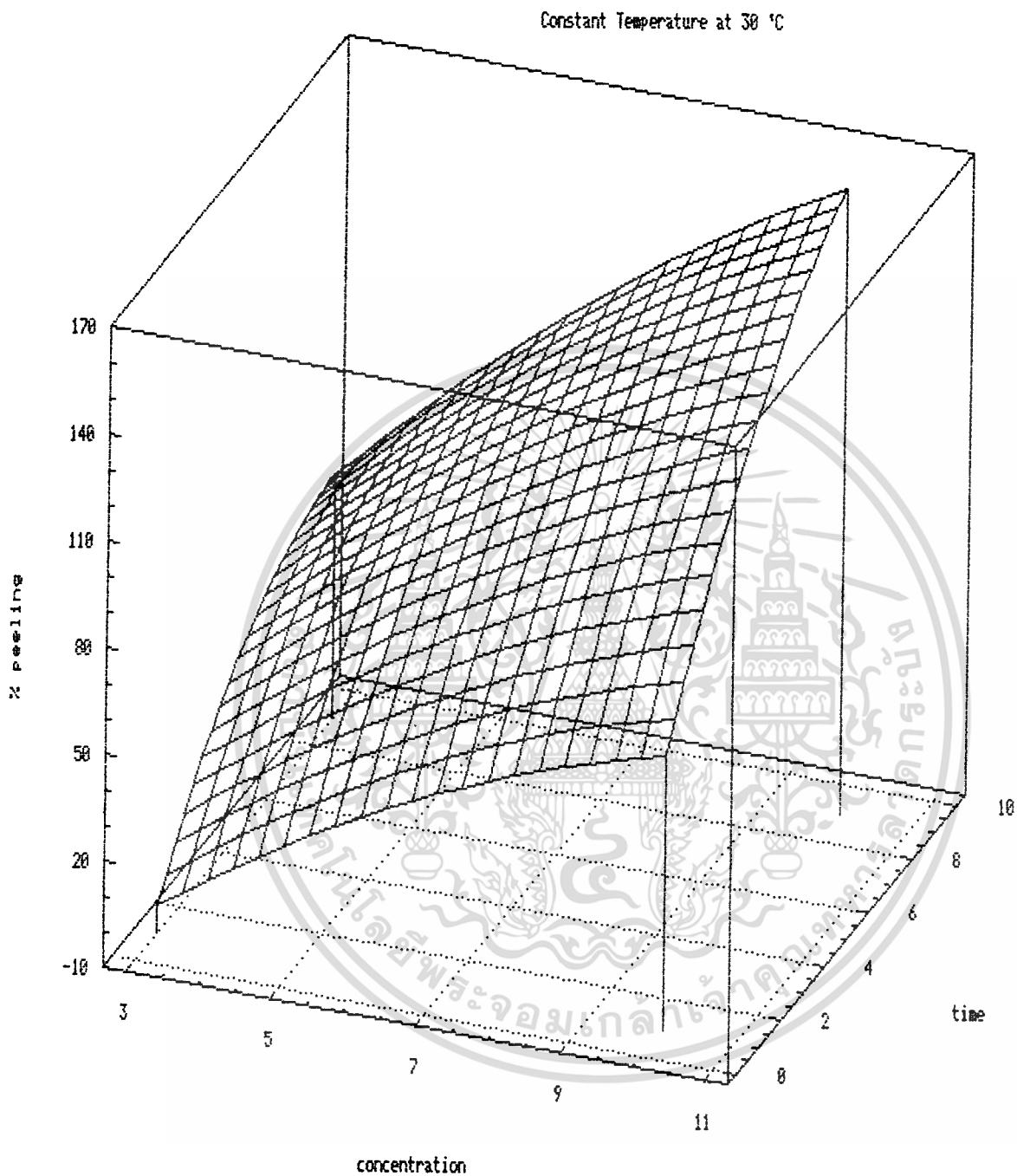
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Constant Time at 9 min



รูปที่ 13 กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และอุณหภูมิต่าง ๆ ที่ เวลาคงที่ 9 นาที

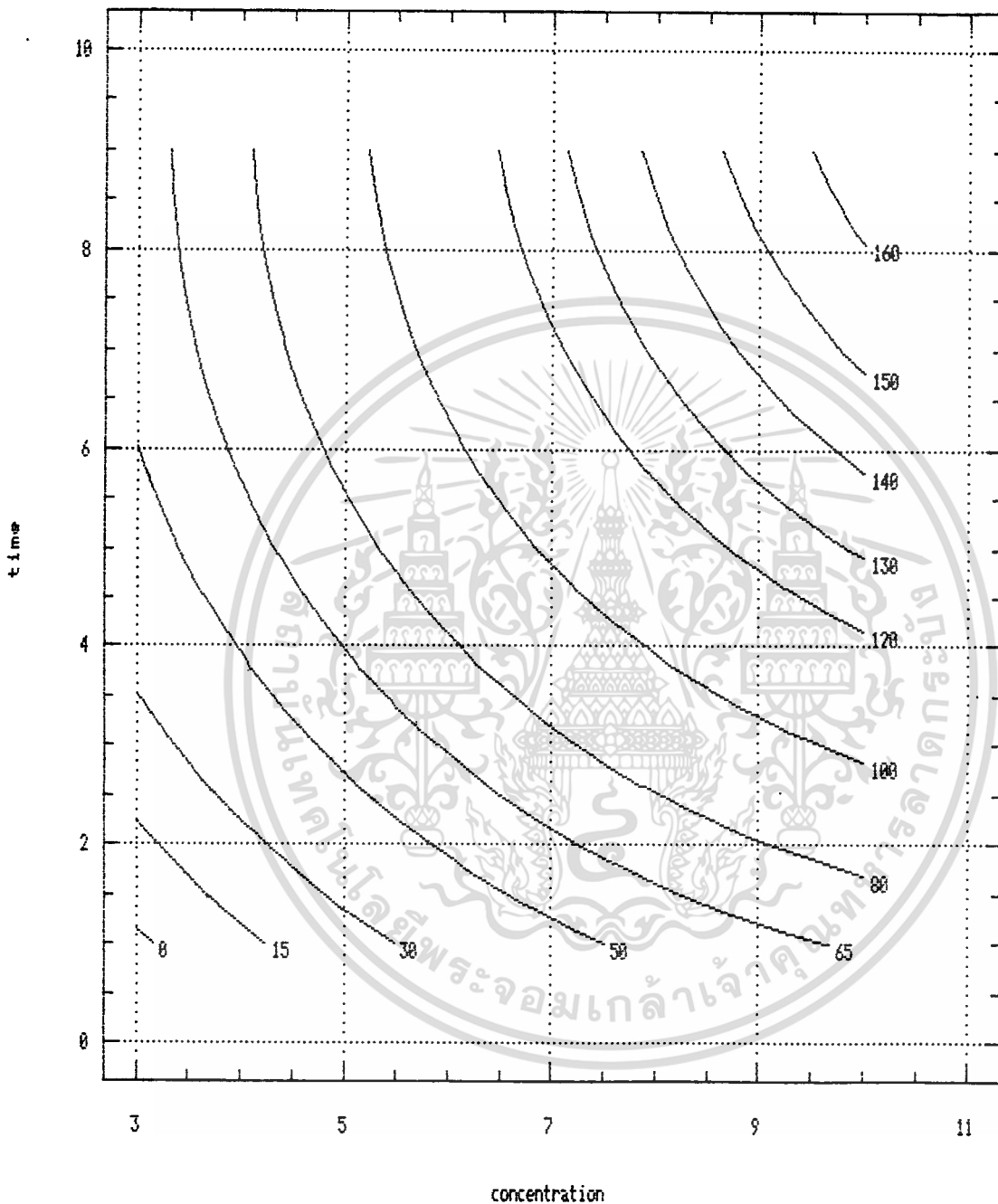
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 14 กราฟ 3 มิติ แสดง Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก  
ที่ลอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตาม  
ความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C

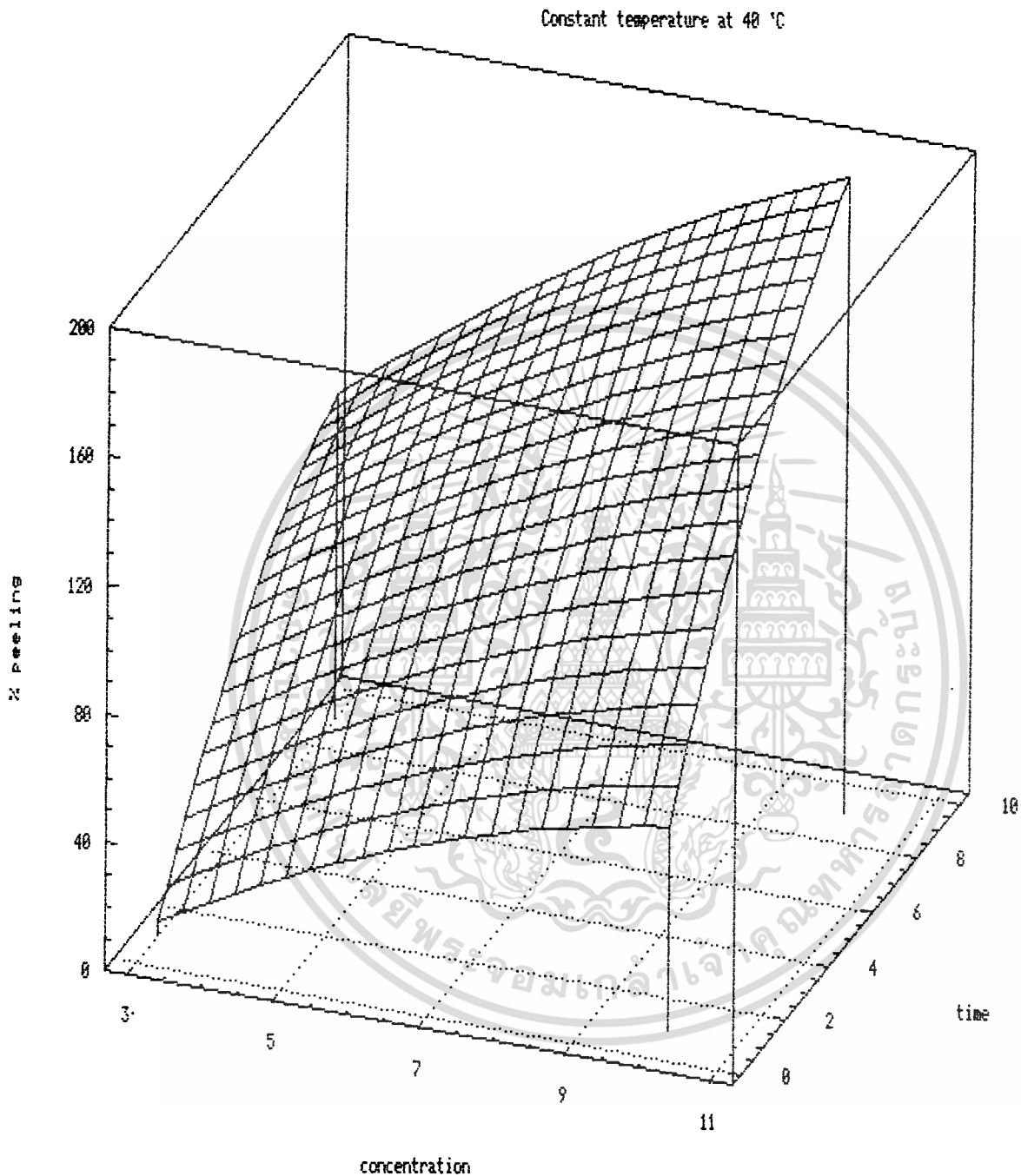
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Constant Temperature at 30 °C



รูปที่ 15 กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และ เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 30 °C

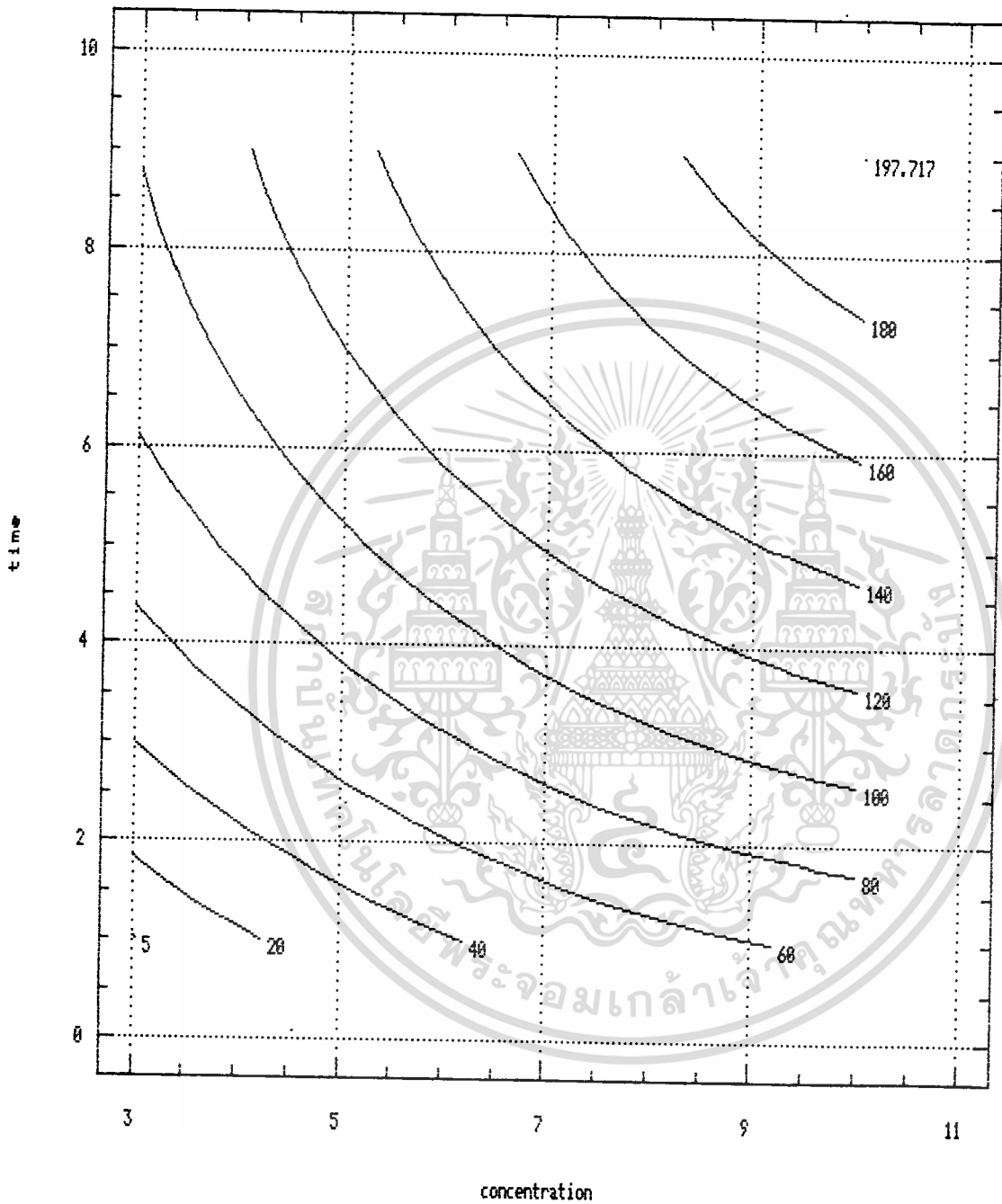
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 16 กราฟ 3 มิติ แสดง Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C

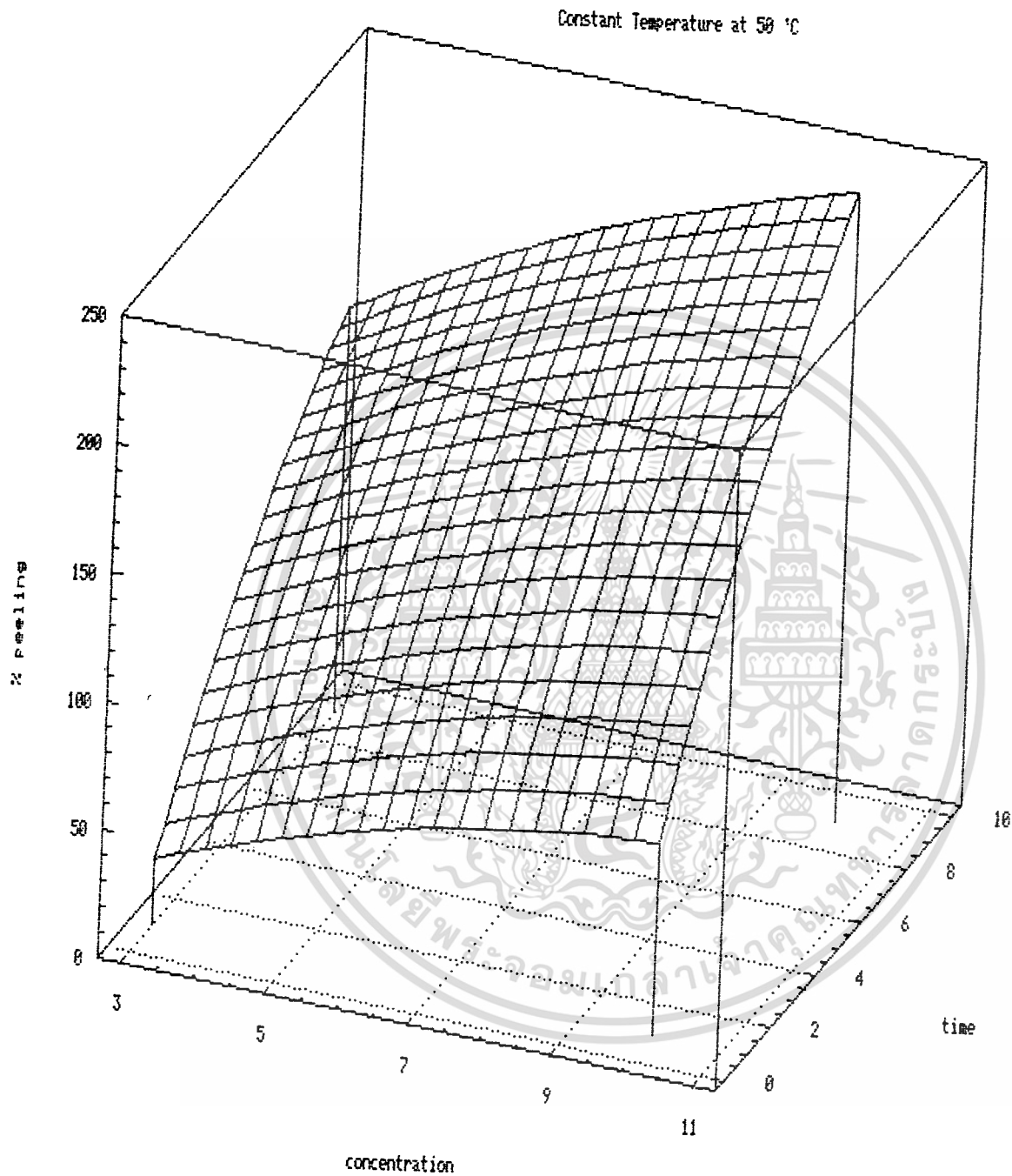
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Constant temperature at 40 °C



รูปที่ 17 กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และ เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 40 °C

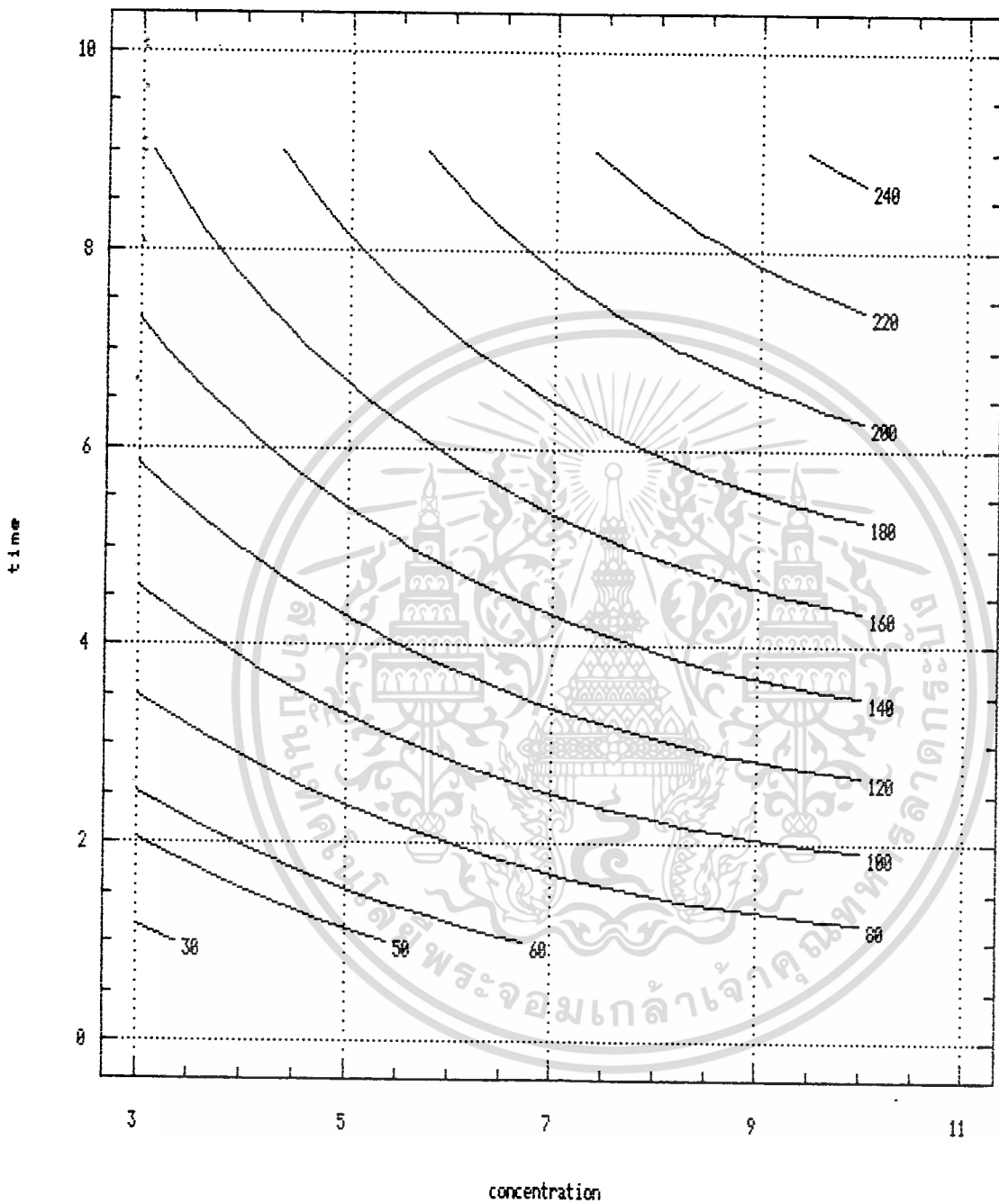
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 18 กราฟ 3 มิติ แสดง Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือก  
ที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่นสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตาม  
ความเข้มข้น และเวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิ 50 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Constant Temperature at 50 °C



รูปที่ 19 กราฟ 2 มิติ แสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ สำหรับฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ตามความเข้มข้น และ เวลาต่าง ๆ ที่อุณหภูมิคงที่ 50 °C

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางที่ 9 ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้  
ในการแช่ผลฝรั่ง

แบบการทดลอง		เวลาที่ใช้ในการแช่ (นาทีก)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
แช่ผลฝรั่งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้	1	0	74.225
		5	43.2169	174.308
		9	58.6779	244.417

ตารางที่ 10 ค่าสูงสุดและค่าต่ำสุด ของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ เมื่อพิจารณาอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ผลฝรั่ง

แบบการทดลอง		อุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ (°C)	ค่าต่ำสุด	ค่าสูงสุด
แช่ผลฝรั่งในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์	เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้	30	0	165.438
		40	4.49421	197.717
		50	25.6207	244.417

### เมื่อพิจารณาเวลาในการแช่

จากรูปที่ 9 , 11 และ 13 Contour plot แสดงผลของความเข้มข้นของสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ (แกนนอน) อุณหภูมิ (แกนขึ้น) ต่อค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ที่เวลาในการแช่ 1 , 5 และ 9 นาที โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นแสดงค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้คงที่ ที่ได้จากสภาวะที่ศึกษาต่าง ๆ กัน (ตัวเลขที่กำกับไว้ปลายเส้น แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และแจ้งอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 11 และ 13 เส้นกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเข้มข้นของสารละลาย ค่างNaOH มีค่าคงที่ ในขณะที่อุณหภูมิสูงขึ้นตามลำดับ จะทำให้เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้มี ค่าสูงขึ้นทุกช่วงเวลาที่ใช้ในการแช่ ยกตัวอย่างเช่น ที่เวลาในการแช่ 5 นาที (รูปที่ 11) เมื่อความ เข้มข้นของ NaOH มีค่าคงที่เท่ากับ 5% w/v ในขณะที่อุณหภูมิต่ำ ๆ สูงขึ้นจาก 30 °C เป็น 50 ° C เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ จาก 75 % ไปจนถึง 132 %

ในทำนองเดียวกัน เมื่ออุณหภูมิมีค่าคงที่ ในขณะที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลให้ เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ มีค่าเพิ่มขึ้นทุกช่วงเวลาที่แช่เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ที่เวลา ในการแช่ 5 นาที (รูปที่ 11) เมื่ออุณหภูมิมีค่าคงที่ เท่ากับ 42 °C ในขณะที่ความเข้มข้นเพิ่ม ขึ้นจาก 3 % w/v เป็น 10 % w/v เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ จะมีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จาก 75 % ไปจนถึง 150 % เป็นต้น

แต่ถ้าพิจารณาที่เวลาในการแช่ 1 นาที (รูปที่ 9) จะเห็นว่าเส้นกราฟตั้งแต่ช่วงความเข้ม ข้น 7 % w/v ลงมา และช่วงอุณหภูมิตั้งแต่ 30 °C ถึงประมาณ 38 °C เส้นกราฟค่อนข้างจะเป็น เส้นตรงขนานกับแกนฮีน ซึ่งแสดงว่า ในการแช่ผลฝรั่งที่ใช้เวลาในการแช่ 1 นาที ที่ความเข้มข้น คงที่ค่าหนึ่ง ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจจะมีผลน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์ เปลือกที่ปอกออกได้ และเมื่ออุณหภูมิสูงกว่า 38 °C ขึ้นไป อุณหภูมิจะมีผลให้เปอร์เซ็นต์เปลือก ที่ปอกออกได้เพิ่มขึ้นโดยลำดับ แต่ที่เวลาในการแช่ 5 และ 9 นาที จะไม่ให้ผลดังกล่าว ยก ตัวอย่างเช่น ที่ความเข้มข้นของ NaOH เป็น 5.5 % w/v เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ เท่ากับ 30 % ที่ช่วงอุณหภูมิ 30 - 38 °C ซึ่งแม้ว่าอุณหภูมิจะสูงขึ้นก็ตาม แต่เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออก ได้ก็ยังคงเป็น 30 % เช่นเดิม

สำหรับการคัดเลือกสถานะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้สูงสุดแสดงได้ดังนี้

จากตารางที่ 9 ซึ่งแสดงค่าสูงสุดและต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ที่ได้จาก การคำนวณ เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ที่เวลา 1, 5 และ 9 นาที จะเห็นว่า ที่เวลาในการแช่ 1 นาที จะให้ค่าสูงสุด 74.225 % เมื่อพิจารณาเส้นกราฟจะเห็นเป็นเพียงจุดเล็ก ๆ เท่านั้น จึงเลือกพิจารณาเส้นกราฟของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ที่ 70 % ซึ่งมีค่าใกล้เคียงกับ ค่าสูงสุด ดังนั้น จะสามารถเลือกสถานะได้ในช่วงความเข้มข้น 8.5 % w/v ถึง 10 % w/v และ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

อุณหภูมิในช่วง  $47^{\circ}\text{C}$  ถึง  $50^{\circ}\text{C}$  ในขณะที่กราฟของเวลาในการแช่ 5 นาที จะให้ค่าสูงสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ 174.308 % ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้มากกว่า 100 % แสดงให้เห็นว่า ส่วนที่ปอกออกไปได้ไม่ได้มีเฉพาะเปลือกเท่านั้น แต่อาจจะมีเนื้อเยื่อของเนื้อออกมาด้วย ซึ่งส่วนนี้จะเป็น loss ที่เราสูญเสียไปในการปอกเปลือก ดังนั้น เราจึงสนใจค่าของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เป็น 100 % เท่านั้น ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเข้มข้น 3.0 % w/v ถึง 6.85 % w/v และอุณหภูมิในช่วง  $30^{\circ}\text{C}$  ถึง  $48.5^{\circ}\text{C}$

ในทำนองเดียวกันที่กราฟของเวลาในการแช่ 9 นาที จะให้ค่าสูงสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ 244.417 % แต่เราสนใจสภาวะการปอกเปลือกที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกเป็น 100 % ในที่นี้จึงสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเข้มข้น 3 % w/v ถึง 5.25 % w/v และอุณหภูมิในช่วง  $30^{\circ}\text{C}$  ถึง  $40^{\circ}\text{C}$

จึงสรุปได้ว่า

% เปลือกสูงสุดที่ ปอกออกได้ (%)	เวลาในการแช่ (นาที)	ช่วงของความเข้มข้น (% w/v NaOH)	ช่วงของอุณหภูมิ ( $^{\circ}\text{C}$ )
70	1	8.5 - 10	47 - 50
100	5	3.0 - 6.85	30 - 48.5
100	9	3.0 - 5.25	30 - 40

จะเห็นได้ว่า สภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เท่ากันนั้น จะมีเวลาที่ใช้แช่ นานกว่า คือ 9 นาที ดังนั้นเพื่อเป็นการประหยัดทั้งเวลาและค่าใช้จ่าย จึงเลือกสภาวะบนเส้นกราฟ 100 % ที่เวลาแช่ 5 นาที เพื่อใช้แช่ผลฝรั่งในการปอกเปลือกเมื่อพิจารณาเวลาที่ใช้ในการแช่เป็นเกณฑ์

## เมื่อพิจารณาอุณหภูมิในการแช่

จากรูปที่ 15 , 17 และ 19 Contour plot แสดงผลของความเข้มข้นของสารละลายต่าง โซเดียมไฮดรอกไซด์ (แกนนอน) อุณหภูมิ (แกนขึ้น) ต่อค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ ที่อุณหภูมิในการแช่ 30 °C , 40 °C และ 50 °C โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นแสดงค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้คงที่ ซึ่งได้จากสภาวะที่ศึกษาต่าง ๆ กัน (ตัวเลขที่กำกับไว้ปลายเส้น แสดงค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้)

รูปที่ 15 และ 17 เส้นกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่าเมื่อความเข้มข้นของสารละลายต่าง NaOH มีค่าคงที่ ในขณะที่เวลาเพิ่มขึ้นตามลำดับ จะทำให้เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้มีค่าสูงขึ้นทุกช่วงอุณหภูมิที่ใช้ในการแช่ ยกตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิในการแช่ 40 °C (รูปที่ 17) เมื่อความเข้มข้นของ NaOH มีค่าคงที่เท่ากับ 5 % w/v ในขณะที่เวลาค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจาก 1 นาที เป็น 9 นาที เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นตามลำดับ จาก 50 % ไปจนถึง 135 %

ในทำนองเดียวกัน เมื่อเวลาที่มีค่าคงที่ ในขณะที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้มีค่าเพิ่มขึ้นทุกช่วงอุณหภูมิในการแช่เช่นกัน ยกตัวอย่างเช่น ที่อุณหภูมิในการแช่ 40 °C (รูปที่ 17) เมื่อเวลาที่มีค่าคงที่เท่ากับ 4 นาที ในขณะที่ความเข้มข้นเพิ่มขึ้นจาก 3 % w/v เป็น 10 % w/v เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้จะมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 55 % ไปจนถึง 130 % เป็นต้น

เมื่อพิจารณาที่อุณหภูมิในการแช่ 50 °C (รูปที่ 19) จะเห็นได้ว่า เส้นกราฟที่ช่วงเวลา 5 นาทีลงมา และช่วงของความเข้มข้นตั้งแต่ 8 % w/v ถึง 10 % w/v เส้นกราฟค่อนข้างจะเป็นเส้นตรงขนานกับแกนนอน ซึ่งแสดงว่า ในการแช่ผลฝรั่งที่แช่ที่อุณหภูมิ 50 °C ที่เวลาคงที่ค่าหนึ่ง ผลของการเปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจะมีผลน้อยมากหรือแทบไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ แต่เมื่อความเข้มข้นน้อยกว่า 8 % w/v ลงมา ความเข้มข้นจึงมีผลให้ % เปลือกที่ปอกออกได้เพิ่มขึ้นตามลำดับ ยกตัวอย่างเช่น ที่เวลาคงที่เป็น 1.5 นาที เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เท่ากับ 80 % ที่ช่วงความเข้มข้น 8 - 10 % w/v ซึ่งแม้ว่าช่วงความเข้มข้นจะสูงขึ้นก็ตาม แต่เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ก็ยังคงเป็น 80 % เช่นเดิม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการคัดเลือกสภาวะที่ให้ค่า % เปลือกที่ปอกออกได้สูงสุด แสดงได้ดังนี้

จากตารางที่ 10 ซึ่งแสดงค่าสูงสุด และต่ำสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ที่ได้จากการคำนวณ เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ที่อุณหภูมิ 30 °C , 40 °C และ 50 °C จะเห็นว่า ที่อุณหภูมิในการแช่ 30 °C จะให้ค่าสูงสุด 165.438 % ซึ่งค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้มีค่ามากกว่า 100 % แสดงให้เห็นว่าส่วนที่ปอกออกได้ ไม่ได้มีเฉพาะส่วนของเปลือกเท่านั้น แต่อาจจะมีส่วนของเนื้อเยื่อของเนื้อหุดออกมาด้วย ซึ่งส่วนนี้จะเป็น loss ที่สูญเสียไปในการปอกเปลือก ดังนั้นเราจึงสนใจค่าของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ 100 % เท่านั้น ในที่นี้จึงเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเข้มข้น 5.25 % w/v ถึง 10 % w/v และเวลาในช่วง 2.75 - 9 นาที

ในทำนองเดียวกันเส้นกราฟของอุณหภูมิในการแช่ 40 °C จะให้ค่าสูงสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ เท่ากับ 197.717 % แต่เราสนใจแค่สภาวะการปอกเปลือกที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เท่ากับ 100 % ในที่นี้จึงสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเข้มข้น 3- 10 % w/v และเวลาในช่วง 2.5 นาที ถึง 8.80 นาที

และในทำนองเดียวกัน เส้นกราฟของอุณหภูมิในการแช่ 50 °C จะให้ค่าสูงสุดของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เท่ากับ 244.417 % แต่เราสนใจสภาวะการปอกเปลือกที่ให้เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เป็น 100 % จึงเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเข้มข้น 3 - 10 % w/v และเวลาในช่วง 2- 4.6 นาที

สรุปได้ว่า

% เปลือกที่ปอกออก ได้สูงสุด	อุณหภูมิในการแช่ (°C)	ช่วงของความเข้มข้น (%w/v NaOH)	ช่วงของเวลา (นาที)
100	30	5.25 - 10	2.75 - 9
100	40	3 - 10	2.5 - 8.8
100	50	3 - 10	2 - 4.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นจะเห็นได้ว่า สภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เท่ากันนั้น จะใช้ช่วงเวลาและความเข้มข้นที่ใกล้เคียงกัน แต่ที่การแช่ที่อุณหภูมิ 50 °C ช่วงเวลาของการแช่จะแคบกว่าที่อุณหภูมิอื่น ๆ การเลือกสภาวะบนเส้นกราฟจึงสามารถเลือกได้หลาย ๆ สภาวะ



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ผลจากการสังเกตลักษณะปรากฏทั่วไปของผลการทดลอง

ตารางที่ 11 แสดงผลการลอกเปลือกด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สังเกตได้จากลักษณะปรากฏทั่วไป

การทดลอง	ความเข้มข้น (%w/vNaOH)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ลักษณะที่ปรากฏ
1	3	30	5	- เปลือกที่ลอกออกจะบางมาก มีลักษณะเป็นขุยเล็ก ๆ ลอกออกได้ไม่หมด - สีของเนื้อฝรั่งจะมีสีเขียวทึบมองไม่เห็นเส้นใยบริเวณผิว และผิวจะเรียบ
2	3	50	5	- เปลือกลอกออกได้หมด ผิวเปลือกจะนิ่มหนาประมาณ 1 mm. - สีของเนื้อฝรั่งจะมีสีเขียวทึบและมองเห็นเส้นใยสีแดงเป็นเส้นเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป ผิวค่อนข้างจะขรุขระ
3	10	30	5	- เปลือกลอกออกได้หมด และมีความหนามาก เปลือกที่ลอกออกจะนิ่มมาก แต่เอามือแตะเบา ๆ เปลือกจะหลุดเอง - สีของเนื้อฝรั่งขาวนวล ยังคงมองเห็นเส้นใยสีแดงกระจายอยู่ทั่วไป ผิวที่ลอกได้จะขรุขระ เนื่องจากเปลือกที่ลอกออกมีความหนาไม่เท่ากัน
4	10	50	5	- ลักษณะที่ปรากฏเหมือนการทดลองที่ 3
5	3	40	1	- เปลือกลอกออกได้ไม่หมด จะเป็นขุยเล็ก ๆ ลอกออกเป็นบางจุดเท่านั้น - สีของเนื้อยังเป็นสีเขียวอยู่ ผิวค่อนข้างแข็ง มองไม่เห็นเส้นใยสีแดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

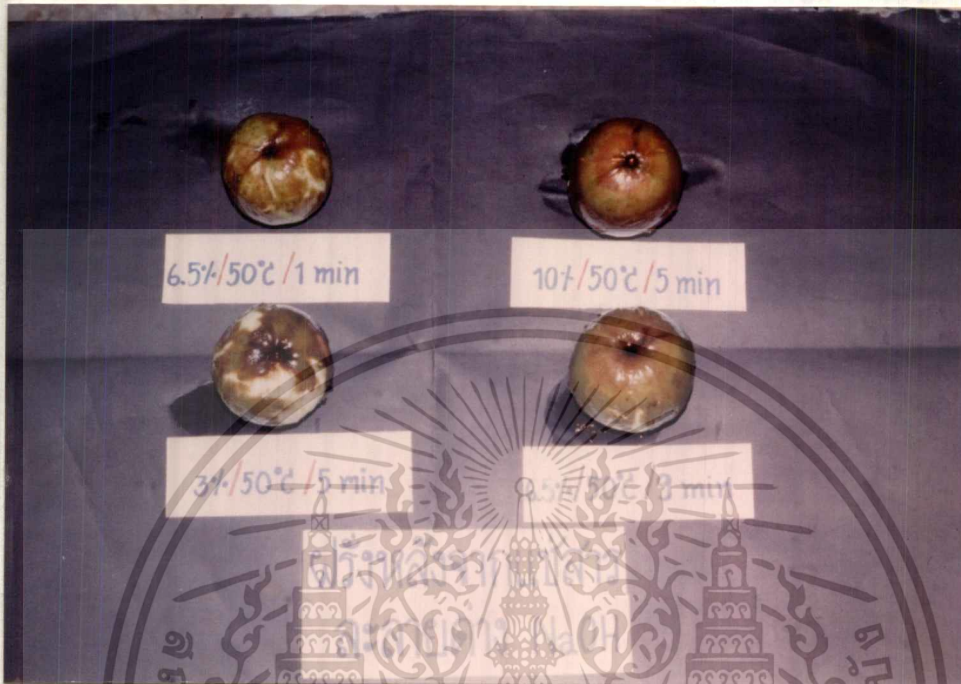
การทดลอง	ความเข้มข้น (%wt/vNaOH)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ลักษณะปรากฏทั่วไป
11	6.5	50	1	- เปลือกปอกออกได้ไม่หมด หนาไม่มาก แต่นิ่ม - สีของเนื้อเป็นสีขาวนวล ผิวเรียบและ มองเห็นเส้นใยสีแดงเล็ก ๆ กระจายทั่วไป
12	6.5	50	9	- เปลือกปอกออกได้หมด หนาและนิ่มมาก - สีของเนื้อสีขาวนวล ผิวขรุขระเล็กน้อย และยังคงมองเห็นเส้นใยสีแดงเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป
13	6.5	40	5	- เปลือกปอกออกได้หมด ก่อนข้างหนา และนิ่มมาก (นิ่มจนเละ) - สีของเนื้อสีขาวนวล ผิวขรุขระ และมอง เห็นเส้นใยสีแดงเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป
14	6.5	40	5	- ลักษณะปรากฏเหมือนการทดลองที่ 13
15	6.5	40	5	- ลักษณะปรากฏเหมือนการทดลองที่ 13

รสชาติและความกรอบของผลฝรั่ง ที่ได้จากการปอกเปลือกด้วยสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ ยังคงเหมือนเดิม ไม่มีความแตกต่างไปจากการปอกเปลือกด้วยมือ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การทดลอง	ความเข้มข้น (%w/vNaOH)	อุณหภูมิ (°C)	เวลา (นาที)	ลักษณะปรากฏทั่วไป
6	3	40	9	- เปลือกที่ปอกออกค่อนข้างหนา และนิ่มมาก ปอกออกได้หมด - สีของเนื้อจะเป็นสีขาวนวล ผิวเรียบ ปอกเปลือกออกได้สม่ำเสมอ แต่ยังคงมองเห็นเส้นใยสีแดงกระจายอยู่ทั่วไป
7	10	40	1	- เปลือกปอกออกเกือบหมด มีลักษณะหนาและนิ่มมาก เอามือแตะเบา ๆ ก็หลุดออกโดยง่าย - สีของเนื้อเป็นสีน้ำตาลอ่อน และมองเห็นเส้นใยสีแดงเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป
8	10	40	9	- เปลือกปอกออกได้หมด หนาและนิ่มมาก - สีของเนื้อสีขาวนวล ผิวเรียบสม่ำเสมอ และยังคงมองเห็นเส้นใยสีแดงปรากฏอยู่บ้างเล็กน้อย
9	6.5	30	1	- เปลือกที่ปอกออกได้บ้าง และปอกออกได้ไม่หมด - สีของเนื้อเป็นสีเขียวย่อ ๆ สีสอใสกว่าที่ปอกด้วยมือ ผิวเรียบ และมองเห็นเส้นใยสีแดงปรากฏอยู่ทั่วไป
10	6.5	30	9	- เปลือกที่ปอกออกได้ หนาและนิ่มมาก ปอกออกได้หมด - สีของเนื้อเป็นสีเขียวคล้ำ มีเส้นใยสีแดงเส้นเล็ก ๆ ปรากฏทั่วไป ผิวค่อนข้างขรุขระ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 20 แสดงถึงผลฝรั่งที่ผ่านการแช่ด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สถานะต่าง ๆ

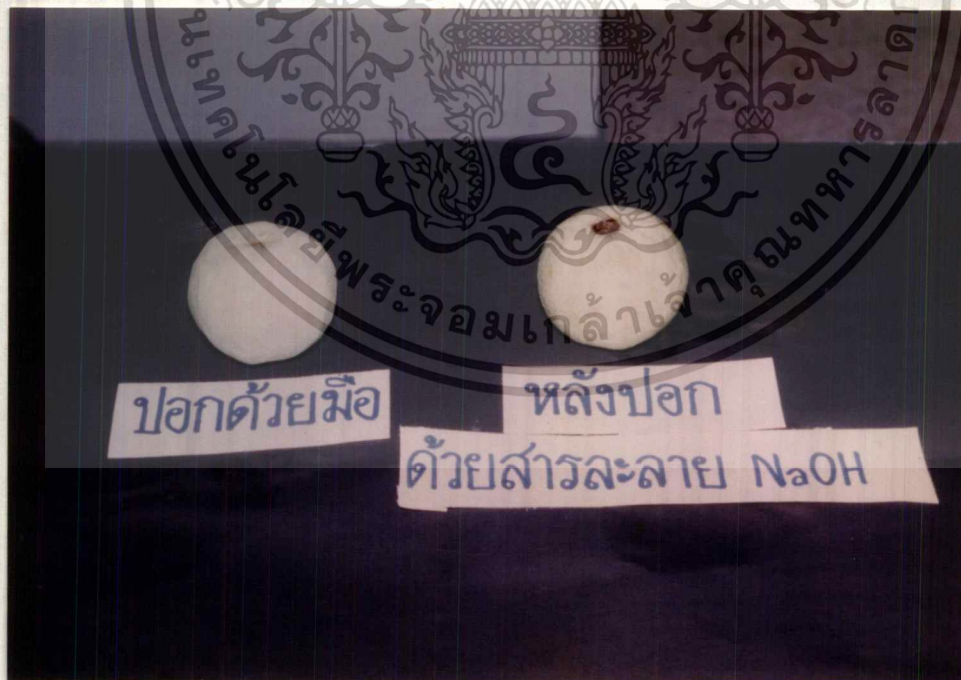


รูปที่ 21 แสดงถึงฝรั่งที่ปอกเปลือกด้วยสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ที่สถานะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 22 แสดงการเปรียบเทียบผลฝรั่งก่อนและหลังการปอกเปลือกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์



รูปที่ 23 แสดงการเปรียบเทียบผลฝรั่งที่ปอกด้วยมือ และหลังจากปอกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้าไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 24 แสดงการเปรียบเทียบผลฝรั่งก่อนการแช่, หลังแช่ และหลังจากการปกปิดด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 5

### วิจารณ์ผลการทดลอง

#### 5.1 ผลจากการเลือกวัตถุดิบมาใช้ในการทดลองงานวิจัย

เนื่องจากว่าวัตถุดิบที่ใช้ในการทดลองเป็นฝรั่ง ซึ่งเป็นผลผลิตจากธรรมชาติ ดังนั้นผลของการทดลองที่ออกมาจะขึ้นกับค่าความแก่ - อ่อน อายุการเก็บเกี่ยวและพันธุ์ของฝรั่งด้วย ในงานวิจัยนี้ก็ได้มีการควบคุมตัวแปรดังกล่าวด้วย แต่ไม่ได้มีการควบคุมที่แน่นอนเลขที่เดียว เพียงแต่อาศัยการสังเกตสีของเปลือกฝรั่งเป็นเครื่องบ่งชี้ความแก่ - อ่อนของผลฝรั่ง และการสอบถามอายุการเก็บเกี่ยว ซึ่งรวมถึงพื้นที่ปลูกฝรั่งจากผู้ขายฝรั่งเพียงเท่านั้น ทั้งนี้เนื่องจากเราไม่มีอุปกรณ์ที่จะตรวจสอบค่าดังกล่าวให้แน่นอนได้ ซึ่งจะมีผลให้ผลการทดลองที่ได้อาจมีความผิดพลาดเกิดขึ้นจากจุดนี้ได้

#### 5.2 ผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลา ต่อเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้

จากการนำค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ที่ได้จากการทดลอง มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษา โดยวิธี multiple regression ในรูปของสมการกำลังสอง พบว่า ค่า Coefficient of determination ( $R^2$ ) มีค่าสูงถึง 0.97 ซึ่งเมื่อพิจารณาจากกราฟรูปที่ 7 จะเห็นได้ว่า ค่าที่ plot ลงในกราฟที่ได้จากการทดลอง มีค่าเกาะกลุ่มเข้าใกล้เส้น  $45^\circ$  ซึ่งเป็นค่าจริงที่ได้จากการคำนวณ ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่กำหนดในรูปสมการกำลังสองนั้น สามารถนำมาใช้ในการคำนวณหาเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เป็นอย่างดี

จาก Contour plot รูปที่ 9, 11 และ 13 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่าง ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (3 - 10 % w/v) อุณหภูมิ (30 - 50 °C) และเวลา 1, 5 และ 9 นาที กับรูปที่ 15, 17 และ 19 ซึ่งแสดงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ (3 - 10 % w/v) เวลา (1 - 9 นาที) และอุณหภูมิ 30, 40 และ 50 °C ตามลำดับ จะเห็นว่าค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ต่ำสุดของเวลาที่แช่ 1 นาที และที่แช่ในอุณหภูมิ 30 °C มีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เป็นศูนย์ ซึ่งถ้าแช่ผลฝรั่งในสารละลายที่สภาวะเช่นนี้แล้ว เป็นไปได้ที่จะปอกเปลือกไม่ได้เลย คือ เเปอร์เซ็นต์เปลือกเท่ากับศูนย์

อีกกรณีหนึ่งจะเห็นว่าค่าของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้มีค่าเกิน 100 % ทั้งนี้ก็เกิดจากว่า เปลือกที่ปอกมีความหนาเกินไปโดยปอกเอาเนื้อเยื่อบริเวณเนื้อของผลฝรั่งออกไปด้วย ซึ่งเป็นการสูญเสียไปโดยเปล่าประโยชน์ ดังนั้นเราจึงพิจารณาสภาวะที่เหมาะสมที่เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกไปได้มีค่าเท่ากับ 100 % หรือน้อยกว่า ซึ่งเป็นสภาวะที่เราสนใจ

### 5.3 ผลจากการสังเกตคุณลักษณะปรากฏภายนอกโดยทั่วไป

จากการสังเกตคุณลักษณะปรากฏภายนอกโดยทั่วไป ไม่ว่าจะปอกเปลือกของเนื้อฝรั่ง ความเรียบของผิว ความแข็ง - นุ่ม ของเปลือกที่ปอกออกได้ เป็นการสังเกตด้วยสายตา ไม่ได้มีการตรวจสอบที่ถูกต้องจากอุปกรณ์ที่เชื่อถือได้ ดังนั้นจึงอาจจะเกิดความผิดพลาดได้ในเรื่องของ สี และความแข็ง - นุ่ม ซึ่งจะมีผลต่อลักษณะปรากฏที่จะนำไปใช้ในอุตสาหกรรมอาหารต่อไป

อีกกรณีหนึ่งคือ บริเวณผิวของเนื้อของผลฝรั่งหลังจากการปอกเปลือกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ จะมองเห็นเส้นใยสีแฉงเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไป ซึ่งจากการทดลองหลาย ๆ ครั้ง ทำให้ผู้ทำการทดลองค่อนข้างแน่ใจว่าเส้นใยเล็ก ๆ ดังกล่าวน่าจะฝังตัวอยู่ในเนื้อของผลฝรั่ง แต่ยังไม่ได้ศึกษาให้ปรากฏผลเป็นที่ยอมรับได้ เพราะ ไม่มีอุปกรณ์ที่จะศึกษาในเรื่องดังกล่าว ดังนั้นลักษณะปรากฏของผิวของเนื้อฝรั่งจึงไม่น่ามอง และยังไม่เป็นที่ยอมรับเท่ากับการปอกเปลือกด้วยมือ ซึ่งจะมองไม่เห็นเส้นใยดังกล่าว

### 5.4 รสชาติของเนื้อฝรั่งหลังจากปอกเปลือก

ผู้ทดลองได้ทำการทดลองชิมฝรั่งที่ผ่านการปอกเปลือกด้วยสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ ผลปรากฏว่ารสชาติ และความกรอบไม่แตกต่างจากการปอกเปลือกด้วยมือ แต่ยังไม่แน่ใจว่าจะมีสารตกค้างอยู่ในเนื้อฝรั่งหรือเปล่า เพราะว่าไม่ได้ศึกษาตรงจุดนี้ เนื่องจากอุปกรณ์ที่ใช้ในการตรวจสอบยังไม่พร้อม

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## บทที่ 6

### สรุปผลการทดลองและข้อเสนอแนะ

1. การนำวิธี Response Surface methodology มาใช้ในงานวิจัยนี้ ทำให้สามารถศึกษาผลของความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ อุณหภูมิ และเวลา ต่อเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้ของผลฝรั่ง ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2. ในการศึกษานี้ได้ออกแบบการทดลองโดยใช้แบบแผน Box - Behnken สำหรับการทดลองที่มี 3 ตัวแปร โดย  $X_1$  คือ ความเข้มข้นของสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์  $X_2$  คือ อุณหภูมิ และ  $X_3$  คือ เวลาที่ใช้ในการแช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ พบว่าสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษา กับค่า  $R^2$  และค่า Response แสดงได้ดังนี้ (  $Y$  = เปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้)

$$Y = 22.6193 X_1 - 4.3886 X_2 + 1.5546 X_3 - 0.7004 X_1^2 + 0.0721 X_2^2 - 0.9366 X_3^2 - 0.1449 X_1 X_2 + 0.6761 X_1 X_3 + 0.4465 X_2 X_3$$

$$R^2 = 0.9797$$

3. เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟที่ได้จากวิธี Response Surface Methodology สรุปได้ว่า

3.1. ที่เวลาแช่ที่ ค่าต่าง ๆ คือ 1 , 5 และ 9 นาที ผลฝรั่งที่แช่ในสารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้สูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลายและอุณหภูมิสูงขึ้น แต่ในช่วงความเข้มข้นตั้งแต่ 7 % w/v ลงมา และช่วงอุณหภูมิ 30 - 38 °C ที่เวลาในการแช่ 1 นาที พบว่าเส้นกราฟค่อนข้างจะเป็นเส้นตรง แสดงว่าที่ความเข้มข้นค่าหนึ่ง ผลของการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เพียงเล็กน้อย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2. ที่อุณหภูมิคงที่ ที่ค่าต่าง ๆ คือ 30 , 40 และ 50 °C ผลฝรั่งที่แช่ในสารละลาย โซเดียมไฮดรอกไซด์ มีค่าเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้สูงขึ้น เมื่อความเข้มข้นของสารละลาย และเวลาเพิ่มขึ้น แต่ที่อุณหภูมิ 50 °C เส้นกราฟที่ช่วงเวลา 5 นาทีลงมา และช่วงความเข้มข้น ตั้งแต่ 8 - 10 % w/v เส้นกราฟค่อนข้างจะเป็นเส้นตรง แสดงว่า ที่เวลาคงที่ค่าหนึ่ง ผลของการ เปลี่ยนแปลงความเข้มข้นจะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของเปอร์เซ็นต์เปลือกที่ปอกออกได้เพียงเล็กน้อย

#### ข้อเสนอแนะ

1. จากผลการทดลองที่สังเกตลักษณะปรากฏภายนอก ปรากฏเส้นใยสีแดงเล็ก ๆ กระจาย อยู่ทั่วไป ควรจะมีการศึกษาถึงโครงสร้างทางเคมีของผลฝรั่งด้วย
2. ผลฝรั่งที่ผ่านการแช่ในสารละลายด่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ และผ่านการทำให้เป็น กลางด้วยสารละลายกรดซัลฟูริก อาจจะมีสารเคมีดังกล่าวตกค้างอยู่ในเนื้อของผลฝรั่งได้ จึง ควรมีการศึกษาถึงผลที่เกิดจากกรณีนี้ด้วย
3. ควรมีการตรวจถึงความแน่นเนื้อของผลฝรั่งด้วยในลักษณะของเปลือกเพื่อที่จะได้ทราบ ถึงความแข็ง - นุ่ม ของเปลือก และสามารถนำไปออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการล้างเพื่อให้เปลือก หลุดออกมาได้
4. ควรมีการทดสอบคุณสมบัติทางด้านอาหารของผลฝรั่ง หลังจากการปอกเปลือกด้วย สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์ด้วย เพื่อจะได้ทราบว่าหลังจากปอกเปลือกด้วยวิธีนี้แล้วคุณค่าทาง อาหารของผลฝรั่งยังคงเป็นที่ยอมรับได้อยู่หรือไม่

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## เอกสารอ้างอิง

1. กรมส่งเสริมการเกษตร, กองแผนงาน, "รายงานสถิติการปลูกไม้ผลเชิงการค้า" 2536, หน้า 155.
2. กรุณา วงษ์กระจ่าง, " การทำแห้งสับประรดด้วยวิธีออสโมซิส ", วิทยานิพนธ์ปริญญา  
มหาบัณฑิต ภาควิชาเทคโนโลยีทางอาหาร บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย,  
2535.
3. กิตติพงษ์ ห่วงรัศมี, "ผักและผลไม้", ภาควิชาอุตสาหกรรมเกษตร คณะเทคโนโลยีการเกษตร  
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง, กรุงเทพฯ.
4. จรัญ จันทลักษณ์, "สถิติวิเคราะห์และการวางแผนการวิจัย", ไทยวัฒนาพานิช, กรุงเทพฯ,  
2523.
5. ฝ่ายวิเคราะห์ข้อมูล, กองแผนงาน, กรมส่งเสริมการเกษตร, " สถิติการปลูก ไม้ผล- ไม้ยืนต้น".  
2536, หน้า 95.
6. ไพโรจน์ ผลประสิทธิ์, "การปลูกฝรั่งเพื่ออุตสาหกรรม". กรมส่งเสริมการเกษตร, กรุงเทพฯ,  
2531, 69 หน้า.
7. สรตวดี เพื่อกสภณีย์, "สวนฝรั่ง ". ศูนย์ผลิตภัณฑ์ทำการเกษตรเพื่อชนบท, 2532, 62 หน้า.
8. Chan-HT JR ; Cavaletto-CG, "Lye Peeling of Lychee", Journal of Food Agriculture ,  
1(3), p. 277-285.
9. Cochran, W.G. Cox, G.M., In., "Experimental Designs". J. Wiley and Sons, Inc.,  
2nd Ed. 1957.
10. Cruess, W.V. , "Commercial Fruit and Vegetable Products", 46-54, Mc Graw-hill, 4<sup>th</sup> ,  
1958.
11. Davies, O.L. (Ed.), "Design and analysis of industrial experiments". Oliver and Boyd,  
Edinburgh. Chap11, 1954.
12. Dunlap, R.L., "Lye Peeling of potatoes", Food Inds., 16, 969-971, 1944.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

13. Hersom, A.C. and E.D. Hulland, "Canned Foods", Churchill Livingstone, New York, 1980.
14. Mason, R.L., R.F., Gunst and J.L. Hess, "Statistical Design and Analyticals of Experiments with Application to Engineering and Science". p. 204-233, John Wiley and Sons, New York, 1989.
15. Motycka, R.R., R.E., Devon and P.J. Bechtel, "Response Surface Methodology approach to the optimization of Boneless ham yield". Journal of Food Science, 49, 1386-1389, 1984.
16. Plackett, R.L., and Burman, J.P., "The design of optimum multifactorial experiments". Biometrika, 33, 305-325, 1946.
17. Wolters, C.F., JR., Elledge, N.G., and Kerwin, R.D. : "Lye Peeling". Diamond Alkali Co., Pittsburgh, 1943.
18. Woodroof, J.G. and Cecil, S.R., "Peeling with Lye", Food Inds. 20, 862-869, 1948.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ก

ก. 1 แผนการทดลองแบบ Central Composite Design สำหรับการศึกษาดัชนีแปร  
3 ตัวแปร

การทดลองที่	ระดับของตัวแปร X		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	-1	-1	-1
2	-1	-1	+1
3	-1	+1	-1
4	-1	+1	+1
5	+1	-1	-1
6	+1	-1	+1
7	+1	+1	-1
8	+1	+1	+1
9	-1.68	0	0
10	+1.68	0	0
11	0	-1.68	0
12	0	+1.68	0
13	0	0	-1.68
14	0	0	+1.68
15	0	0	0
16	0	0	0
17	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ก. 2 แผนการทดลองแบบ Box - Behnken Design สำหรับการศึกษาดัวแปร  
3 ตัวแปร

การทดลองที่	ระดับตัวแปร X		
	$X_1$	$X_2$	$X_3$
1	-1	-1	0
2	-1	+1	0
3	+1	-1	0
4	+1	+1	0
5	-1	0	-1
6	-1	0	+1
7	+1	0	-1
8	+1	0	+1
9	0	-1	-1
10	0	-1	+1
11	0	+1	-1
12	0	+1	+1
13	0	0	0
14	0	0	0
15	0	0	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ภาคผนวก ข

การเตรียมสารละลายต่างโซเดียมไฮดรอกไซด์ และสารละลายกรดซัลฟิวริก

การเตรียมสารละลายให้มีความเข้มข้น หรือมีปริมาณของสารละลายที่ต้องการ อาจเตรียมได้หลายวิธี เช่น

- ก. เตรียมโดยการชั่งน้ำหนักสารแล้วนำมาละลายในตัวทำละลาย
- ข. เตรียมโดยการทำสารละลายเข้มข้นให้เจือจางลง โดยการเติมน้ำลงในสารละลายที่เข้มข้นกว่า เรียกว่า การทำให้เจือจาง
- ค. เตรียมโดยการนำสารละลายที่มีความเข้มข้นต่างๆ กันมาผสมกัน

ก. เตรียมสารละลายโดยการชั่งน้ำหนัก ในกรณีที่ต้องการเตรียมสารละลายจากของแข็งหรือของเหลว โดยการนำมาละลายในน้ำ ส่วนมากจะใช้วิธีชั่งสาร โดยการคำนวณล่วงหน้าว่า ถ้าต้องการเตรียมสารละลายที่มีความเข้มข้นและปริมาตรตามต้องการจะต้องชั่งสารกี่กรัม จากนั้นนำสารที่ชั่งแล้วเทใส่ขวดปริมาตรที่เตรียมไว้ แล้วเติมน้ำลงไปจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นตามต้องการ

เช่น ต้องการเตรียมสารละลาย NaOH ที่มีความเข้มข้น 10 % w/v จำนวน 1200 ml. เตรียมได้โดย

คำนวณจำนวนน้ำหนักของสาร NaOH จาก

$$\begin{aligned} \% \text{ w/v} &= (m/v) * 100 \\ 10 \% \text{ w/v} &= (m/1200) * 100 \\ m &= (1200 * 10) / 100 \\ &= 120 \text{ g.} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น จะต้องชั่งสาร NaOH มาจำนวน 120 g. แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปปริมาตร 1200 ml. จะได้สารละลาย NaOH ที่มีความเข้มข้น 10 % w/v จำนวน 1200 ml.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข. เตรียมสารละลายโดยการเจือจาง ทำได้โดยนำสารละลายที่ทราบความเข้มข้นที่แน่นอนแล้วมาเติมน้ำให้เจือจางลงได้ความเข้มข้นใหม่ ปกติก็ต้องคำนวณปริมาณของสารละลายเข้มข้นล่วงหน้า เช่นเดียวกับกรณีที่ชั่งน้ำหนัก หลังจากคำนวณปริมาณที่ต้องการแล้ว จึงใช้ปิเปตดูดสารละลายขึ้นมา นำไปถ่ายลงในขวดปริมาตรที่เตรียมไว้ แล้วเติมน้ำจนถึงขีดบอกปริมาตร จะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นใหม่ตามต้องการ

เช่น ต้องการเตรียมสารละลายเข้มข้น 6.5 % w/v จำนวน 500 ml. จากสารละลายเข้มข้น 10 % w/v จำนวน 1200 ml.

คำนวณปริมาตรสารละลายที่จะดูดมาด้วยปิเปต จาก

$$\begin{aligned} C_1 V_1 &= C_2 V_2 \\ V_1 &= (C_2 V_2) / C_1 \\ &= (6.5 * 500) / 10 \\ &= 325 \text{ ml.} \end{aligned}$$

เพราะฉะนั้น จะต้องดูดสารละลาย NaOH เข้มข้น 10 % w/v มาจำนวน 325 ml. แล้วเติมน้ำกลั่นลงไปจนครบ 500 ml. (เติมน้ำกลั่นลงไป  $500 - 325 = 175$  ml.) ก็จะได้สารละลาย NaOH เข้มข้น 6.5 % w/v จำนวน 500 ml. ตามต้องการ

ค. การเตรียมสารละลายโดยการผสมสารละลายเข้าด้วยกัน คล้ายๆกับการเจือจาง จะต้องคำนวณล่วงหน้าก่อนว่า จะต้องใช้สารละลายซึ่งมีความเข้มข้นต่าง ๆ อย่างละเท่าใดมาผสมกันจึงจะได้สารละลายที่มีความเข้มข้นตามต้องการ

## ภาคผนวก ค

การวิเคราะห์ผลการทดลอง จากการปอกเปลือกด้วยวิธีต่างๆ และตัวอย่างผลการทดลอง

## ค.1 การวิเคราะห์ผลการทดลองจากการปอกเปลือกด้วยมือ

## ค.1.1 วิธีการทดลอง

- ฝรั่งสด ล้างทำความสะอาดซั้งน้ำหนักทั้งผล บันทึกผลในตารางการทดลอง
- ปอกเปลือกด้วยมีด ซั้งน้ำหนักเปลือกและน้ำหนักเนื้อของผลฝรั่ง บันทึกผลในตารางการทดลอง
- ทำซ้ำกับฝรั่งผลอื่นๆ เพื่อหาค่าเฉลี่ย

## ค.1.2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ยของฝรั่งทั้งผล} = \frac{(\text{ผลรวมของน้ำหนักของผลฝรั่งสด})}{(\text{จำนวนผลฝรั่งที่ทดลองทั้งหมด})}$$

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ยของเปลือกฝรั่ง} = \frac{(\text{ผลรวมของน้ำหนักเปลือกฝรั่ง})}{(\text{จำนวนผลฝรั่งที่ทดลองทั้งหมด})}$$

$$\text{น้ำหนักเฉลี่ยของเนื้อฝรั่ง} = \frac{(\text{ผลรวมของน้ำหนักเนื้อฝรั่ง})}{(\text{จำนวนผลฝรั่งที่ทดลองทั้งหมด})}$$

หมายเหตุ น้ำหนักเฉลี่ยที่ได้คิดเป็น 100 %

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ค.1.3 ตัวอย่างตารางที่ใช้บันทึกผลการทดลอง และตัวอย่างการคำนวณ

ตัวอย่างตารางบันทึกผลการทดลอง

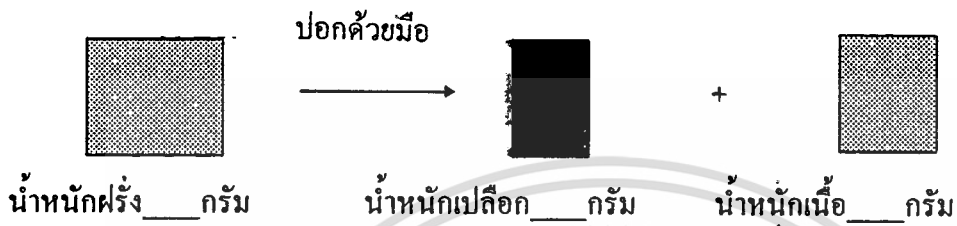
การทดลอง ที่	การ ทดลอง ครั้งที่	น.น.ฝรั่งสด ( กรัม )	น.น.เปลือกฝรั่ง ( กรัม )	น.น.เนื้อฝรั่ง ( กรัม )	ความหนาของ เปลือกฝรั่ง ( มิลลิเมตร )
1	1				
	2				
	3				
	รวม				
	เฉลี่ย				
2	1				
	2				
	3				
	รวม				
	เฉลี่ย				
3					
4					
.					
.					
.					

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ตัวอย่างการคำนวณ

การหาเปอร์เซ็นต์เปลือก

ฝรั่งที่ปอกด้วยมือ



$$\% \text{ เปลือก} = (\text{น้ำหนักเปลือก} / \text{น้ำหนักเนื้อ}) * 100 = \text{___} \%$$

เป็นข้อมูลมาตรฐานที่ใช้อ้างอิงในการคำนวณ

ฝรั่งที่ปอกด้วยสารละลายด่าง



น้ำหนักของเปลือกทั้งหมด = (% เปลือกมาตรฐาน) \* (น้ำหนักฝรั่งทั้งผล)  
ของผลฝรั่ง (กรัม)

$$\% \text{ เปลือก} = (\text{น.น.เปลือกที่ปอกได้} / \text{น.น.เปลือกทั้งหมด}) * 100$$

$$= \text{___} \%$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

## ค. 2 การวิเคราะห์ผลการทดลอง จากการปอกเปลือกด้วยสารละลายด่าง NaOH

### ค.2.1 วิธีการทดลอง

- ผึ่งสดล้างทำความสะอาด ชั่งน้ำหนัก บันทึกผลการทดลองในตาราง
- แช่ในสารละลายด่าง NaOH ที่สภาวะต่างๆ
- ทำให้เป็นกลาง โดยแช่ในสารละลายกรดซัลฟิวริกเข้มข้น 0.5 %
- ล้างด้วยน้ำสะอาด
- กรองเปลือกที่ได้ทั้งหมดจากนั้นชั่งน้ำหนักเปลือกที่ปอกออกทั้งหมด
- และชั่งน้ำหนักเนื้อของผลฝรั่ง บันทึกผลในตารางการทดลอง
- หาเปอร์เซ็นต์ของเปลือกที่ปอกออกได้ทั้งหมด

### ค.2.2 การวิเคราะห์ผล

$$\% \text{ เปลือกที่ปอกออกได้} = \left( \frac{\text{น้ำหนักเปลือกที่ปอกออกได้}}{\text{น้ำหนักเปลือกทั้งหมด}} \right) * 100$$

### ค.2.3 ตัวอย่างตารางที่ใช้บันทึกผลการทดลอง และตัวอย่างการคำนวณ

ตารางบันทึกผลการทดลอง

การทดลองที่	ความเข้มข้นของสารละลาย NaOH (%w/v)	อุณหภูมิ (C)	เวลา (นาท)	% เปลือก	น้ำหนักฝรั่งทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักเปลือกที่ปอกได้จริง (กรัม)
1	3	30	5	32.699	232.923	15.838	5.179
2	3	50	5	98.811	258.683	17.590	16.501
3	10	30	5	134.685	228.310	15.525	20.910
4	10	50	5	143.535	245.622	16.702	23.023
5	3	40	1	1.296	302.487	20.569	0.266
6	3	40	9	107.372	226.845	15.425	16.562
7	10	40	1	79.276	280.887	19.100	15.142
8	10	40	9	209.970	305.708	20.788	43.649
9	6.5	30	1	8.095	230.383	15.666	1.268
10	6.5	30	9	102.906	225.942	15.364	15.810
11	6.5	50	1	70.369	242.519	16.491	11.604
12	6.5	50	9	208.083	294.445	20.022	41.663
13	6.5	40	5	129.942	321.080	21.833	28.370
14	6.5	40	5	132.908	291.419	19.816	26.337
15	6.5	40	5	137.017	282.261	19.193	26.298

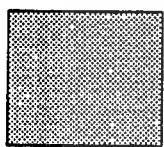
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่าจะกรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ตัวอย่างการคำนวณ

ฝรั่งที่ปอกด้วยมือ : ได้ทดลองปอกด้วยมือ และหาค่าเฉลี่ยเปอร์เซ็นต์ของเปลือก  
จากฝรั่งหลายๆ ผล ได้ผลสรุปว่า  
% เปลือกที่เป็นข้อมูลมาตรฐานในการอ้างอิง = 6.8 %

ฝรั่งที่ปอกด้วยสารละลายต่าง :

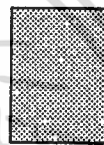
#### การทดลองที่ 1



น.น.ฝรั่ง = 232.923 g.



เปลือกที่ปอกออกได้ = 5.179 g.



ฝรั่งหลังปอกเปลือก = 227.744 g.

น้ำหนักของเปลือกทั้งหมด =  $(0.068) * 232.923 = 15.8387$  g.

$$\begin{aligned} \% \text{เปลือก} &= (5.179/15.8387) * 100 \\ &= 32.69839 \% \end{aligned}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

### ค. 3 การวิเคราะห์ผลการทดลอง โดยวิธี Multiple Regression

#### ค. 3.1 Model fitting results for : % เปลือกที่ปอกออกได้

Independent variable	coefficient	std. error	t-value	sig. level
conc	22.619311	20.05729	1.1277	0.3025
temp	-4.388613	3.859103	-1.1372	0.2988
time	1.554581	16.802295	0.0925	0.9293
conc^2	-0.700453	1.134121	-0.6176	0.5595
temp^2	0.072106	0.076037	0.9483	0.3796
time^2	-0.936639	0.883363	-1.0603	0.3298
conc * temp	-0.14492	0.361541	-0.4008	0.7024
conc * time	0.676176	0.971363	0.6961	0.5124
temp * time	0.44648	0.330873	1.3494	0.2259

R-SQ. (ADJ.) = 0.9527    SE = 27.394913    MAE = 14.287467    DurWat = 1.478

Previously :    0.0000    0.000000    0.000000    0.000

15 observations fitted , forecast(s) computed for 0 missing val. of dep. var.

#### ค. 3.2 Analysis of Variance for the full Regression

Source	Sum of Squares	DF	Mean Square	F-Ratio	P-value
Model	217620.	9	24180.0	32.2196	.0002
Error	4502.89	6	750.481		
Total	222123.	15			

R-squared = 0.979728

Std. error of est. = 27.3949

R-squared (Adj. for d.f.) = 0.952699

Durbin-Watson statistic = 1.47809

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

#### พ. 4 Response Surface Plotting ที่ Time constant

##### พ. 4.1 Response Surface Plotting ที่ time = 1 min

---

x-axis minimum : 3	y-axis minimum : 30	
x-axis maximum : 10	y-axis maximum : 50	
Number of x- axis intervals : 20	Number of y-axis intervals : 20	
Function type : XY polynomial		
<hr/>		
Z = 0.617942	+ 23.294587 X	+ -3.942133 Y
+ -0.700435 X <sup>2</sup>	+ 0.072106 Y <sup>2</sup>	+ -0.14492 XY

##### พ. 4.2 Response Surface Plotting ที่ time = 5 min

---

x-axis minimum : 3	y-axis minimum : 30	
x-axis maximum : 10	y-axis maximum : 50	
Number of x-axis intervals : 20	Number of y-axis intervals : 20	
Function type : XY polynomial		
<hr/>		
Z = -15.64307	+ 26.00191 X	+ -2.156213 Y
+ -0.700453 X <sup>2</sup>	+ 0.072106 Y <sup>2</sup>	+ -0.14492 XY

##### พ. 4.3 Response Surface Plotting ที่ time = 9 min

---

x-axis minimum : 3	y-axis minimum : 30	
x-axis maximum : 10	y-axis maximum : 50	
Number of x-axis intervals : 20	Number of y-axis intervals : 20	
Function type : XY polynomial		
<hr/>		
Z = -61.87653	+ 28.704895 X	+ -0.370293 Y
+ -0.700453 X <sup>2</sup>	+ 0.072106 Y <sup>2</sup>	+ -0.14492 XY

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ตัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



## ภาคผนวก ง

การหาค่า Moisture Content

## 1. การหาค่า Moisture Content ของฝรั่งทั้งผล

- 1.1 ฝรั่งทั้งผล หั่นเอามาเฉพาะเปลือก + เนื้อ
- 1.2 ตัวอย่างที่หั่นมา นำมาสับให้ละเอียด
- 1.3 ชั่งน้ำหนัก dish บันทึกผล (A)
- 1.4 นำตัวอย่างที่สับละเอียดแล้ว ประมาณ 2 - 5 กรัม ใส่ใน dish
- 1.5 ชั่งน้ำหนัก dish + sample บันทึกผล เป็นน้ำหนักก่อนอบ (B)
- 1.6 นำ dish + sample ไปอบในตู้อบเป็นเวลา 2 ชั่วโมง
- 1.7 หลังจากนำออกมาจากตู้อบ เอาฝา dish ปิดตัว dish ตั้งทิ้งไว้ให้เย็น
- 1.8 ชั่งน้ำหนัก dish + sample บันทึกผล เป็นน้ำหนักหลังอบ (C)
- 1.9 วิเคราะห์หาค่า - น้ำหนัก sample ก่อนอบ , หลังอบ  
- % MC. Wb. , % MC. Db.

โดยหาค่าจาก

$$\begin{aligned}
 \text{น.น. Sample (ก่อนอบ)} &= B - A \\
 \text{น.น. Sample (หลังอบ)} &= C - A \\
 \% \text{ MC. Wb.} &= \left\{ (B - C) / (B - A) \right\} * 100 \\
 &= X \% \\
 \% \text{ MC. Db.} &= \left\{ (B - C) / (C - A) \right\} * 100 \\
 &= (X) / (100 - X)
 \end{aligned}$$

## 2. การหาค่า Moisture Content ของเปลือกฝรั่ง หลังจากแช่ในสารละลายด่าง NaOH

- หาค่าเหมือนกับ ข้อ 1. เอาตัวอย่างมาเฉพาะเปลือกของฝรั่งหลังจากแช่ในสารละลาย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การหาค่า Moisture Content ของเนื้อฝรั่ง หลังจากแช่ในสารละลายต่าง NaOH
- หาค่าเหมือนกับ ข้อ 1. เอาตัวอย่างมาเฉพาะเนื้อของฝรั่งหลังจากแช่ในสารละลายแล้ว



เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า  
ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้