สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยด้วยวิธี RESPONSE SURFACE

STUDY ON EFFECT OF OPERATING PARAMETERS ON PEPPER PEELING MACHINE BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

T058557

โดย

นายชานนท์ อัธยาตมวิทยา

นายณหทัย ปันธิโก

นางสาวพุทธมาศ โรจน์หทัยกานต์

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

ปีการศึกษา 2546

เลขหมู่.....
เลขทะเบียน 58557
วัน,เดือน,ปี 25 ส.ค. 2549

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์ปีการศึกษา 2546

ภาควิชาวิศวกรรมอาหาร

คณะวิศวกรรมศาสตร์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

เรื่อง การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยด้วยวิธี RESPONSE SURFACE

ผู้จัดทำ

นายชานนท์ อัธยาตมวิทยา

นายณหทัย ปันธิโก

นางสาวพุทธมาศ โรจน์หทัยกานต์

อาจารย์ที่ปรึกษา

(รองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย ด้วยวิธี RESPONSE SURFACE

นายชานนท์ อัธยาตมวิทยา
นายณหทัย ปันธิโก
นางสาวพุทธมาศ โรจน์หทัยกานต์
รองศาสตราจารย์ สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา 2546

บทคัดย่อ

งานวิจัยนี้เป็นการศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยด้วยวิธี RESPONSE SURFACE โดยใช้แบบแผนการทดลองแบบบ๊อกซ์-เบห์นเคนสำหรับการวิเคราะห์ผลของตัวแปรหลายตัวแปร ประกอบด้วยความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก (X_1 , อยู่ในช่วง 680-720 rpm) ความยาวชุดกะเทาะเปลือก(X_2 , อยู่ในช่วง 70-110 cm) และอัตราการป้อน(X_3 , อยู่ในช่วง 80-120 kg/h) โดยศึกษาผลของปัจจัยต่าง ๆ ต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์โดยการสร้างสมการ Multiple Regression เพื่อหาความสัมพันธ์ของค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์กับปัจจัยดังกล่าวข้างต้น พบว่าสภาวะที่เหมาะสมอยู่ที่ความเร็วรอบ 694.73 rpm ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 110 cm และอัตราการป้อน 120 kg/h โดยได้เปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ 69.574%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

STUDY ON EFFECT OF OPERATING PARAMETERS ON PEPPER PEELING MACHINE BY RESPONSE SURFACE METHODOLOGY

CHANON ADHAYATAMAVIDHAYA
NAHATHAI PUNTIGO
PUTTAMAS ROJHATAIKAN
ASSOC.PROF. SATIP RATTANAPADSAKORN ADVISOR

2003

ABSTRACT

Optimization of analytical conditions for pepper peeling machine was performed by Response Surface Methodology(RSM) using box-behnken design for simultaneous analysis of the effect of speed of peeling equipment : X_1 (680-720rpm), length of peeling equipment : X_2(70-110cm) and feed rate : X_3(80-120kg/h) on pepper peeling machine were studied. Experimental design allowed for evaluation of potential effects between these parameter. The multiple regression model was fitted to describe interrelation between completed peeled pepper percentage and those three independent variables. Optimum conditions for maximizing complete peeled pepper percentage were found when X_1 was 694.73 rpm, X_2 was 110cm and X_3 was 120 kg/h. Under these conditions 69.574% of complete peeled pepper yield.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี เนื่องจากความร่วมมือของหลายฝ่ายด้วยกัน ขอขอบพระคุณผู้มีส่วนช่วยเหลือโครงงานดังนี้

- คณาจารย์ประจำภาควิชาวิศวกรรมอาหารทุกท่านที่ถ่ายทอดวิชาความรู้และให้คำปรึกษาเป็นอย่างดี
- เจ้าหน้าที่โรงปฏิบัติงานภาควิชาวิศวกรรมอาหาร (พี่แมน) และเจ้าหน้าที่ธุรการภาควิชาวิศวกรรมอาหาร (พี่บุญนำและพี่น้ำ) ที่ช่วยโครงงาน
- ขอขอบคุณเพื่อนนักศึกษาทุกคนที่เป็นกำลังใจให้โดยตลอด

สุดท้ายขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์สาทิป รัตนภาสกร อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานซึ่งเป็นผู้ที่มีความสำคัญที่สุดในการให้คำปรึกษาและคอยติดตามผลงานด้วยความเอาใจใส่อย่างใกล้ชิด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ก
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ข
กิตติกรรมประกาศ	ค
สารบัญ	ง
สารบัญตารางประกอบ	ฉ
สารบัญภาพประกอบ	ช
บทที่	
1. บทนำ	1
2. การตรวจเอกสาร	3
2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของพริกไทย	3
2.2 การแปรรูปพริกไทย	7
2.3 การแปรรูประดับอุตสาหกรรม	11
2.4 การแปรรูปโดยเกษตรกร	12
2.5 เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป	12
2.6 กรรมวิธีกะเทาะเปลือกพริกไทย	15
2.7 การขัดขาว	18
2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย	19
2.9 การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม(Optimum Condition) ด้วยวิธี Response Surface	20
3. เครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย	24
3.1 ปัญหาที่ประสบและความต้องการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย	24
3.2 ส่วนประกอบ ของเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย	24
3.3 หลักการทำงานของเครื่อง	24
4. วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง	31
4.1 การกำหนดตัวแปร (Independent variable)	31
4.2 กำหนดแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม (Appropriate experimental design)	31

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ(ต่อ)

บทที่		หน้า
	4.3 วัสดุและอุปกรณ์	33
	4.4 วิธีการทดลอง	33
	4.5 ผลของการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยด้วยการแช่น้ำ	35
	4.6 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกสภาวะตัวแปรที่เหมาะสม	35
5.	ผลการทดลอง	39
	5.1 ผลของความเร็วรอบ ความยาวชุดกะเทาะเปลือก และอัตราการป้อนต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้	39
	5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกสภาวะของตัวแปรที่เหมาะสม	40
6.	สรุปผลการทดลอง	65
เอกสารอ้างอิง		68
ภาคผนวก		69

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญตารางประกอบ

ตารางที่ หน้า

4.1 ผลของการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยโดยการแช่น้ำ
เพื่อหาน้ำหนักของเม็ดพริกไทย และน้ำหนักของเปลือกพริกไทย 35

5.1 ผลการทดลองการกะเทาะเปลือกพริกไทย 39

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ

ภาพที่		หน้า
2.1	ต้นและเม็ดพริกไทยสด	3
2.2	พริกไทยสด ที่ยังไม่สุกเต็มที่	6
2.3	ภาพการเก็บเกี่ยวพริกไทย	8
2.4	ภาพขั้นตอนการแปรรูปพริกไทยขาว และพริกไทยดำ	9
2.5	ภาพขั้นตอนการแปรรูปพริกไทยขาวจากพริกไทยดำ	10
2.6	เครื่องลอกเปลือกพริกไทยในระดับอุตสาหกรรม	12
2.7	เครื่องนวดพริกไทย	13
2.8	เครื่องคัดขนาดเม็ดพริกไทย	14
2.9	เครื่องลอกเปลือกเม็ดพริกไทย	14
2.10	เครื่องร่อนพริกไทยดำ	15
2.11	เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวนอน	15
2.12	เครื่องสีข้าวแบบลูกยางกะเทาะเปลือก	16
2.13	เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวนอน	16
2.14	เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง	17
2.15	เครื่องขัดเม็ดข้าวฟ่างแบบ FAO Eurafric Dehuller	18
2.16	กราฟโครงร่างของพื้นผิวผลตอบ	21
3.1	ภาพทางเข้า-ออก ของเม็ดพริกไทย และทางออกของเปลือกเม็ดพริกไทย	25
3.2	แบบของเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย	26
3.3	ขนาดของเครื่องกะเทาะพริกไทย	27
3.4	มอเตอร์ที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกพริกไทย	28
3.5	ตะแกรงเหล็กภายในเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย	28
3.6	ภาพของชิ้นส่วนตัวควบคุมอัตราการป้อน	29
3.7	ภาพการติดตั้งชุดควบคุมอัตราการป้อนเม็ดพริกไทย	29
3.8	ภาพการเปรียบเทียบตัวความคุมอัตราการป้อนที่ได้กับที่ต้องการ	30
3.9	ภาพเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย	30
4.1	การออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน สำหรับ 3 ตัวแปร	32
4.2	ขั้นตอนการเตรียมเม็ดพริกไทย	34

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

4.3 ขั้นตอนการทดลองการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย 37
4.4 แผนภาพการวิเคราะห์ผลการทดลอง 38
5.1 กราฟแสดงค่า coefficient of determination (R^2) ของผลการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ 41
5.2 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาวและอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 680 rpm 42
5.3 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 680 rpm 43
5.4 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาวและอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 700 rpm 44
5.5 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 700 rpm 45
5.6 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาวและอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 720 rpm 46
5.7 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 720 rpm 47
5.8 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบและอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 70 cm. 48
5.9 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 70 cm. 49

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

5.10 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบและอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 90 cm. 50

5.11 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 90 cm. 51

5.12 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบและอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 110 cm. 52

5.13 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 110 cm. 53

5.14 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาวที่อัตราการป้อน 80 kg/h 54

5.15 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาวที่อัตราการป้อน 80 kg/h 55

5.16 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาวที่อัตราการป้อน 100 kg/h 56

5.17 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาวที่อัตราการป้อน 100 kg/h 57

5.18 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาวที่อัตราการป้อน 120 kg/h 58

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพประกอบ(ต่อ)

ภาพที่ หน้า

5.19 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย สมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว ที่อัตราการป้อน 120 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 1
บทนำ

พริกไทยเป็นพืชสวน ที่ให้ผลตอบแทนแก่เกษตรกรได้ค่อนข้างสูงเมื่อเปรียบเทียบกับพืชเศรษฐกิจอย่างอื่นแนวโน้มการส่งออกไม่ค่อยมีปัญหา การแข่งขันเนื่องจากภาวะการตลาดไม่ซับซ้อน ผู้ผลิตมีน้อยราย ราคาอยู่ในอัตราที่น่าพอใจประกอบกับปัจจุบันมีการค้นคว้าหาวิธีต่าง ๆ ที่จะเพิ่มผลผลิตต่อไร่ของพริกไทย หาทางลดต้นทุนการผลิตลง พริกไทยจึงเป็นพืชที่น่าสนใจชนิดหนึ่งในขณะนี้ (สมพล สุธาพจน์, 2543) แต่การปลูกพริกไทยก็ถูกจำกัดในวงแคบ ทั้งนี้เป็นเพราะลักษณะภูมิประเทศ ดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพริกไทยโดยเฉพาะ จากหลักฐานทางภูมิศาสตร์นั้นปรากฏว่าพริกไทยมีปลูกมากตามบริเวณที่มีอากาศค่อนข้างร้อนและมีความชื้นสูง ซึ่งอยู่ใกล้กับเส้นศูนย์สูตร พริกไทยปลูกมากในหลายประเทศ เช่น อินเดีย ศรีลังกา อินโดนีเซีย มาเลเซีย ฟิลิปปินส์ ไทย มาดากาสก้า เม็กซิโก จาไมก้า และบราซิล และประเทศไทยมีสภาพภูมิประเทศและดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมต่อการเจริญเติบโตของพริกไทยมาก จึงมีเกษตรกรทำการปลูกกันมากในหลายจังหวัดทางภาคใต้และภาคตะวันออก นอกจากนี้ก็มีการปลูกกันบ้างในบางจังหวัดของภาคกลางและภาคเหนือ การที่เกษตรกรนิยมปลูกกันมากนั้น ด้วยเหตุผลที่นอกเหนือไปจากมีสภาพดินฟ้าอากาศที่เหมาะสมแล้ว พริกไทยยังเป็นพืชที่ทำรายได้ให้กับกสิกรสูงมาก และถ้ามีการปฏิบัติรักษาสวนพริกไทยให้ดีอยู่เสมอก็สามารถเก็บเกี่ยวไปได้นานกว่า 15 ปี (คำนึง คำอุดม, 2534) หลังจากการเก็บเกี่ยวพริกไทยแล้ว เกษตรกรผู้ปลูกพริกไทยจะผลิตพริกไทยออกสู่ท้องตลาดใน 2 ลักษณะคือ จำหน่ายในรูปพริกไทยเม็ดและพริกไทยป่น ซึ่งแต่ละลักษณะแยกออกเป็นอีก 2 ชนิด คือ พริกไทยดำ (Black pepper) และ พริกไทยขาว (White pepper) ซึ่งทั้งสองอย่าง ได้จากผลพริกไทยที่วิธีเก็บ และเตรียมต่างกัน นั่นคือ พริกไทยดำ ได้จากการเก็บผลพริกไทยที่เป็นผลโตเต็มที่ แก่แต่ยังไม่สุก เมื่อเก็บแล้วนำไปทำให้แห้ง โดยการตากแดดประมาณ 5-6 วัน ส่วนพริกไทยขาว (White pepper) นั้นได้จากการเก็บผลพริกไทยที่แก่จัด และผลเริ่มสุกเป็นสีแดง จากนั้นนำไปแช่น้ำ เพื่อลอกเอาเปลือกชั้นนอกออกไป โดยแช่ในน้ำไหลหรือน้ำนิ่งก็ได้ แต่พริกไทยที่แช่น้ำไหลมีสีขาวกว่าพริกไทย ที่แช่ในน้ำนิ่ง โดยใช้เวลาในการแช่ประมาณ 7-14 วัน หลังจากนั้น นำพริกไทยที่แช่น้ำมานวด เพื่อลอกเปลือกออก ล้างด้วยน้ำสะอาด แล้วนำไปตากแดดทันที โดยใช้เวลาในการตากแดดจนแห้งสนิทประมาณ 4-5 วัน ซึ่งจากกรรมวิธีดังกล่าวพบว่าต้องใช้น้ำในปริมาณที่มากและน้ำที่ผ่านกระบวนการหมักจะเกิดการเน่าเหม็น ซึ่งเมื่อปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองจะก่อให้เกิดปัญหาต่อสิ่งแวดล้อม อีกทั้งยังมีสารคลอรีนตกค้างอยู่ในเม็ดพริกไทย ซึ่งอาจมีอันตรายต่อผู้บริโภค ดังนั้นการผลิตที่ถูกสุขลักษณะ ไม่มีปัญหาสารพิษตกค้าง และไม่มีปัญหาด้าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สิ่งแวดล้อมที่เกิดจากกระบวนการผลิต จึงเป็นสิ่งที่สำคัญ ซึ่งตลาดในปัจจุบันผู้บริโภคมีความสนใจในเรื่องสุขภาพมากขึ้น และตลาดก็ยังต้องการเม็ดพริกไทยกะเทาะเปลือกมากขึ้นด้วย ซึ่งในขั้นของการกะเทาะเปลือกนั้น ถ้าทำด้วยวิธีการที่ไม่เหมาะสม จะทำให้มีส่วนที่จะต้องทิ้งในกระบวนการกะเทาะเปลือกมากกว่าปกติ เป็นการสูญเสียและยังต้องเสียค่าใช้จ่ายในการกำจัดมากขึ้น จากเหตุผลดังกล่าวจึงควรมีการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อกระบวนการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย โดยอาศัยหลักการขัดสี เพื่อแก้ปัญหาในการลดเปอร์เซ็นต์การแตกของเม็ดพริกไทย เพิ่มเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะลอกเปลือกสมบูรณ์ แถมยังเป็นแนวทางในการออกแบบและสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย และดำเนินการในการกะเทาะเปลือกต่อไป และทางคณะผู้จัดทำยังได้มีการทดลองเพื่อหาสมการความสัมพันธ์ของปัจจัย ที่ส่งผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย เพื่อให้ได้สมการที่เหมาะสมในการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย และยังเป็นการช่วยให้การกะเทาะ-เปลือกนั้นมีประสิทธิภาพที่ดีขึ้นอีกด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงงาน

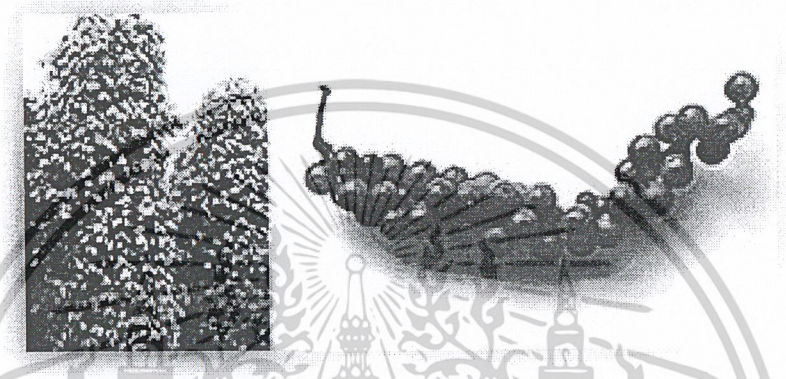
จุดประสงค์ทั่วไปเพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบสร้างเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยดำโดยใช้วิธีขัดสี โดยมีจุดประสงค์หลักดังนี้

1. ศึกษาผลกระทบของความเร็วรอบของอุปกรณ์ขัดสี 3 ระดับ ดังนี้ 680 700 และ 720 รอบต่อนาที ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดลอกเปลือกสมบูรณ์ เม็ดลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ และเม็ดแตก
2. ศึกษาผลกระทบของความยาวของอุปกรณ์ขัดสี 3 ระดับ ดังนี้ 70 90 และ 110 เซนติเมตร ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดลอกเปลือกสมบูรณ์ เม็ดลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ และเม็ดแตก
3. ศึกษาผลกระทบของอัตราการป้อน 3 ระดับ ดังนี้ 80 100 และ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง ที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดลอกเปลือกสมบูรณ์ เม็ดลอกเปลือกไม่สมบูรณ์ และเม็ดแตก
4. สร้างสมการแสดงความสัมพันธ์ของผลกระทบข้างต้น ที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
การตรวจเอกสาร

2.1 ข้อมูลเบื้องต้นของพริกไทย



รูปที่ 2.1 ต้นและเม็ดพริกไทยสด

พริกไทยเป็นพืชเครื่องเทศชนิดหนึ่งที่รู้จักกันอย่างแพร่หลาย มีตลาดกว้างขวางเมื่อเทียบกับพืชเครื่องเทศชนิดอื่น ๆ พริกไทยสามารถนำไปใช้ประโยชน์ด้านการปรุงอาหารได้หลายชนิด ได้แก่ ไส้กรอก ตับบด ผลิตภัณฑ์เนื้อสัตว์ต่าง ๆ อาหารหมักดอง ซอสมะเขือเทศ ซอสชนิดต่าง ๆ และเครื่องปรุงอาหารประจำโต๊ะอาหาร นอกจากใช้ปรุงอาหารแล้วพริกไทยยังสามารถนำไปใช้ในทางการแพทย์ได้ด้วยลักษณะการใช้ประโยชน์ของพริกไทยใช้ได้หลายลักษณะ คือ เป็นเม็ดสด เม็ดแห้ง ผง พริกไทยดอง พริกไทยแห้ง พริกไทยแช่แข็ง และน้ำมันพริกไทย (สานิตย์ สุขสวัสดิ์ ,2542) เป็นต้น

2.1.1 ลักษณะทางพฤกษศาสตร์ของพริกไทย

พริกไทยมีชื่อวิทยาศาสตร์ว่า **Piper nigrum Linn.** อยู่ในวงศ์ **PIPERACEAE** มีชื่อเรียกตามท้องถิ่นว่าพริกน้อย (ภาคเหนือ) การขยายพันธุ์ทำโดยวิธีปักชำโดยตัดส่วนลำต้นที่ไม่แก่จัดยาวประมาณ 5-7 ข้อปักชำไว้จนรากงอกออกมาแข็งแรงแล้วจึงนำไปปลูกโดยต้องทำค้างไว้เกาะด้วย พริกไทยสามารถขึ้นได้ในดินทั่ว ๆ ไปที่มีการระบายน้ำได้ดีและชอบอากาศที่อบอุ่นและชื้น ซึ่งอากาศแบบนี้อยู่แถวจันทบุรี ระยอง และตราด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริกไทยเป็นพืชเถายืนต้นเมืองร้อนตระกูลเดียวกับดีปลี ช้าพลู สะค้าน และพลู ชอบขึ้นในภูมิอากาศร้อนชื้น อุณหภูมิระหว่าง 10 – 30 องศาเซลเซียส มีความต้องการน้ำฝนอย่างน้อยปีละ 50 – 80 นิ้ว สามารถปลูกได้ตั้งแต่ระดับน้ำทะเลจนกระทั่งความสูงประมาณ 3,500 ฟุต ชอบขึ้นในดินร่วนมีความอุดมสมบูรณ์สูงและระบายน้ำดี ไม่ชอบดินที่มีสภาพน้ำขังและสภาพที่มีความลาดเทมาก ลำต้นเป็นเถาเลื้อย ไม่สามารถยืนอยู่ได้โดยลำพังต้องอาศัยสิ่งอื่นเป็นสิ่งยึดเกาะ หรือที่เรียกว่า "ค้าง" โดยใช้รากเล็ก ๆ ที่ยื่นออกมาตามข้อเรียกว่า "รากตีนตุ๊กแก" หรือ "มือตุ๊กแก" เกาะยึดกับค้าง ตามปกติพริกไทยจะมีรากใหญ่เพียง 3 – 6 ราก หยั่งลึกลงไปในดินประมาณ 2 – 3 เมตรแต่จะมีรากฝอยเล็ก ๆ กระจายอยู่ทั่วไปบริเวณผิวดิน ใบมีลักษณะรูปไข่โคนใบใหญ่ปลายใบแหลม ใบอ่อนมีสีเขียวอมเหลืองและเปลี่ยนเป็นสีเขียวเข้มเมื่อแก่ โดยทั่วไปจะกว้างประมาณ 6 – 10 เซนติเมตรและยาวประมาณ 7 – 14 เซนติเมตร

ลักษณะดอก เป็นช่อยาวเกิดตรงข้ามใบช่อดอก ขณะอ่อนอยู่จะมีสีเหลืองอมเขียวเมื่อแก่จะมีสีเขียว และปลายห้อยลงดิน ช่อดอกแต่ละช่อจะมีช่อดอกเล็ก ๆ เรียงเป็นแถว ๆ ประมาณ 70 – 120 ดอก ยาวประมาณ 7 – 13 เซนติเมตร ดอกจะบานอยู่ประมาณ 5 – 7 วัน ในแต่ละช่อมีทั้งดอกสมบูรณ์(เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียอยู่ในดอกเดียวกัน) และดอกไม่สมบูรณ์ (เกสรตัวผู้และเกสรตัวเมียแยกคนละดอก)ปะปนกันไป แต่โดยทั่วไปมักมีดอกไม่สมบูรณ์มากกว่าดอกสมบูรณ์ ผลพริกไทยเมื่อเล็กจะมีสีเขียวเข้มและจางลงจนเปลี่ยนเป็นสีแสดหรือแดงเมื่อแก่จัด ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มออกดอกจนกระทั่งผลแก่สามารถเก็บเกี่ยวได้จะใช้เวลาประมาณ 6 – 7 เดือน พริกไทยแต่ละพันธุ์ จะมีลักษณะที่แตกต่างกันกันไป เช่น กิ่ง ใบ ดอก คือ ถ้าเป็นพันธุ์ที่มีใบใหญ่หนาช่วงข้อของลำต้นและกิ่งจะยาว ช่อดอกจะยาวตามและมีความต้านทานโรค และแมลงได้ดีกว่าพันธุ์ที่มีใบเล็กบางช่วงข้อและดอกสั้น นอกจากนั้นลักษณะการเรียงของผลบนช่อดอกยังบอกให้ทราบถึงลักษณะการเจริญเติบโตของผลด้วยคือ ถ้าผลเรียงเป็นแถวคี่จะสุกสม่ำเสมอทั่วทั้งช่อ แต่ผลจะหลุดล่วงง่ายกว่าช่อดอกที่ผลเรียงเป็นแถวคู่แต่ผลจะสุกไม่สม่ำเสมอกัน

2.1.2 พันธุ์พริกไทย

ปัจจุบันพริกไทยนิยมที่ปลูกอยู่ในประทศไทยมักจะเป็นพันธุ์ที่นำมาจากต่างประเทศ ซึ่งเป็นพันธุ์ที่ให้ผลผลิตค่อนข้างสูงโดยเฉพาะจังหวัดจันทบุรีนิยมปลูกพริกไทย 3 พันธุ์ คือ

1.พันธุ์ซาราวัค หรือ พันธุ์คุชชิ่ง คือ พันธุ์ที่ชาวสวนพริกไทยจังหวัดจันทบุรี นิยมเรียกพันธุ์มาเลเซียนั่นเองเป็นพันธุ์ที่ปลูกกันมากเป็นพันธุ์ที่นำเข้ามาจากรัฐซาราวัคประเทศมาเลเซีย สามารถต้านทานโรครากเน่าได้ดีกว่าพันธุ์จันทบุรี ซึ่งปลูกอยู่แต่เดิม เจริญเติบโตได้เร็วและให้ผลผลิตสูงกว่า ถ้าต้นสมบูรณ์จะให้ผลผลิตน้ำหนักสดเฉลี่ยประมาณ 9 – 12 กิโลกรัมต่อค้างต่อปี หรือไร่ละ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ประมาณ 3,600 – 4,800 กิโลกรัมต่อปี แต่ส่วนใหญ่การเจริญเติบโตในแต่ละพื้นที่แตกต่างกัน ผลผลิตก็แตกต่างกันไป

เม็ด มีลักษณะค่อนข้างกลมขนาดของเม็ดยาวด้านแป้นเฉลี่ย 0.43 เซนติเมตร ด้านกลมเฉลี่ย 0.42 เซนติเมตร น้ำหนักของเม็ดแห้งขาวต่อ 100 เม็ดเฉลี่ย 5.19 กรัม ขนาดของเม็ดแห้งดำสนิทด้านแป้น เฉลี่ย 0.50 เซนติเมตร ด้านกลมเฉลี่ย 0.46 เซนติเมตร น้ำหนักของเม็ดแห้งดำต่อ 100 เม็ด เฉลี่ย 6.46 กรัม

2. พันธุ์ซีลอน เป็นพันธุ์พริกไทยที่นำมาจากประเทศศรีลังกา นิยมปลูกเพื่อขายเป็นพริกไทยสด มากกว่าทำพริกไทยดำหรือขาว ลักษณะของยอดจะออกสีน้ำตาลแดง จึงเรียกกันว่า "ซีลอนยอดแดง"

ผล มีลักษณะเป็นช่อไม่มีก้านผลมีขนาดใกล้เคียงพันธุ์จันทบุรี มีลักษณะค่อนข้างกลม ขนาดของผลด้านแป้นเฉลี่ย 6 มิลลิเมตร ด้านกลมเฉลี่ย 6.24มิลลิเมตร ผลสดสีเขียวเข้ม ผลสุกสีแดงเข้ม ความยาวช่อผลประมาณ 16 - 19 เซนติเมตร และเม็ด มีขนาดใกล้เคียงกับพันธุ์ซาราวัค

3. พันธุ์ซีลอนยอดขาว เป็นพันธุ์พริกไทยที่นำมาจากประเทศศรีลังกา เช่นเดียวกันกับพันธุ์ซีลอนยอดแดง พริกไทยพันธุ์นี้ความจริงเป็นพริกไทยพันธุ์ PANIYUR-1 ซึ่งเป็นพริกไทยพันธุ์ลูกผสมของประเทศอินเดีย ระหว่างพ่อพันธุ์ Uthirankota กับแม่พันธุ์ Cheriyakaniyakadan (John.K.Ghanara tham, 1994) พริกไทยพันธุ์นี้จะมีลักษณะเถาอ่อน สีจะเขียวอ่อนเกือบขาวโดยเฉพาะที่ยอดอ่อน จึงนิยมเรียกว่า "ซีลอนยอดขาว" เนื่องจากมีผู้นำพันธุ์มาจากประเทศศรีลังกา (ซีลอน) ลักษณะต่าง ๆ จะคล้ายกับพันธุ์ศรีลังกาที่แตกต่างกันชัดเจนก็คือส่วนยอด ช่อผลจะยาวกว่าพันธุ์ศรีลังกาเล็กน้อย การเจริญเติบโตเร็วกว่าพันธุ์ซาราวัค ผลสดจะมีลักษณะโตกว่าพันธุ์ซาราวัค นิยมปลูกเพื่อจำหน่ายเป็นพริกไทยสด เพื่อส่งโรงงานทำพริกไทยดอง

นอกจากพริกไทยทั้ง 3 พันธุ์นี้แล้ว ทางภาคใต้ก็ยังมีพริกไทยพื้นเมืองอีก 2 พันธุ์ คือ

4. พันธุ์ปะเหลี่ยน เป็นพันธุ์พื้นเมืองของจังหวัดตรัง มีลักษณะใบเล็กรีค่อนข้างป้อม ขอบใบเรียบ ใบอ่อนจะมีสีเขียวอ่อนกระจายอยู่ทั่วไป ใบแก่มีสีเขียวเข้ม การแตกยอดและกิ่งมาก ช่อดอกสั้น ผลดิ่และเล็ก ทรงพุ่มทึบพอสมควร ต้านทานโรครากเน่าได้ดีพอสมควรและต้านทานการรบกวนของไส้เดือนฝอยได้ดีเป็นพิเศษแต่ผลผลิตต่ำกว่าพันธุ์ที่นำมาจากต่างประเทศมีปลูกเฉพาะทางภาคใต้

5. *พันธุ์พื้นเมืองกระบี่* เป็นพันธุ์ดั้งเดิมของจังหวัดกระบี่ ใบเล็กค่อนข้างกลมป้อม มีลักษณะคล้ายพันธุ์ปะเหลี่ยนแต่แตกยอดน้อยกว่าและทรงพุ่มโปร่งกว่าพันธุ์ปะเหลี่ยน ผลผลิตปานกลาง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นอกจากพริกไทยพันธุ์ดังกล่าวมาแล้วปัจจุบันยังมีการนำพันธุ์พริกไทยมาจากต่างประเทศ โดยนายเสริมศักดิ์ รักธรรม อดีตผู้เชี่ยวชาญด้านพืชเครื่องเทศและสมุนไพรเพื่อทำการศึกษาเปรียบเทียบกับพันธุ์ที่ปลูกอยู่เดิม โดยขณะนี้ยังอยู่ระหว่างดำเนินการศึกษาที่ศูนย์วิจัยพืชสวนที่จันทบุรี โดยมีพริกไทยที่น่าสนใจ 2 พันธุ์ คือ

6. *พันธุ์* Arkalamunda เป็นพันธุ์ที่นำมาจากประเทศบราซิล ใบลักษณะค่อนข้างยาวเรียวคล้ายพันธุ์ซาราวัค แต่ขนาดใหญ่กว่า ใบมีขนาดกว้างเฉลี่ย 7.07 เซนติเมตร ยาวเฉลี่ย 14.82 เซนติเมตร ช่อผลยาวประมาณ 12 – 16 เซนติเมตร ผลมีขนาดใหญ่โตกว่าพันธุ์ซาราวัค การเจริญเติบโตดี

7. *พันธุ์* Emas parax เป็นพริกไทยพันธุ์ลูกผสมที่นำมาจากประเทศมาเลเซีย ลักษณะใบใหญ่กว่าพันธุ์ซาราวัค ใบค่อนข้างใหญ่ป้อม ใบขนาดกว้างเฉลี่ย 2.21 เซนติเมตร ใบสีเขียวเข้ม การเจริญเติบโตดีกว่าพันธุ์ซาราวัค

รูปที่ 2.2 พริกไทยสด ที่ยังไม่สุกเต็มที่

2.1.3 การเก็บเกี่ยว

เจ้าของสวนพริกไทยที่ปลูกใหม่ต้นยังเล็กอยู่ ต้องคอยระวังอย่าให้ต้นพริกไทยออกดอกจนกว่าจะมีอายุ 18 เดือน ถึง 2 ปี นับจากวันปลูก จึงปล่อยให้ออกดอกติดผลได้ และนับจากวันที่พริกไทยออกดอกจนกระทั่งเม็ดแก่กินเวลาประมาณ 6 – 8 เดือนตามปกติพริกไทยที่ปลูกทางจังหวัดจันทบุรีและเริ่มออกดอกเดือน มิถุนายน – กรกฎาคม และจะเริ่มเก็บเกี่ยวได้เดือน มกราคม – กุมภาพันธ์ สำหรับสวนพริกไทยที่สามารถให้น้ำได้ตลอดปีพริกไทยก็จะทยอยออกดอกและเก็บผลได้ตลอดปี ซึ่งส่วนใหญ่จะเก็บเป็นผลอ่อนขายเป็นพริกไทยสด จะเก็บเกี่ยวพริกไทยได้เมื่อใดนั้น สังเกตได้จากสีของผล คือ เมื่อผลเริ่มเป็นสีเหลือง หรือ สีแดง รวงละประมาณ 3 – 4 ผล วิธีการเก็บให้เก็บทั้งรวง แต่พริกไทยจะไม่แก่พร้อมกันหมดทั้งต้น ทำให้การเก็บต้องทยอยเก็บเป็นงวด ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เฉพาะรวงที่แก่ แต่ในฤดูหนึ่ง ๆ ไม่ควรเก็บเกินกว่า 4 ครั้ง เพราะจะทำให้พริกไทยโทรมสำหรับการเก็บเกี่ยว นิยมทยอยเก็บตามระยะการแก่ของพริกไทย เพื่อใช้ทำพริกไทยขาวหรือพริกไทยดำ

2.2 การแปรรูปพริกไทย

ผลิตภัณฑ์พริกไทยในท้องตลาดทั่วไปที่มาจากเกษตรกรผู้ปลูกพริกไทยมีอยู่ 2 ชนิดคือ พริกไทยดำ และพริกไทยขาว (คำนึง คำอุดม, 2534)

2.2.1 การแปรรูปพริกไทยดำ การทำพริกไทยดำต้องเก็บรวงที่แก่จัดแต่ยังมีสีเขียวอยู่ อย่าให้มีผลสุกสีเหลืองหรือสีแดงปะปน ซึ่งจะทำให้ได้พริกไทยดำที่มีสีไม่สม่ำเสมอไม่สวย มีขั้นตอนดังนี้

2.2.1.1 รวงพริกไทยที่เก็บเอามารวมใส่ลงภาชนะ ย่าม ถุง กระบุง หรือตะกร้า ไม่ควรกองไว้กับพื้นดินจะทำให้สกปรก

2.2.1.2 นำเอาไปเทลงบนเสื่อสุมกองขึ้นไว้เป็นกองใหญ่ในโรงเรือน

2.2.1.3 กองสุมเอาไว้อย่างน้อย 24 ชม. เพื่อให้เกิดความร้อนระอุอยู่ภายในทำให้เม็ดพริกไทยหลุดออกจากรวงง่ายขึ้นในขณะที่ทำการนวด

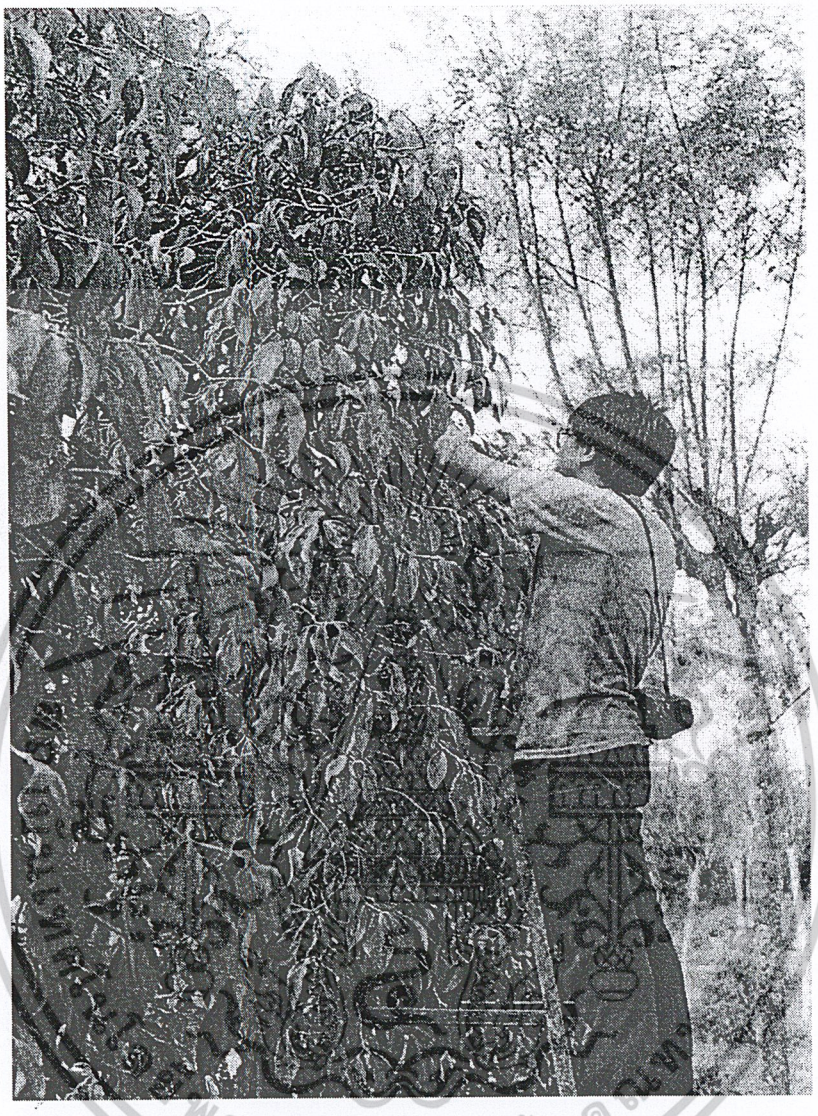
2.2.1.4 วิธีนวดพริกไทยเพื่อให้เม็ดหลุดออกจากรวง เอารวงพริกไทยเข้าเครื่องนวดหรือเอารวงพริกไทยเทใส่ในกระบะไม้เหลี่ยม ก้นกระบะกรุด้วยลวดตาข่ายใหญ่พอที่เม็ดพริกไทยจะหลุดลอดลงไปได้ กระบะนี้มีขาหรือโต๊ะสูงจากพื้นประมาณ 30 เซนติเมตร ใต้กระบะใช้เสื่อปูรองรับเม็ดที่หลุดร่วงออกจากรวงให้คนขึ้นไปย่ำใช้เท้านวดและขยี้ไถ ๆ ออกไป คล้าย ๆ กับวิธีซักผ้าทำจนเม็ดหลุดหมด

2.2.1.5 นำเอาเม็ดพริกไทยไปผึ่งแดดในลานตากพริกไทยหรือบนเสื่อเกลี่ยเม็ดพริกไทยให้กระจายออกเพื่อให้ถูกแสงแดดสม่ำเสมอและต้องหมั่นเกลี่ยให้เม็ดพริกไทยถูกแสงแดดทั่วกัน ในแดดจัดราว 4-5 แดด จนแห้งสนิท

2.2.1.6 ก่อนที่จะบรรจุลงในกระสอบเพื่อนำออกขาย ต้องทำการฝัดเอาเม็ดลีบเศษผง หรือฝุ่นละอองออกทิ้ง จะทำให้เม็ดพริกไทยดำสวยและสะอาดมากขึ้น

ถ้าต้องการให้สีของผิวพริกไทยสวยและเป็นมัน ก็ใช้น้ำร้อนจัดแช่ผลพริกไทยสดประมาณ 4 นาที ก่อนนำไปตากแดด

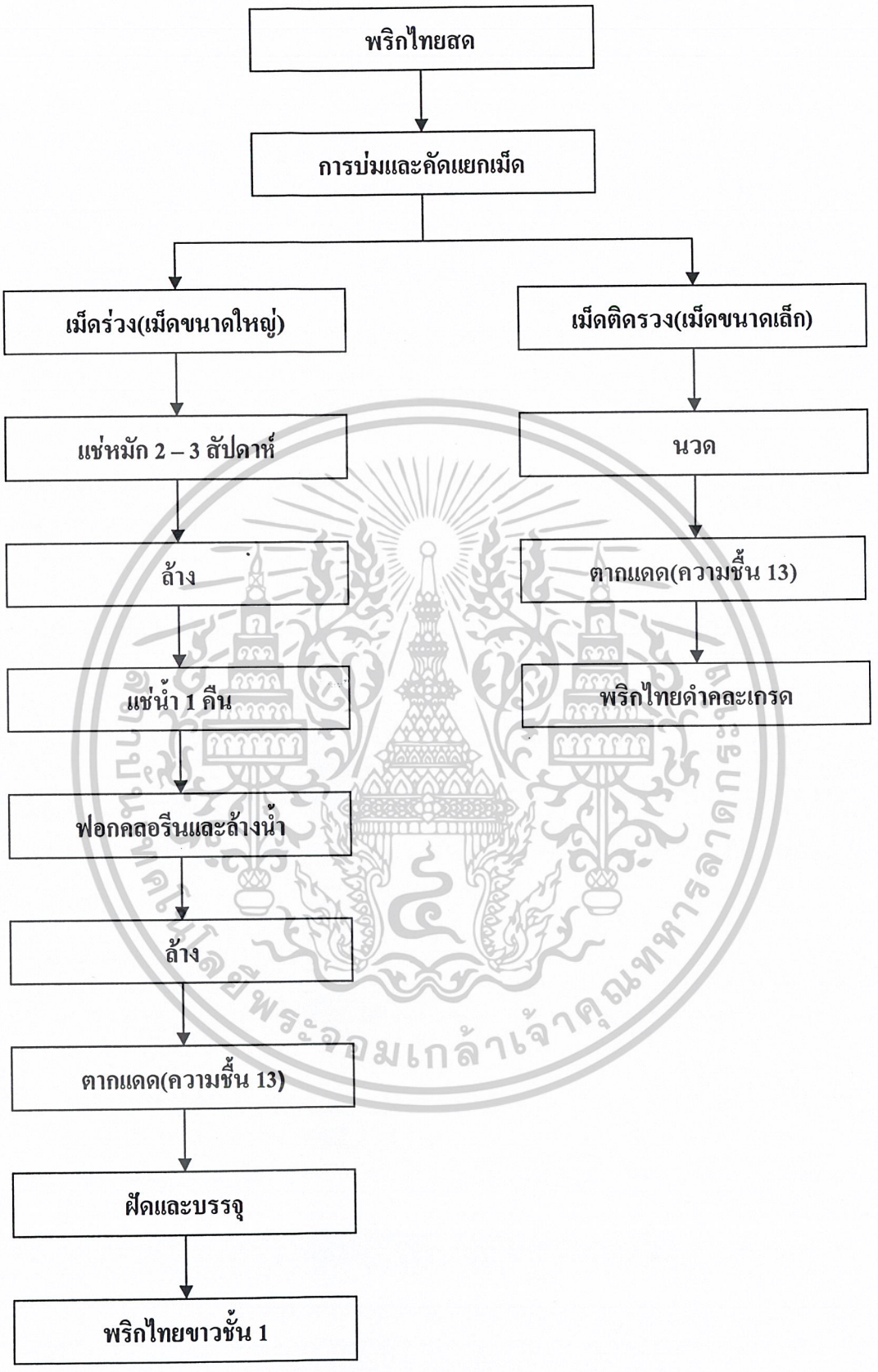
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.3 ภาพการเก็บเกี่ยวพริกไทย (คำนึง คำอุดม, 2534)

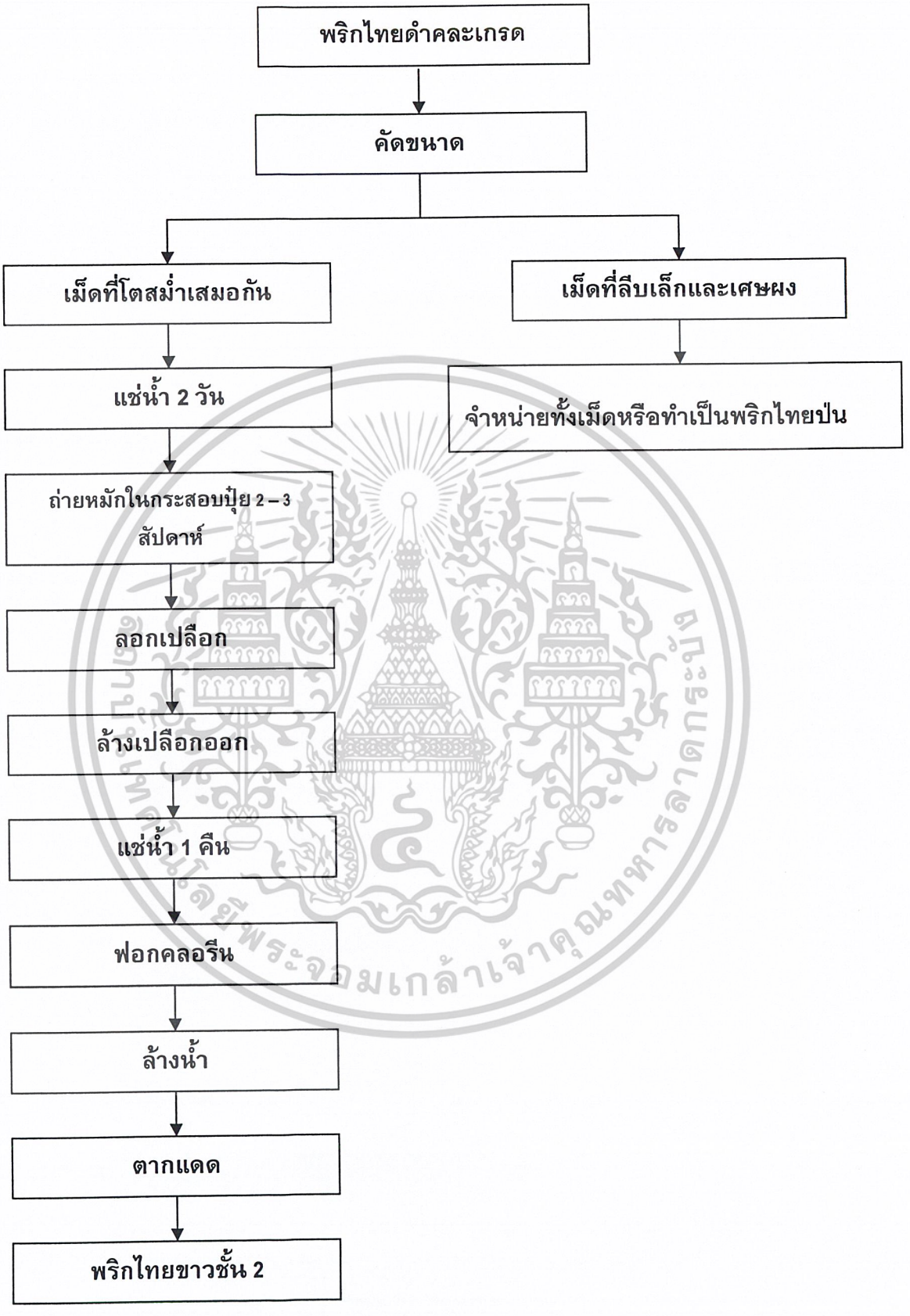
2.2.2 การแปรรูปพริกไทยขาว เม็ดพริกไทยขาวทั่ว ๆ ไปทำมาจากผลพริกไทยสดที่แก่และสุกแล้ว และพริกไทยขาวที่ทำมาจากพริกไทยดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.4 ภาพขั้นตอนการแปรรูปพริกไทยขาว และพริกไทยดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.5 ภาพขั้นตอนการแปรรูปพริกไทยขาวจากพริกไทยดำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

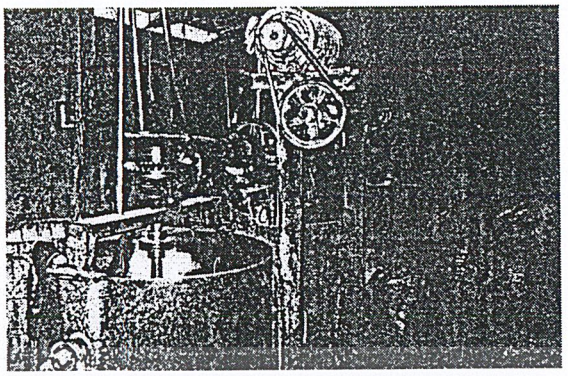
การทดสอบว่าเม็ดพริกไทยแห้งดีหรือไม่นั้น

- ใช้มือกำเม็ดพริกไทยขึ้นมาโดนหงายอุ้งมือขึ้น จากนั้นค่อยกางนิ้วมือออกจากกัน ถ้าเม็ดพริกไทยที่แห้งสนิทดีจะหลุดลอดออกตามง่ามนิ้วมือได้สะดวก เม็ดพริกไทยจะไม่เกาะติดกัน
- ทดสอบโดยใช้ฟันขบเม็ดพริกไทยดู ถ้าหากว่าเม็ดแห้งดีจะกรอบขบแตกออกจากกันได้ง่าย จะไม่เหนียวหนืด

2.3 การแปรรูประดับอุตสาหกรรม

การแปรรูปพริกไทยขาวจากพริกไทยดำของพ่อค้าในท้องถิ่นได้พัฒนาและปรับปรุงกระบวนการสืบต่อกันมา โดยได้ใช้เครื่องจักรในการแปรรูปมาใช้เครื่องทุ่นแรงมากขึ้น โดยเริ่มจากนำพริกไทยดำมาคัดแยกขนาดด้วยเครื่องฝัด ซึ่งสามารถปรับความเร็วลมและอัตราการป้อนเพื่อกำหนดขนาดของเม็ดที่แยกได้ตามต้องการ พ่อค้าจะนำเฉพาะหัวพริกและพริกคอหนึ่งมาแปรรูปต่อ โดยแช่หมักในบ่อซีเมนต์ขนาดใหญ่ ใส่น้ำจนท่วมแช่ทิ้งไว้ 2 วัน จึงถ่ายน้ำออก ตักใส่ถุงปุ๋ย มัดปาก แล้ววางกองซ้อนกันเพื่อให้เกิดความร้อนเร่งให้เปื่อยเร็วขึ้น รดน้ำให้ชุ่มทุก 2 วัน จนประมาณ 2-3 สัปดาห์พริกไทยจะเปื่อยเร็วขึ้นและได้ที่ โดยมีคนงานใช้ความชำนาญตัดสินนำไปแยกเปลือกออก สมัยก่อนใช้เท้าย่ำ แต่ปัจจุบันใช้เครื่องลอกเปลือก ซึ่งเป็นถังทรงกระบอกขนาดใหญ่ จุได้ครั้งละ 100 กิโลกรัม ภายในมีใบกวนเพื่อกวนให้พริกไทยขัดสีกับตัวถังใช้เวลาประมาณ 10-20 นาที จนเปลือกหลุดออกหมด ในการล้างพริกไทย 100 กิโลกรัม จะใช้น้ำประมาณ 500 ลิตร จากนั้นถ่ายน้ำออก บางครั้งหลังการล้างอาจจะแช่น้ำทิ้งไว้อีก 1 คืน เพื่อให้พริกไทยสะอาดขึ้นแล้วจึงฟอกขาว โดยใช้คลอรีนผงต่อพริกไทย ในอัตราส่วน 1:100 ผสมน้ำจนท่วมและกวนให้ทั่ว แช่ทิ้งไว้ให้คลอรีน โดยเวลาที่ใช้ไม่แน่นอนขึ้นกับคุณภาพพริกไทย แล้วจึงล้างน้ำคลอรีนออก ตากแดดบนลานซีเมนต์ประมาณ 2 วัน จึงบรรจุลงกระสอบป่านรอการจำหน่าย ในกรณีที่นำพริกไทยดำมาทำเป็นพริกไทยขาว 100 กิโลกรัม จะได้ประมาณ 60 กิโลกรัม (สาทิป รัตนภาสกร และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงษ์ , 2538)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.6 เครื่องลอกเปลือกพริกไทยในระดับอุตสาหกรรม

2.4 การแปรรูปโดยเกษตรกร

การแปรรูปพริกไทยขาวจากพริกไทยสดมีข้อได้เปรียบในแง่ของคุณภาพและราคา แต่เหตุผลที่เกษตรกรไม่นิยมแปรรูปพริกไทยขาวเนื่องจาก

1. การแปรรูปพริกไทยสดเป็นพริกไทยขาวมีหลายขั้นตอน ตั้งแต่การคัดเลือก การคัดขนาด การแช่หมัก การลอกเปลือก การตากแห้ง ซึ่งอาศัยความชำนาญและประสบการณ์เป็นเหตุให้เกษตรกรรุ่นใหม่ที่ขาดประสบการณ์สนใจทำเฉพาะพริกไทยดำ
2. ปัญหาการขาดแคลนแรงงานและเครื่องจักรทุ่นแรงในการแปรรูป

2.5 เครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูป

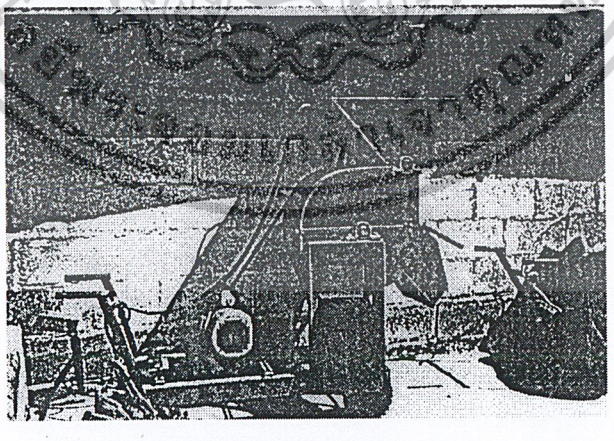
จากการสำรวจเครื่องจักรอุปกรณ์ที่ใช้ในการแปรรูปพริกไทยของเกษตรกรใน อ.ท่าใหม่ จ.จันทบุรี ซึ่งได้ออกแบบและพัฒนาโดยเกษตรกรร่วมกันกับโรงกลึงในท้องถิ่น(สาทิป รัตนภาสกร และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์ ,2538) มีดังต่อไปนี้

1. เครื่องนวดพริกไทย เครื่องนวดที่เกษตรกรใช้มีส่วนประกอบที่สำคัญ คือ 1) ถังป้อน 2) ลูกนวด 3) ตะแกรงนวด 4) ช่องปล่อยก้าน 5) ทางออกของเม็ดที่หลุดจากรวงลักษณะของลูกนวดทำจากเหล็กเส้นกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 35 มิลลิเมตรทั้งสองข้าง ความเร็วของลูกนวดขณะทำงาน 180 รอบต่อนาที ตะแกรงนวดเป็นตะแกรงรูกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 12 มิลลิเมตร ที่ตะแกรงส่วนล่างได้เชื่อมเหล็กกลมขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 10 มิลลิเมตร ยาว 20 มิลลิเมตร เพื่อช่วยในการนวดในการทำงานของเครื่องนวดเกษตรกรใช้กระบุงโกยพริกไทยสดครั้งละประมาณ 10 กิโลกรัมใส่ถังป้อน ลูกนวดที่เป็นซีกเหล็กกลมจะตีเม็ดพริกไทยให้หลุดจากรวงพริกไทยที่ได้จะลอดผ่านตะแกรงและไหลออกตรงทางออก ส่วนก้านจะค้างอยู่ในเครื่องนวดจนกระทั่งการนวดสิ้นสุดจึงเปิดฝาเพื่อให้ลูกนวดตีก้านออกจากเครื่อง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

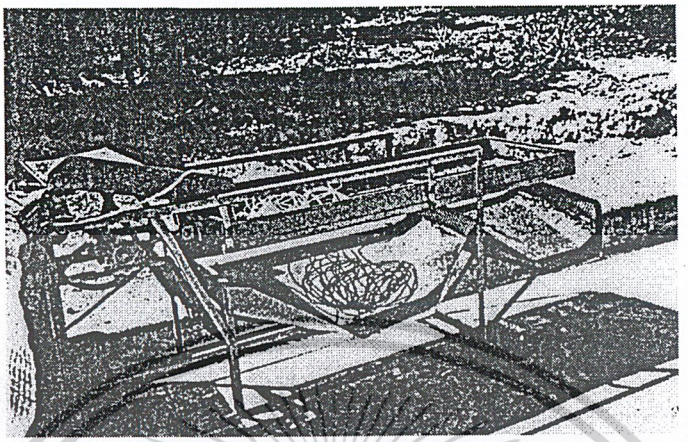
2. **เครื่องคัดขนาดพริกไทย** ใช้แยกขนาดเม็ดพริกไทยที่มีขนาดใหญ่เพื่อนำไปทำพริกไทยขาว ส่วนเม็ดเล็กนำไปตากแดดเพื่อทำพริกไทยดำ ส่วนประกอบมีดังนี้ 1) รางป้อน 2) ตะแกรงคัดขนาด กว้าง 50 มิลลิเมตร ยาว 160 มิลลิเมตร 3) ชุดลูกเบี้ยวสำหรับทำให้ตะแกรงคัดขนาดสั่น 4) มอเตอร์ขนาด 0.5 แรงม้า ชุดตะแกรงคัดขนาดแบ่งเป็น 2 ตอน ตอนแรกยาว 105 เซนติเมตร ใช้ตะแกรงรูเล็กเส้นผ่านศูนย์กลางขนาด 4 มิลลิเมตรเพื่อให้เม็ดพริกไทยเม็ดเล็กลอดผ่าน ส่วนเม็ดพริกไทยขนาดใหญ่จะไหลผ่านไปยังส่วนของตะแกรงตอนหลังซึ่งรูตะแกรงมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 7 มิลลิเมตร ชุดตะแกรงเหล่านี้จะอยู่ชั้นบน ส่วนด้านล่างจะมีตะแกรงทำเป็นรางรองรับเม็ดที่ลอดผ่านลงไป

3. **เครื่องตีหรือเครื่องลอกเปลือก** หลังจากหมักพริกไทยสด 1-2 วัน นำพริกขึ้นมาตี จากนั้นนำไปล้างและหมักอีกประมาณ 7-8 วัน ถ้าไม่มีการตีจะหมัก 15 วัน เครื่องลอกเปลือกพริกไทยจะทำงานเป็นแบบกะ เมื่อป้อนเม็ดพริกไทยเข้าไปในเครื่อง เม็ดจะถูกสายพานตีจนเปลือกหลุดร่อน จากนั้นจึงปลดที่ล็อคตะแคงถังเทเม็ดใส่ตะแกรงเพื่อนำไปล้าง ส่วนประกอบมีดังนี้ 1) ถังลอกเปลือก 2) ใบกวน 3) ชุดเฟืองโซ่ทดรอบ 4) มอเตอร์ขนาด 2 แรงม้า ลักษณะถังลอกเปลือกทำเป็นทรงกระบอกกลวงตามแนวยาว ขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 40 เซนติเมตร ยาว 50 เซนติเมตร ใบกวนมีหน้าที่พาเม็ดพริกไทยไปเสียดสีกับผนังเหล็ก ที่ผนังติดลวดเหล็กขนาด 2 มิลลิเมตรเป็นแนวยาวตามถัง เพื่อให้การขัดผิวของพริกไทยกับผนังดีขึ้น ทำให้เปลือกหลุดได้ง่าย เม็ดพริกไทยที่แช่น้ำจะถูกนำมาใส่ในถังประมาณครั้งละ 15-20 ขัน เวลาที่ใช้ในการลอกเปลือก 10-15 นาที ความเร็วรอบในการหมุนใบกวนประมาณ 40 รอบต่อนาที

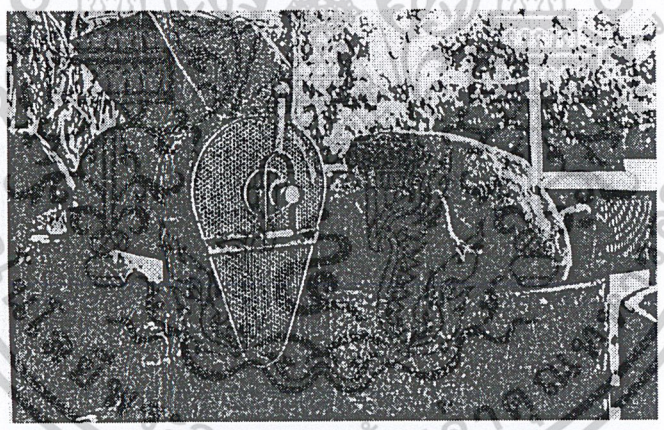


รูปที่ 2.7 เครื่องนวดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



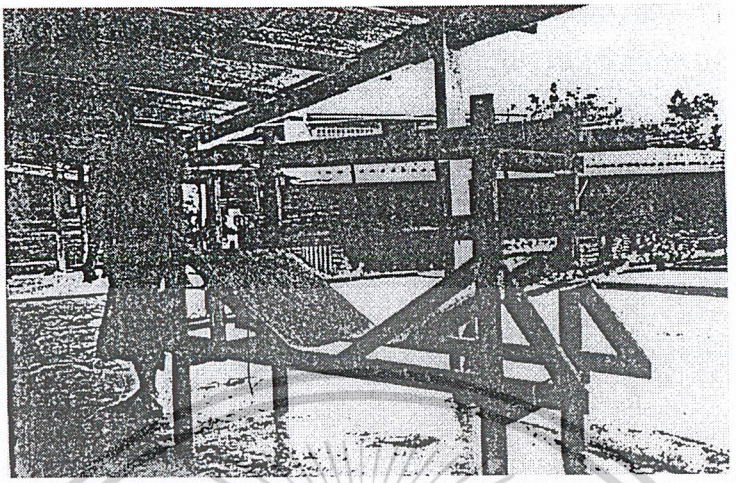
รูปที่ 2.8 เครื่องคัดขนาดเม็ดพริกไทย



รูปที่ 2.9 เครื่องลอกเปลือกเม็ดพริกไทย

4. **เครื่องร่อนพริกไทยดำ** มีวัตถุประสงค์เพื่อแยกกากและสิ่งเจือปนที่ปนมากับพริกไทยดำออก โดยนำพริกไทยดำมาผ่านการร่อนบนตะแกรง ซึ่งเครื่องนี้มีรูตะแกรงขนาด 0.4 เซนติเมตร กว้าง 50 และยาว 145 เซนติเมตร พู่เล่ย์ขนาด 21/2 และขนาด 16 มอเตอร์ขนาด 1/4 ตะแกรงนี้จะวางอยู่ส่วนบน ด้านล่างจะมีรางรอรับเม็ดที่เอียงเข้าหากัน โดยเหลือช่องอยู่ตรงกลางไว้เป็นที่วางกระสอบเพื่อบรรจุเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

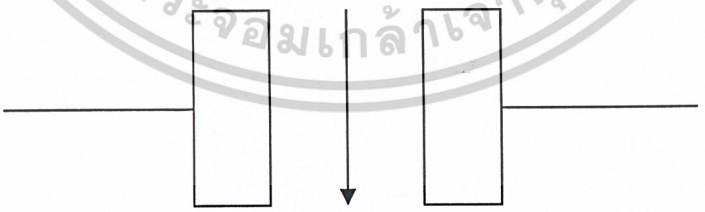


รูปที่ 2.10 เครื่องร่อนพริกไทยดำ

2.6 กรรมวิธีกะเทาะเปลือกพริกไทย

เนื่องจากเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยยังไม่ได้มีการนำมาใช้อย่างแพร่หลาย ผู้วิจัยจึงขอเสนอแนวทางกะเทาะเปลือกของข้าว เพื่อเป็นแนวทางในการนำมาประยุกต์ใช้จากการศึกษาวิธีการกะเทาะเปลือกและวิธีการขัดขาวของเครื่องสีข้าวแบบต่าง ๆ กันและเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดข้าวฟ่าง ดังนี้

1. เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวนอน



รูปที่ 2.11 เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวนอน

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยจานกะเทาะแบบโม่สองลูก วางตัวในแนวดิ่งบนเพลาที่หมุนในแนวนอน จานกะเทาะอันแรกด้านในจะพอกด้วนหินกากเพชร ส่วนจานที่สองจะหุ้มผิวด้านในด้วยยาง ข้าวเปลือกจะไหลผ่านช่องว่างของจานกะเทาะทั้งสอง เมื่อข้าวผ่านครั้งแรกเครื่องจะทำ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

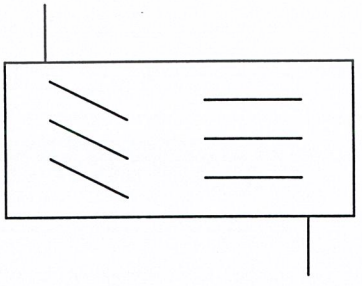
หน้าที่ในการกะเทาะเปลือกโดยมีพัดลมดูดทำหน้าที่แยกแกลบออกไป สำหรับการขัดขาวข้าวกล้องจะถูกนำมาผ่านเครื่องนี้อีกครั้งเป็นครั้งที่สอง จากนั้นข้าวขาวจะตกลงบนตะแกรงร่อนสองชั้นเพื่อแยกลำและปลายข้าวออกจากข้าวสาร

2. เครื่องสีข้าวแบบลูกยางกะเทาะเปลือก

รูปที่ 2.12 เครื่องสีข้าวแบบลูกยางกะเทาะเปลือก

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยลูกยางกลมสองลูก ที่หมุนในทิศทางตรงกันข้ามด้วยความเร็วที่แตกต่างกันเพื่อใช้ในกะเทาะและลูกหินแนวนอนเพื่อใช้ในการขัดขาว ประกอบอยู่ในเครื่องเดียวกัน โดยลูกยางติดอยู่ส่วนบนของเครื่อง เมื่อข้าวเปลือกถูกกะเทาะโดยลูกยางแล้วจะถูกแยกแกลบออกโดยพัดลมดูด ก่อนที่จะถูกขัดขาวโดยลูกหินขัดขาวแนวนอน

3. เครื่องสีข้าวแบบลูกเหล็กแนวนอน



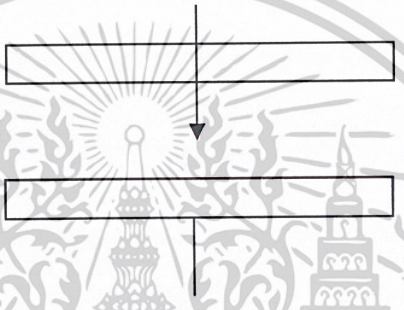
รูปที่ 2.13 เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำนักหอสมุดกลาง พระจอมเกล้าลาดกระบัง

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยลูกเหล็กทรงกระบอกติดตั้งบนเพลาที่หมุน ในแนวนอน ภายในทรงกระบอกเหล็กที่ด้านล่างเป็นตะแกรงเพื่อใช้แยกรำ กะเทาะเปลือกใช้วิธีการปรับแผ่นเหล็กที่วางอยู่ด้านข้างตลอดความยาว เพื่อทำให้เกิดแรงเสียดทานกันเองตามความต้องการในการทำงานข้าวเปลือกจะผ่านเครื่องเพียงครั้งเดียวโดยทำการกะเทาะและขัดขาว ในเวลาเดียวกันแกลบจะถูกแยกออกจากข้าวพร้อมกับรำและปลายหยิมข้าวสารที่ได้จะเป็นข้าวรวมโดยไม่มีการแยกข้าวหัก

4. เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง



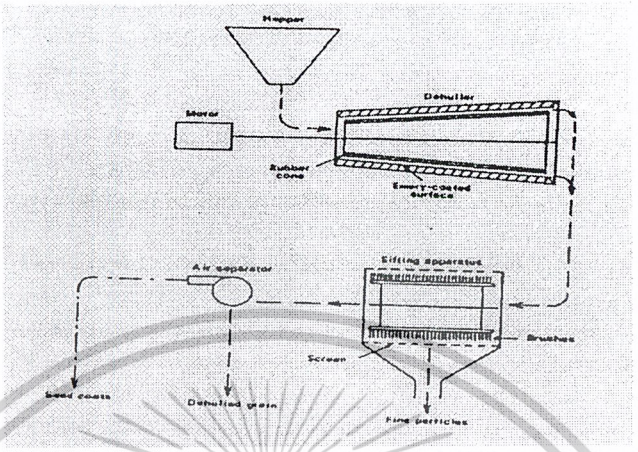
รูปที่ 2.14 เครื่องสีข้าวแบบโม่หินแนวตั้ง

เครื่องสีข้าวแบบนี้ประกอบด้วยจานกะเทาะเป็นโม่หินสองอันวางตัวในแนวระดับบนเพลาที่หมุนในแนวดิ่งหน้าจานด้านในจะพอกหินกากเพชรไว้ โดยจานกะเทาะตัวบนจะติดอยู่กับที่ ส่วนจานด้านล่างจะหมุนเพื่อทำให้เกิดการกะเทาะเปลือก และลูกหินขัดขาวแนวนอนทำหน้าที่ในการขัดขาวข้าว ก่อนทำการกะเทาะเปลือกจะถูกทำความสะอาดโดยตะแกรงทำความสะอาดและเมื่อกะเทาะแล้ว จะแยกปลายหยิมและรำออกโดยตะแกรงและแยกแกลบออกโดยพัดลมดูดก่อนที่จะผ่านลูกหินขัดขาวแนวนอนเพื่อทำการขัดขาวเพียงครั้งเดียวจากนั้นก็จะแยกข้าวหักออกโดยตะแกรงแยกเช่นกัน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหา และต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

58557

5. เครื่องขัดเม็ดข้าวฟ่างแบบ FAO Eurafric Dehuller



รูปที่ 2.15 เครื่องขัดเม็ดข้าวฟ่างแบบ FAO Eurafric Dehuller

เครื่องขัดเม็ดข้าวฟ่างแบบนี้จะประกอบด้วยแท่งยางทรงกรวยตัดซึ่งอยู่ภายในและโม่หินทรงกรวยตัดยอดอยู่ภายนอกซึ่งผิวหน้าจะพอกหินกากเพชรไว้ โดยให้โม่หินทรงกรวยตัดยอดยึดติดอยู่กับที่ และแท่งยางหมุนอยู่ภายในทำให้เกิดแรงเฉือนที่เปลือกเม็ดข้าวฟ่างเนื่องจากแท่งยางและ โม่หินทรงกรวยตัดยอดมีลักษณะเดียวกันจึงทำให้เม็ดข้าวฟ่างไหลออกมาตามแรงโน้มถ่วงของโลก จากนั้นจะผ่านสู่ส่วนคัดแยกเอาเม็ดข้าวที่ถูกบดจนป่นละเอียดออกไป แล้วจึงนำไปแยกเม็ดข้าวฟ่างที่ขัดสมบูรณ์ออกจากเปลือกเม็ดข้าวฟ่างเม็ดที่ขัดไม่สมบูรณ์และเม็ดที่แตกโดยวิธีแยกโดยกระแสลม ซึ่งมีหลักการคือ วัสดุที่ความหนาแน่นต่ำลอยอยู่ด้านบนและวัสดุที่ความหนาแน่นสูงจะตกลงด้านล่างออกไป

2.7 การขัดขาว (กรมวิชาการเกษตร กระทรวงเกษตรและสหกรณ์)

การขัดขาวเป็นการนำเอาข้าวกล้องมาผ่านเครื่องขัดขาวเพื่อเอาเปลือกชั้นในที่เป็นสีน้ำตาลอ่อน ๆหรือสีออกนวล เปลือกชั้นนี้เป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ติดกับเม็ดข้าว เนื้อเยื่อที่ถูกขัดออกนี้เรียกว่า รำ โดยข้าวที่ถูกขัดขาวแล้วเรียกว่าข้าวสาร วิธีขัดขาวมีหลายวิธีด้วยกัน เช่น ผ่านเครื่องขัดที่ทำด้วยหินและแท่งยาง ซึ่งมีทั้งแบบแนวนอนและแบบตั้งทรงกรวย วิธีขัดแบบเม็ดเสียดสีกันด้วยแรงต้านทาน (Friction Type) เป็นต้น

หลักการทำงานของเครื่องขัดขาวชนิดต่าง ๆ

1. เครื่องขัดขาวแบบลูกหินกรวยแกนตั้ง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ข้าวจะถูกป้อนเข้าทางถังพักด้านบนแล้วถูกเหวี่ยงลงระหว่างตะแกรงกับลูกหินขัดขาว ขณะที่กรวยขัดขาวหมุนจะทำให้ข้าวถูกกระจายอย่างสม่ำเสมอภายในช่องว่างระหว่างผิวขัดขาวกับตะแกรง ขณะที่เคลื่อนที่ผ่านช่องว่างเม็ดข้าวจะถูกดึงโดยผิวขรุขระให้เกิดการหมุนพลิกตัวขัดสีภายใต้แรงดัน ซึ่งกำหนดโดยลูกยางเบรกที่ปรับยื่นเข้าไปในช่องว่างระหว่างผิวขัดขาวกับตะแกรง โดยกั้นไม่ให้ข้าวไหลลงไปอย่างรวดเร็วทำให้ข้าวไม่ถูกขัด แรงต้านที่เกิดขึ้นจะทำให้เม็ดข้าวเกิดแรงดันกับลูกหินขัดขาวและตะแกรง ซึ่งแรงเสียดสีนี้เป็นตัวที่ดึงเอาเนื้อเยื่อส่วนที่เป็นรำออกมา โดยรำจะรอดผ่านรูตะแกรงและตกลงด้านล่างของห้องขัดขาว ส่วนข้าวขาวที่ขัดแล้วจะไหลลงด้านล่างออกทางช่องปล่อยข้าว

จากผลของการพลิกตัวและการบีบตัวทำให้เม็ดเกิดความร้อนและเกิดการสูญเสียความชื้น อุณหภูมิที่สูงขึ้นทำให้เพิ่มการแตกหัก ความร้อนความชื้นที่ละลายออกมาทำให้รำจับกันเป็นก้อนอุดตันในท่อส่งและตะแกรงขัดขาว ซึ่งเป็นการลดสมรรถนะการทำงานของเครื่องให้น้อยลง เพื่อป้องกันไม่ให้เกิดสิ่งนี้เกิดขึ้น ขณะเดียวกันเพื่อให้ห้องขัดปราศจากฝุ่น จึงจำเป็นต้องมีลมดูดภายในเครื่องด้วย

2. เครื่องขัดขาวแบบลูกหินตามแนวนอน

ลูกหินขัดขาวรูปทรงกระบอกหมุนอยู่ภายในตะแกรงทรงกระบอกที่มีรูด้านหัวของลูกหินขัดขาวจะเป็นเกลียวป้อนเหล็กหล่อ ทำหน้าที่ป้อนข้าวเข้าไปในห้องขัดขาวระหว่างลูกหินขัดขาวกับตะแกรง แรงดันในการขัดข้าวจะเกิดขึ้นจากลิ้นควบคุมตรงบริเวณทางออกของข้าวขาวซึ่งมีตุ้มน้ำหนักติดอยู่ โดยสามารถเพิ่มหรือลดแรงของลิ้นควบคุมให้อัดข้าวจนเกิดแรงดันขึ้นภายในห้องขัด ถ้าต้องการให้ข้าวขัดมากขึ้นก็เพิ่มน้ำหนักให้กับลิ้นควบคุม ในทางตรงกันข้ามถ้าต้องการให้ข้าวขัดน้อยทำได้โดยการลดน้ำหนักที่ลิ้นควบคุมให้น้อยลง แต่ถ้ายิ่งขัดนานอาจเกิดการแตกหักได้มาก เพราะในขณะขัดข้าวอุณหภูมิจะสูง ถ้าสูงเกินไปจะทำให้ข้าวแตกหักได้ง่าย

2.8 ปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยจะให้ผลอย่างไรนั้น ขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ที่เป็นตัวกำหนดและมีความสำคัญต่อการกะเทาะเปลือกเป็นอย่างมาก จึงควรทำการศึกษาถึงปัจจัยที่มีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย (นิรนาม) ดังนี้

1. ความอ่อนแก่ของเม็ดพริกไทย เนื่องจากเม็ดพริกไทยอ่อนมีน้ำสะสมอยู่ภายในเม็ดมากกว่าเม็ดพริกไทยแก่ เปลือกของเม็ดพริกไทยอ่อนจะติดกับส่วนของเนื้อมากจนเกือบจะเป็นเนื้อเดียวกัน จึงอาจทำให้เกิดความแตกต่างในการกะเทาะเปลือกได้

2. ความชื้นของเม็ดพริกไทย อธิบายได้ในลักษณะเดียวกับความอ่อนแก่ของเม็ด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

พริกไทย คือ เม็ดพริกไทยที่มีความชื้นมากเปลือกของเม็ดพริกไทยจะติดกับส่วนของเนื้อมากกว่าเม็ดพริกไทยที่มีความชื้นต่ำ จึงอาจทำให้เกิดความแตกต่างในการกะเทาะเปลือกได้

3. ขนาดรูตะแกรง ขนาดของรูตะแกรงมีผลต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย โดยถ้ารูตะแกรงมีขนาดใหญ่เกินไปเม็ดพริกไทยจะถูกตะแกรงเฉือนขาดระหว่างกะเทาะเปลือก แต่ถ้ารูตะแกรงมีขนาดเล็กเกินไป การกะเทาะเปลือกจะได้ผลไม่ดีเท่าที่ควร ดังนั้นจึงควรเลือกขนาดรูตะแกรงและขนาดเม็ดพริกไทยให้เหมาะสมกัน

4. อัตราความเร็วรอบ อัตราความเร็วรอบจะเป็นตัวกำหนดความเร็วในการหมุนของเม็ดพริกไทย เพื่อให้เม็ดพริกไทยขัดกับตะแกรงด้วยความเร็วที่ต่างกัน ซึ่งแต่ละความเร็วจะให้ผลจากการกะเทาะเปลือกที่แตกต่างกัน

5. ระยะเวลาของการกะเทาะ เม็ดพริกไทยที่อยู่ในเครื่องกะเทาะเม็ดด้วยระยะเวลาที่แตกต่างกัน โอกาสที่เม็ดพริกไทยจะขัดสีกับตะแกรงก็จะแตกต่างกันไปขึ้นอยู่กับระยะเวลา ซึ่งแต่ละเวลาจะให้ผลได้จากการกะเทาะต่างกัน

6. ระยะห่างระหว่างตะแกรงกับตะแกรง ถ้าระยะห่างระหว่างตะแกรงอยู่ใกล้กันมาก ตะแกรงจะไปกดทับเม็ดพริกไทยจนอาจทำให้เม็ดพริกไทยแตกได้ แต่ถ้าระยะห่างระหว่างตะแกรงน้อยเกินไป โอกาสที่เม็ดพริกไทยจะถูกตะแกรงขัดจะมีน้อยลง ดังนั้นควรปรับระยะห่างของตะแกรงให้มีระยะห่างที่เหมาะสม

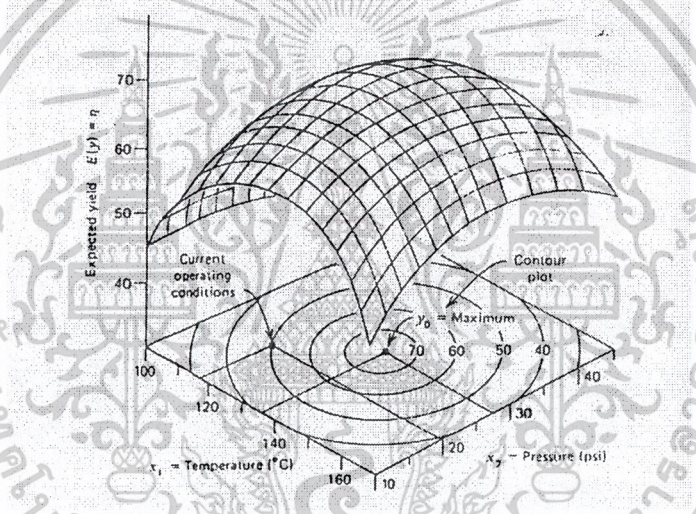
2.9 การคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสม(Optimum Condition) ด้วยวิธี Response Surface

จากการศึกษาพบว่าใน กระบวนการแปรรูปผลิตภัณฑ์หลายประการมีตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่อผลผลิตหลายตัวแปร ในการพัฒนากระบวนการผลิตและออกแบบเครื่องจักรจึงได้นำวิธี Response Surface (RSM) มาใช้ในกระบวนการออกแบบการทดลอง ทำให้สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมที่สุดของตัวแปรในการผลิตผลิตภัณฑ์ให้ได้ค่าที่จะทำให้ผลผลิตของผลิตภัณฑ์มีค่าดีที่สุด ภายในระยะเวลาอันสั้น ซึ่งวิธีการพื้นผิวผลตอบ(Response Surface Methodology) เป็นการรวบรวมเอาเทคนิคทั้งทางคณิตศาสตร์และทางสถิติที่มีประโยชน์ต่อการสร้างแบบจำลอง และการวิเคราะห์ปัญหาโดยที่ผลตอบที่เราสนใจขึ้นอยู่กับหลายตัวแปร และเรามีวัตถุประสงค์ที่จะหาค่าที่ดีที่สุดของผลตอบนี้ เนื่องด้วยวิธีนี้ผู้ทำการวิจัยสามารถศึกษาผลของตัวแปรหลายตัวที่ระดับต่าง ๆ ได้ในเวลาเดียวกัน ด้วยจำนวนการทดลองที่ลดลงเมื่อเปรียบเทียบกับการใช้แบบแผนการทดลองแบบดั้งเดิมซึ่งศึกษาได้เพียงทีละตัวแปร ขณะที่ตัวแปรอื่น ๆ มีค่าคงที่ จึงต้องทำการทดลองเป็นจำนวนมากและใช้เวลานานทำให้สิ้นเปลือง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.1. วิธี RSM มีหลักการ และขั้นตอนโดยย่อดังนี้

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



รูปที่ 2.16 กราฟโครงร่างของพื้นผิวผลตอบ

ซึ่งกราฟนี้มีประโยชน์ในการอธิบาย

1. ผลของตัวแปรที่ศึกษาต่อค่าตอบสนอง
2. ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษา
3. ผลร่วมของตัวแปรที่ศึกษาต่อค่าตอบสนอง

จาก response surface plot หรือ Contour plot นี้เอง ทำให้สามารถหาสภาวะที่เหมาะสมของตัวแปรในกระบวนการผลิตได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.9.2 ขั้นตอนของวิธี RSM

2.9.2.1. กำหนดตัวแปร(independent variable) ช่วงของตัวแปร และผลตอบสนอง(response)

ตัวแปรที่ถูกกำหนดขึ้น จะต้องมีความสำคัญต่อคุณภาพของผลิตภัณฑ์ เช่น ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก ความเร็วรอบ อัตราการป้อน เป็นต้น โดยต้องกำหนดช่วงของตัวแปรที่เหมาะสม หากช่วงของตัวแปรกว้างเกินไป บางครั้งไม่สามารถระบุสภาวะของตัวแปรที่ให้ optimum condition ได้อย่างชัดเจน จะต้องวางแผนการทดลองใหม่โดยกำหนดช่วงของตัวแปรให้แคบลง นอกจากนี้จะต้องกำหนด response ที่ต้องการวัดซึ่งมีความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษา

2.9.2.2. กำหนดแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม(appropriate experimental design)

แบบแผนการทดลองทดลองสำหรับวิธี RSM มีหลายแบบแผนด้วยกัน ซึ่งมีทั้ง Complete และ fractional factorial design การเลือกใช้แบบแผนใดนั้นขึ้นอยู่กับจำนวนตัวแปรที่ศึกษาด้วย มีแบบแผนการทดลอง 2 แบบที่สามารถใช้ทำนายผลการทดลองได้อย่างมีประสิทธิภาพด้วยการทดลองจำนวนไม่มาก ได้แก่ Central Composite design และ Box-Behnken design เช่น การศึกษาตัวแปร 3 ตัวแปร โดยแบ่งตัวแปรออกเป็น 3 ระดับ จะประกอบไปด้วยการทดลองจำนวน 15 การทดลอง สำหรับ Box-Behnken ดังนั้นถ้าเลือกมาใช้ในการทดลองจะช่วยลดเวลา และค่าใช้จ่ายได้เป็นอย่างดี

2.9.2.3 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ด้วยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลองด้วยแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษาโดยวิธี multiple regression ในรูปสมการกำลังสอง รูปแบบของสมการที่นิยมใช้ส่วนใหญ่คือ สมการโพลีโนเมียลกำลังสอง ซึ่งมีรูปแบบทั่วไปดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{23} X_2 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

เนื่องจากสามารถอธิบายผลของตัวแปรต่อค่าตอบสนอง (linear effect) ความสัมพันธ์ระหว่างตัว

แปร(interaction) และผลร่วมของตัวแปรต่อค่าตอบสนองได้ จากสมการดังกล่าว เมื่อได้ตัวแปรที่มีผลต่อ response อย่างมีนัยสำคัญแล้ว จะสามารถสร้างกราฟ Contour plot โดยอาศัยโปรแกรมคอมพิวเตอร์สำเร็จรูปได้ Contour plot เป็นอนุกรมของเส้นตรง หรือเส้นโค้ง ซึ่งแสดงสภาวะตัวแปรซึ่งได้หาค่า response คงที่ มีหลายรูปแบบขึ้นกับความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรกับค่า response

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น จาก Contour plot ที่ได้ ทำให้สามารถเลือกสภาวะของตัวแปรที่ให้ค่า response ตามต้องการได้

ดังนั้นในงานวิจัยนี้จึงได้นำเอาวิธี RSM มาใช้ในการคัดเลือกสภาวะของตัวแปรที่เหมาะสม ด้วยการนำแผนการทดลองแบบ Box-Behnken ซึ่งประกอบด้วยการทดลอง 15 การทดลอง สำหรับการศึกษาตัวแปร 3 ตัวแปร ได้แก่ ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก ความเร็วรอบ และอัตราการป้อน มาใช้ในงานวิจัยเพื่อคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมต่อการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย ซึ่งให้ค่าเปอร์เซ็นต์ของการลอกเปลือกมากที่สุด และจากการศึกษารายงานที่ผ่านมาพบว่าสมการที่นิยมใช้มากที่สุดสำหรับวิธี RSM คือ สมการโพลีโนเมียลกำลังสอง (fullsecond-order polynomial model) และโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่สามารถนำมาใช้ในการสร้าง Contour plot มีหลายโปรแกรมด้วยกัน ดังนั้นในการวิจัยนี้จึงนำสมการโพลีโนเมียลกำลังสอง มาใช้ในการสร้างความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับค่าเปอร์เซ็นต์การลอกเปลือก และใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATISTICA ในการสร้าง Contour plot.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
เครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย

3.1 ปัญหาที่ประสบและความต้องการใช้เครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย

จากการแปรรูปพริกไทยขาวในหัวข้อที่ผ่านมานั้น การนำพริกไทยดำมาผลิตเป็นพริกไทยขาวนั้นต้องใช้น้ำในการแช่พริกไทยในปริมาณมากและต้องทำการแช่พริกไทยเป็นเวลาหลายวัน ซึ่งจะเป็นการเปลืองทรัพยากร ดังนั้นจึงมีผู้ทำการศึกษาและออกแบบเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยที่ไม่ต้องใช้น้ำ ทำให้ประหยัดน้ำและเวลาในการแช่พริกไทยดำ รวมถึงเวลาในการนำพริกไทยขาวที่ได้ไปตากแดดซึ่งจะมีโอกาสเกิดเชื้อราได้ในกรณีที่ตากพริกไทยไม่แห้งสนิท

3.2 ส่วนประกอบ ของเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย

เครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยในการทดลองนี้ใช้ลอกเปลือกที่หุ้มเม็ดพริกไทย โดยเม็ดพริกไทยที่นำมาใช้ในการทดลองนั้นไม่ได้นำไปแช่น้ำก่อนที่จะนำมากะเทาะเปลือก ดังนั้นเปลือกภายนอกของเม็ดพริกไทยจึงมีลักษณะแห้ง

ส่วนประกอบ ของเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยที่สำคัญ (ดูรูป 3.2-3.9) ได้แก่

1. ถังใส่เม็ดพริกไทย (Hopper)
2. แกนไม้ทรงกระบอกสำหรับกะเทาะเปลือก ซึ่งในการทดลองนี้ได้กำหนดขนาดของแกนไม้ 3 ขนาด คือ 70, 90 และ 110 เซนติเมตรตามลำดับ โดยที่แกนไม้ทั้ง 3 ขนาดได้มีการยึดติดด้วยสายพานผ้า
3. ตะแกรงเหล็กทรงกระบอก มีรูลักษณะเป็นรูเล็ก ๆ ทั่วไป ทำเป็นโครงทรงกระบอกหุ้มแกนไม้อีกชั้นหนึ่ง
4. ฝาครอบ
5. ทางออกของเปลือก
6. ทางออกของเม็ด
7. ตัวควบคุมอัตราการป้อน

3.3 หลักการทำงานของเครื่อง

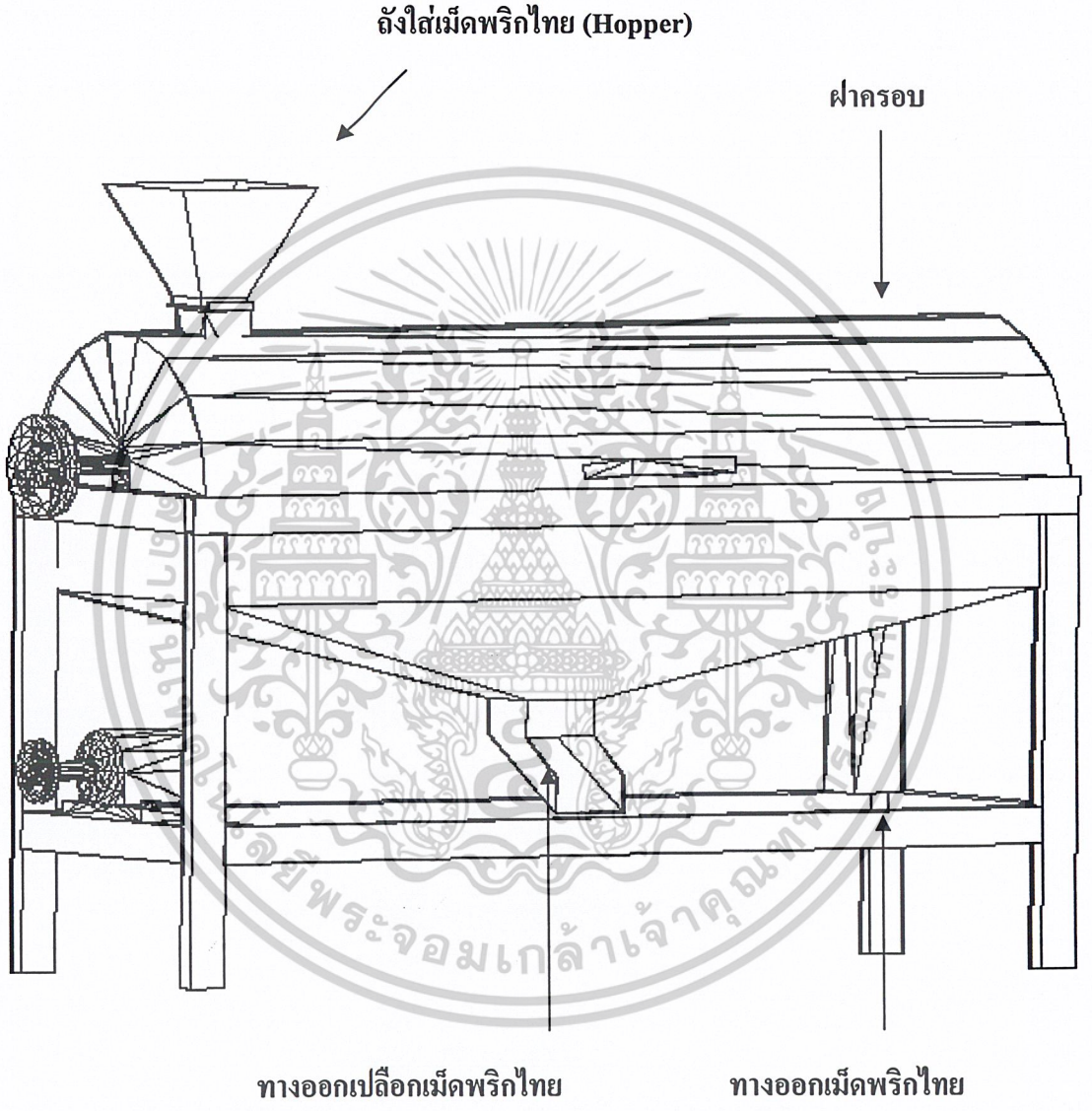
หลักการทำงานของเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยคือ เมื่อป้อนเม็ดพริกไทยเข้าเครื่องทางถังใส่เม็ดพริกไทย เม็ดพริกไทยจะเข้าไปอยู่ระหว่างแกนไม้ติดสายพานกับตะแกรงเหล็ก โดยมีตัวผลักดันที่ทำด้วยสายพาน คอยดันให้เม็ดพริกไทยไปทางด้านหลัง ขณะที่แกนไม้หมุนจะทำให้เม็ดพริกไทยเสียดสีกับตะแกรงเหล็กและสายพานผ้า เปลือกที่หลุดจะถูกสายพานกดให้ลอดรูผ่าน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตะแกรง ส่วนเม็ดพริกไทยที่ลอกเปลือกแล้วจะถูกพาออกไปอีกด้านหนึ่ง ตามลักษณะทวนเข็มนาฬิกา (ดูรูปที่ 3.1)

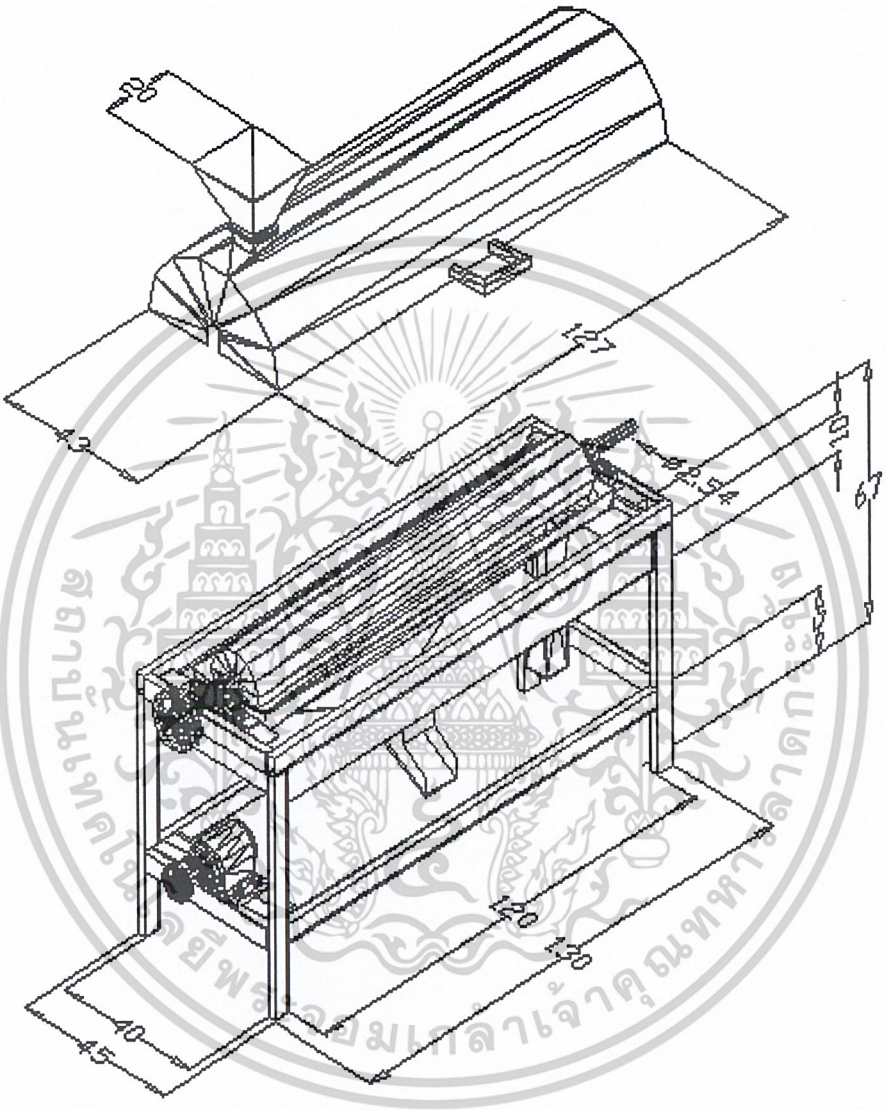
รูปที่ 3.1 ภาพทางเข้า-ออก ของเม็ดพริกไทย และทางออกของเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



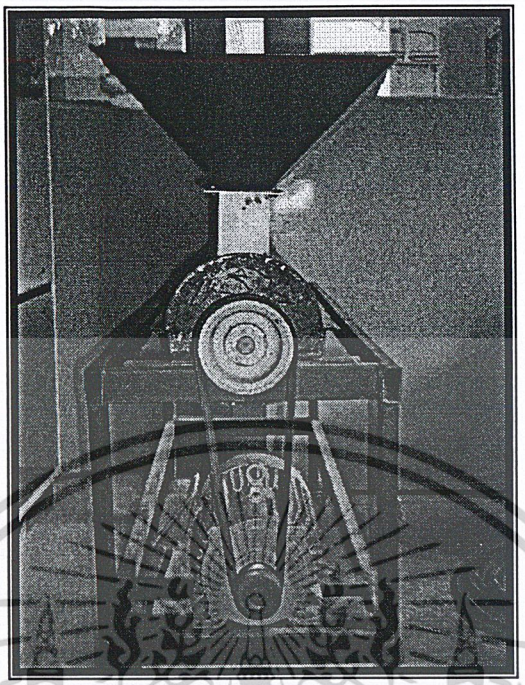
รูปที่ 3.2 แบบของเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

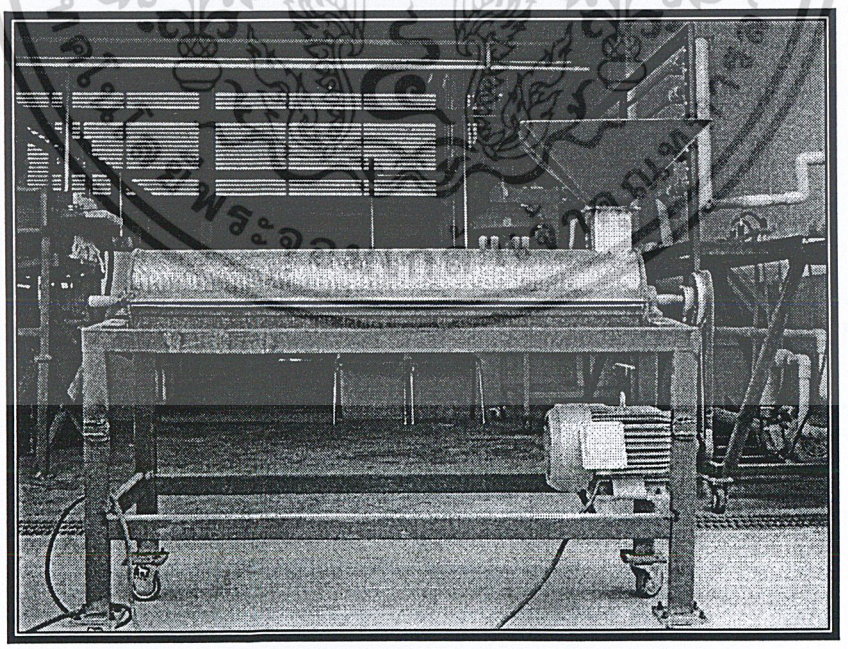


รูปที่ 3.3 ขนาดของเครื่องกะเทาะพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

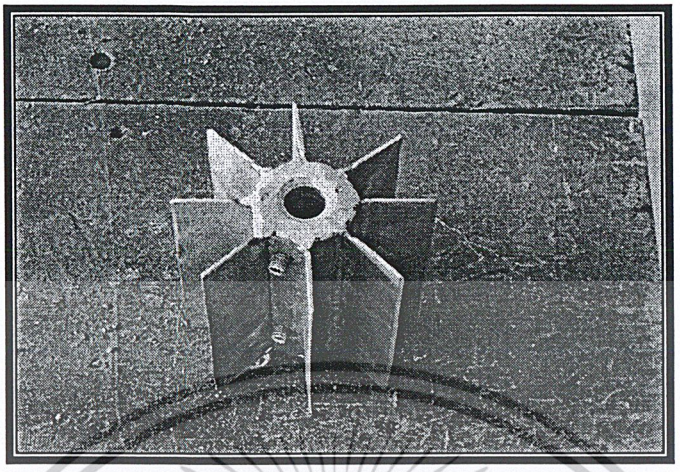


รูปที่ 3.4 มอเตอร์ที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกพริกไทย

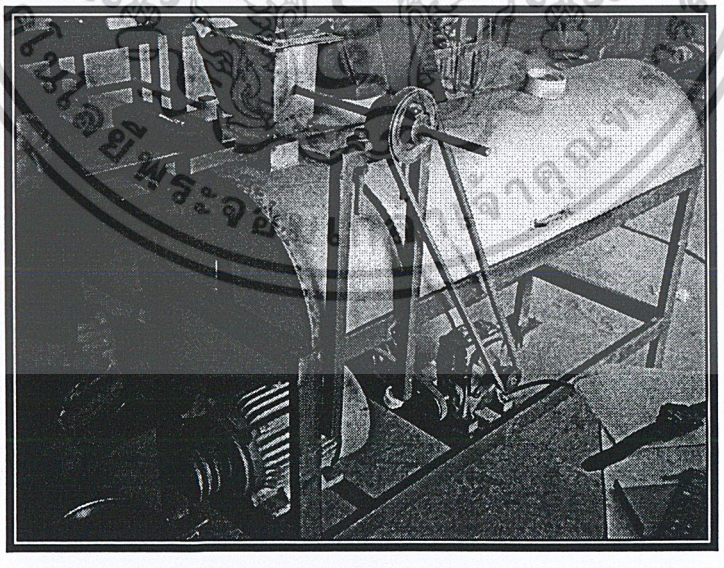


รูปที่ 3.5 ตะแกรงเหล็กภายในเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

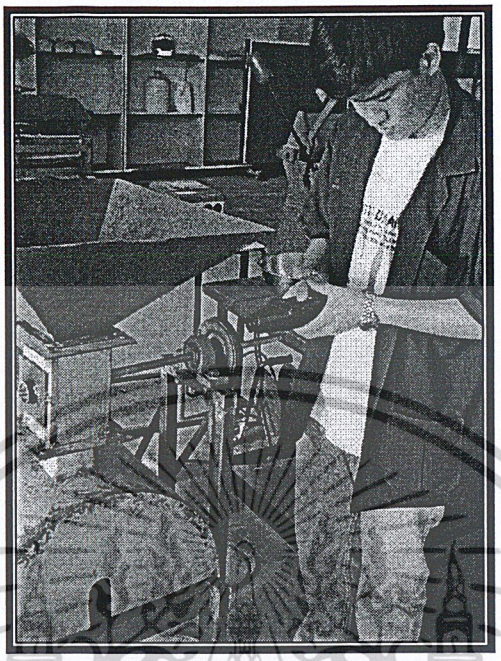


รูปที่ 3.6 ภาพของชิ้นส่วนตัวควบคุมอัตราการป้อน

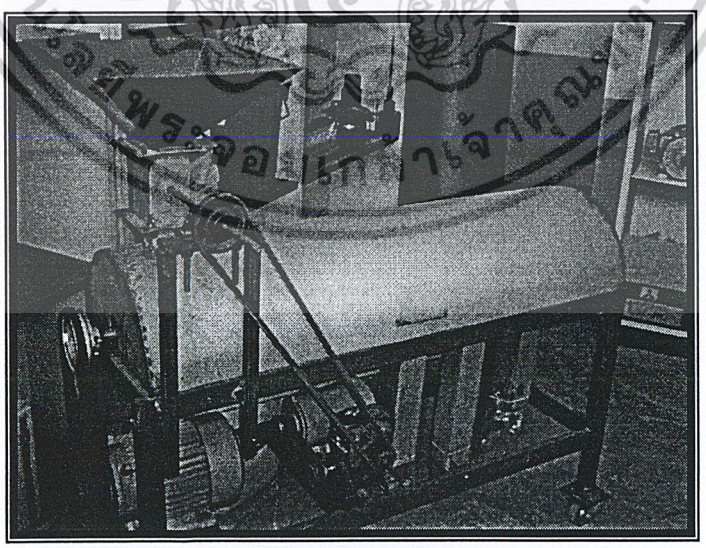


รูปที่ 3.7 ภาพการติดตั้งชุดควบคุมอัตราการป้อนเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.8 ภาพการเปรียบเทียบตัวความคุมอัตราการป้อนที่ได้กับที่ต้องการ



รูปที่ 3.9 ภาพเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
วัสดุอุปกรณ์และวิธีการทดลอง

ในการวิจัยนี้ต้องการศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกพริกไทย ตัวแปรที่ศึกษาได้แก่ ความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก อัตราการป้อนเม็ดพริกไทย โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อคัดเลือกสภาวะของตัวแปรร่วม(combination variable) ที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยได้สูงสุด ดังนั้นเพื่อให้สามารถศึกษาผลของตัวแปรหลายตัวแปรที่สภาวะต่างกันได้ในเวลาเดียวกัน จึงนำ response surface methodology (RSM) มาใช้ในงานวิจัยนี้ ประกอบด้วยขั้นตอน การกำหนดตัวแปร กำหนดแบบการทดลองที่เหมาะสม และวิเคราะห์ตัวแปรร่วมที่เหมาะสม

4.1 การกำหนดตัวแปร (Independent variable)

จากการศึกษาเบื้องต้น ได้กำหนดค่าตัวแปรที่จะทำการศึกษา ดังนี้

- ความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก คือ 680 , 700 , 720 RPM
- ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก คือ 110, 90, 70 cm
- อัตราการป้อนเม็ดพริกไทย คือ 80, 100, 120 Kg/hr

4.2 กำหนดแบบแผนการทดลองที่เหมาะสม (Appropriate experimental design)

แบบแผนการทดลองที่เหมาะสมสำหรับวิธี Response Surface Methodology (RSM) มีอยู่หลายแบบ เช่น CCD รูปทรงกลม , แบบคิวบอยดัล, บ็อกซ์-เบห์นเคน (Box – Behnken) และการออกแบบชนิดอื่นอีก(ปารเมศ ชุติมา ,2545, "การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม)โดยงานวิจัยนี้ได้เลือกแบบ Box – Behnken เนื่องจากการออกแบบนี้ถูกสร้างขึ้นจากการรวมการออกแบบแฟคทอเรียล 2^k กับการออกแบบบล็อกไม่บริบูรณ์ ผลของการออกแบบมีประสิทธิภาพมากในด้านจำนวนของการปฏิบัติที่ต้องการ การออกแบบ Box – Behnken สำหรับการทดลองที่มี 3 ตัวแปรจะแบ่งช่วงของตัวแปรออกเป็น 3 ระดับ คือ –1, 0, +1 (Optimization pattern) ซึ่งประกอบด้วยจำนวนการทดลอง 15 การทดลอง ที่สามารถใช้เป็นตัวแทนในการทำนายผลการทดลองตลอดช่วงของตัวแปรที่ศึกษา

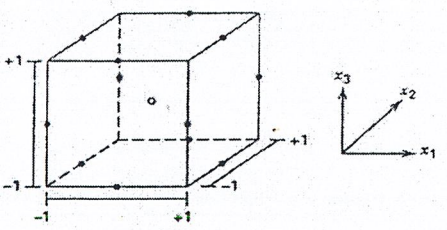
เนื่องจากสภาวะการทดลองทั้ง 15 สภาวะอยู่ในลักษณะของ Rota table design คือหมุนไปรอบจุดกึ่งกลางด้วยระยะห่างเท่ากัน ซึ่งในจำนวน 15 สภาวะนี้ได้รวบรวมสภาวะการทดลองซ้ำที่จุดกึ่งกลางจำนวน 3 ซ้ำไว้ด้วย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้นสำหรับการศึกษาผลของตัวแปรทั้ง 3 ในขั้นตอนการกะเทาะเปลือกประกอบด้วยสภาวะการทดลอง 15 การทดลอง ซึ่งแสดงดังนี้

ตัวแปร	**สัญลักษณ์ของตัวแปร**	**-1**	**0**	**1**
ความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก	X_1	680	700	720
ความยาวของชุดกะเทาเปลือก	X_2	70	90	110
อัตราการป้อนเม็ดพริกไทย	X_3	80	100	120

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



รูปที่ 4.1 การออกแบบ บ็อกซ์-เบห์นเคน สำหรับ 3 ตัวแปร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4.3 วัสดุและอุปกรณ์

4.3.1 วัตถุดิบ

- พริกไทยดำ คัดขนาดใหญ่กว่า 4.414 มิลลิเมตร

4.3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย
2. เครื่องปรับความถี่กระแสไฟ (Inverter) เพื่อปรับรอบมอเตอร์
3. เครื่องวัดความเร็วรอบ
4. เครื่องชั่งดิจิตอล
5. นาฬิกาจับเวลา
6. โปรแกรม STATGRAPHICS , STATISTICA
7. ถุงพลาสติกสำหรับเก็บตัวอย่าง
8. ชุดควบคุมอัตราการป้อน

4.4 วิธีการทดลอง

จัดเตรียมเม็ดพริกไทยดำคัดขนาดมาใส่ในเครื่องกะเทาะเปลือกแล้วทำการกะเทาะเปลือก โดยที่ทำการทดลองกับเครื่องกะเทาะเปลือก 3 ขนาดความยาว คือที่ 110, 90, 70 cmโดยปรับระดับความเร็วรอบขนาดความยาวละ 3 ระดับ คือ 680, 700, 720 RPM มีการปรับอัตราการป้อน ที่ 80 , 100 , 120 Kg/hr

แผนการทดลอง

ขั้นตอนที่ 1 เตรียมวัตถุดิบ

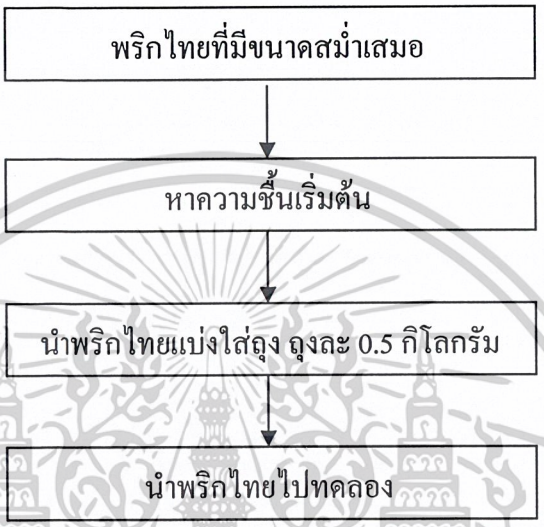
1. นำพริกไทยที่ผ่านการคัดขนาดมาแล้ว มาหาความชื้น(ฐานเปียก) 11 เปอร์เซ็นต์
2. แบ่งตัวอย่างพริกไทยมาใส่ถุง ถุงละ 0.5 Kg โดยแต่ละการทดลองจะใช้พริกไทย 1 ถุง

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการทดลอง

1. จัดเตรียมเม็ดพริกไทยและแบ่งพริกไทยใส่ถุง ถุงละ 0.5 kg จำนวน 15 ถุง
2. เตรียมเครื่องกะเทาะเปลือกโดยประกอบชิ้น ส่วนและอุปกรณ์ต่าง ๆ ให้เรียบร้อย และจัดวางในพื้นระนาบแข็งที่ไม่มีความลาดเอียง
3. นำเม็ดพริกไทยที่เตรียมไว้สำหรับทดลองไปใส่ในถังป้อนที่มีชุดควบคุมอัตราการป้อนระหว่าง ถังป้อน กับชุดกะเทาะเปลือก
4. ทำการเปิดเครื่องกะเทาะและเปิดตัวควบคุมอัตราการป้อนตามค่าที่วางแผนการทดลองไว้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. เปิดแผ่นกั้นเม็ดพริกไทยออก เพื่อให้เม็ดพริกไทยถูกป้อนเข้าสู่เครื่องกะเทาะเปลือก
6. นำพริกไทยที่ได้จากการกะเทาะเปลือกไปชั่งน้ำหนักเพื่อหาน้ำหนักหลังจากที่ได้กะเทาะเปลือกออกแล้ว



รูปที่ 4.2 ขั้นตอนการเตรียมเม็ดพริกไทย

7. หลังจากชั่งน้ำหนักแล้วนำไปคัดแยกเม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์, เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์ และเม็ดพริกไทยที่สูญเสีย
8. นำเม็ดพริกไทยที่คัดแยกแล้วมาชั่งน้ำหนักเพื่อหา เปอร์เซ็นต์ เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ , เปอร์เซ็นต์ เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์ สูญเสีย
9. เปลี่ยนความยาวของชุดกะเทาะเปลือก ความเร็วรอบและอัตราการป้อนตามแผนการทดลองของ บ็อกซ์-เบห์นเคนซึ่งประกอบด้วยจำนวนการทดลอง 15 การทดลอง ซึ่งทำการทดลองซ้ำตามข้อ 3-8
10. นำข้อมูล เปอร์เซ็นต์ เม็ดที่ลอกเปลือกสมบูรณ์ (y) พร้อมค่าตัวแปรธรรมชาติ(x) นำตัวแปรทั้งหมดไปแก้สมการเมตริกหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β) นำค่าตัวแปรทั้งหมดไปแทนในโปรแกรม STATISTICA เพื่อสร้าง Contour plot และ Response surface plot จากกราฟ Response Surface ทำการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นตอนที่ 3 การวิเคราะห์ผลการทดลองด้วยวิธี RSM

1. นำข้อมูลเปอร์เซ็นต์ เม็ดที่ลอกเปลือกสมบูรณ์(y) พร้อมค่าตัวแปรธรรมชาติ(x) ซึ่งค่าตัวแปรธรรมชาติสามารถแปลงเป็นตัวแปรที่ถูกเข้ารหัส (x)
2. นำตัวแปรทั้งหมดไปแก้สมการเมตริกหาค่าสัมประสิทธิ์การถดถอย (β)
3. นำค่าตัวแปรทั้งหมดไปแทนในโปรแกรม STATGRAPIC, STATISTICA เพื่อสร้าง Contour plot และ Response surface plot
4. จากกราฟ Response Surface ทำการวิเคราะห์หาค่าตัวแปรที่เหมาะสมที่สุดสำหรับกระบวนกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

4.5 ผลของการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยด้วยการแช่น้ำ

ผลของการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยโดยการแช่น้ำเพื่อหาค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่ลอกเปลือกสมบูรณ์และเปอร์เซ็นต์เปลือก เพื่อใช้ในการเปรียบเทียบกับการกะเทาะเปลือกด้วยเครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย แสดงในตารางที่ 4.1

ตารางที่ 4.1 ผลของการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยโดยการแช่น้ำเพื่อหาน้ำหนักของเม็ดพริกไทย และน้ำหนักของเปลือกพริกไทย

น้ำหนักของเม็ดพริกไทยที่นำมาแช่น้ำทั้งหมด (กรัม)	น้ำหนักของเปลือกพริกไทย (กรัม)	น้ำหนักของเม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ (กรัม)	เปอร์เซ็นต์เปลือกพริกไทย
500	96	404	19.2

จากผลการทดลองจะพบว่า เม็ดพริกไทยเฉลี่ยที่มีขนาดโตกว่า 4.414 มิลลิเมตรนั้นเมื่อผ่านการแช่น้ำและขัดเปลือกออกแล้ว และได้มีการตากแดดโดยควบคุมให้เม็ดพริกไทยมีความชื้นเท่ากับตอนก่อนแช่น้ำ พบว่ามีเปอร์เซ็นต์เปลือกอยู่ 19.2 เปอร์เซ็นต์

4.6 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกสภาวะตัวแปรที่เหมาะสม

ทำการคัดเลือกตัวแปรที่เหมาะสม คือ คัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย ที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงที่สุด โดยการนำข้อมูลที่ได้จากการทดลอง (ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์) มาหาความสัมพันธ์กับตัวแปรที่ศึกษาโดยวิธี

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Multiple Regression โดยสร้างความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก ความยาวชุดกะเทาะเปลือก และอัตราการป้อน กับค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ในรูปสมการกำลังสองซึ่งแสดงได้ดังนี้

$$Y = \beta_0 + \beta_1X_1 + \beta_2X_2 + \beta_3X_3 + \beta_{12}X_1X_2 + \beta_{13}X_1X_3 + \beta_{23}X_2X_3 + \beta_{11}X_1^2 + \beta_{22}X_2^2 + \beta_{33}X_3$$

เมื่อ X_1 = ความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือก

X_2 = ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก

X_3 = อัตราการป้อนเม็ดพริกไทย

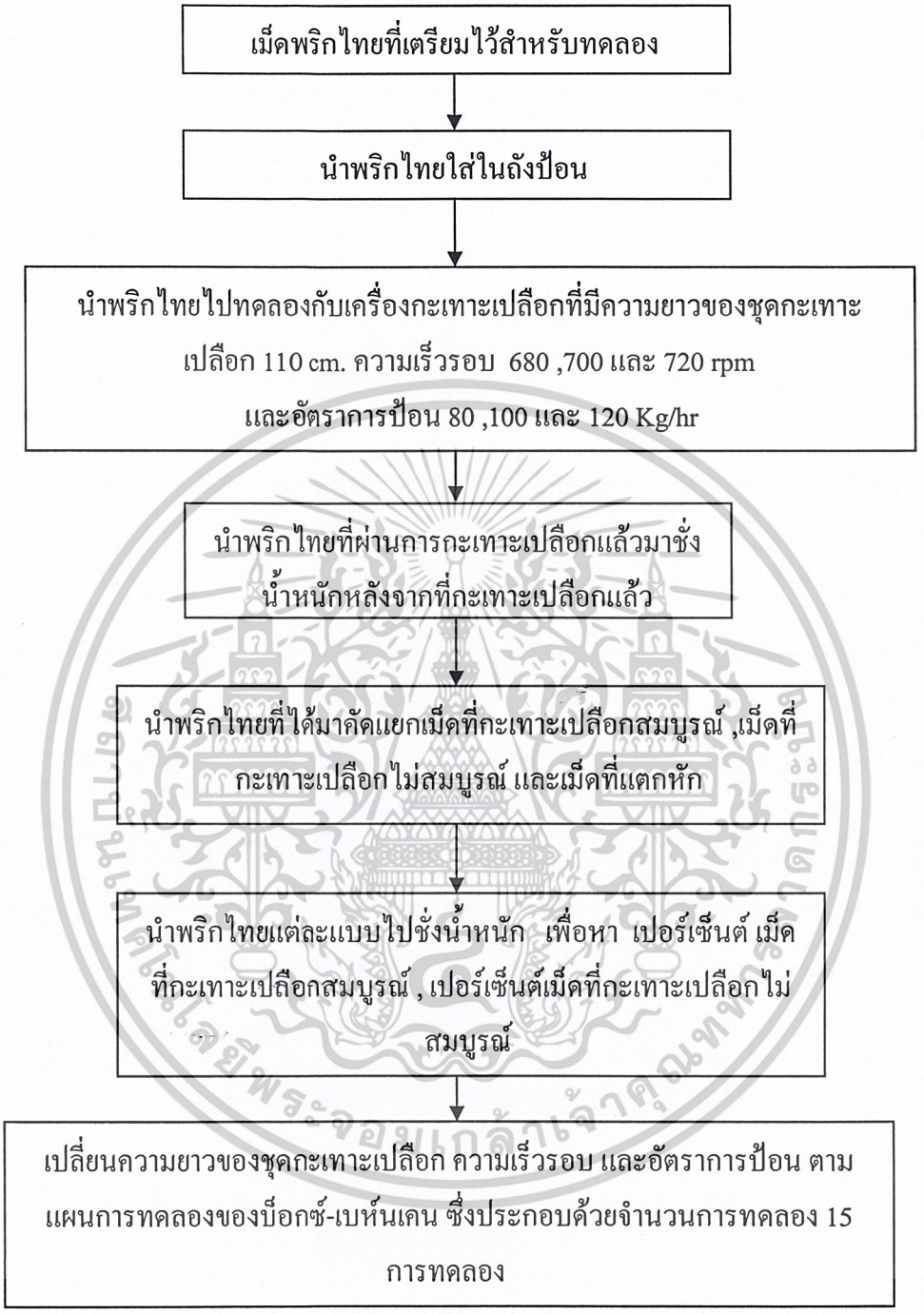
β_0 = ค่าคงที่

$\beta_1 \ldots \beta_n$ = ค่าสัมประสิทธิ์รีเกรซชั่น

Y = ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์

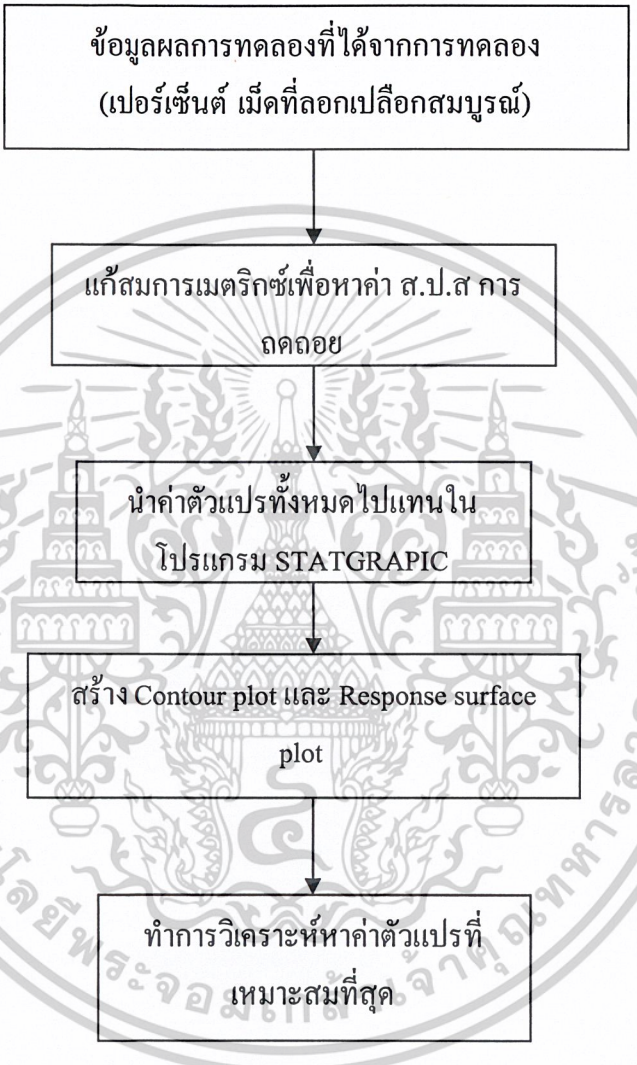
โดยพิจารณาค่า R^2 เมื่อมีค่าสูงจึงจะนำสมการมาใช้ ซึ่งจากสมการที่ได้นำมาใช้สร้าง Contour Plot โดยอาศัยโปรแกรมสำเร็จรูปSTATGRAPHICS แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ศึกษากับผลตอบสนอง เพื่อใช้ในการคัดเลือกสภาวะที่เหมาะสมที่สุดสำหรับการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.3 ขั้นตอนการทดลองการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.4 แผนภาพการวิเคราะห์ผลการทดลอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
ผลการทดลอง

จากการทดลองนำเม็ดพริกไทยดำมาทำการกะเทาะเปลือกตามสภาวะต่าง ๆ ตามแบบแผนการทดลองของบ็อกซ์-เบห์นเคน โดยใช้เครื่องกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยได้ผลดังนี้

5.1 ผลของความเร็วรอบ ความยาวชุดกะเทาะเปลือก และอัตราการป้อนต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้

ผลการวิเคราะห์ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้ของเม็ดพริกไทยที่ทำการกะเทาะเปลือกตามแผนการทดลองแบบบ็อกซ์-เบห์นเคน ทั้งหมด 15 การทดลอง ดังนี้

ตารางที่ 5.1 ผลการทดลองการกะเทาะเปลือกพริกไทย

การทดลองที่	% กะเทาะสมบูรณ์	% กะเทาะไม่สมบูรณ์	% สูญเสีย
1	25.92	60.48	13.6
2	48.1	16.9	35
3	40.42	43.78	15.8
4	50.23	4.97	44.8
5	46.05	33.35	20.6
6	45.96	30.64	23.4
7	43.2	28.8	28
8	49.84	21.36	28.8
9	32.15	52.45	15.4
10	47.82	37.58	14.6
11	49.44	12.36	38.2
12	57.04	4.96	38
13	40.82	34.78	24.4
14	49.01	26.36	24.6
15	51.38	22.02	26.6

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ เพื่อคัดเลือกสภาวะของตัวแปรที่เหมาะสม

ด้วยการนำค่า เปอร์เซ็นต์ กะเทาะเปลือกสมบูรณ์มาหาความสัมพันธ์กับความเร็วรอบ ความยาวชุดกะเทาะเปลือก และอัตราการป้อน โดยวิธี Multiple regression แสดงความสัมพันธ์ในรูปสมการกำลังสองได้ดังนี้

$$Y_1 = -4199.9944+11.4877X_1+7.4889X_2-3.5045X_3 - 0.0077X_1X_2 + 0.0042X_1X_3- 0.0048X_2X_3- 0.0079X_1^2-0.0068X_2^2+0.0059X_3^2$$

R^2 = 84.8970 เปอร์เซ็นต์

$$Y_2 = 3687.7094 -9.8702X_1-3.9944X_2+2.419X_3+ 0.003X_1X_2 - 0.003X_1X_3 + 0.0047X_2X_3 +0.0069X_1^2+0.0026X_2^2-0.0049X_3^2$$

R^2 = 96.045 เปอร์เซ็นต์ (ดูรูป 1-6 ในภาคผนวกประกอบ)

$$Y_3 = 560.7937-1.460X_1-3.5350X_2+1.045X_3+ 0.0047X_1X_2 - 0.0013X_1X_3 + 0.004X_2X_3 +0.0009X_1^2+0.0043X_2^2-0.0009X_3^2$$

R^2 = 99.38 เปอร์เซ็นต์ (ดูรูป 7-12 ในภาคผนวกประกอบ)

เมื่อ Y_1 = เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์

Y_2 = เปอร์เซ็นต์เม็ดที่กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์

Y_3 = เปอร์เซ็นต์สูญเสีย

X_1 = ความเร็วรอบ (680 – 720 rpm)

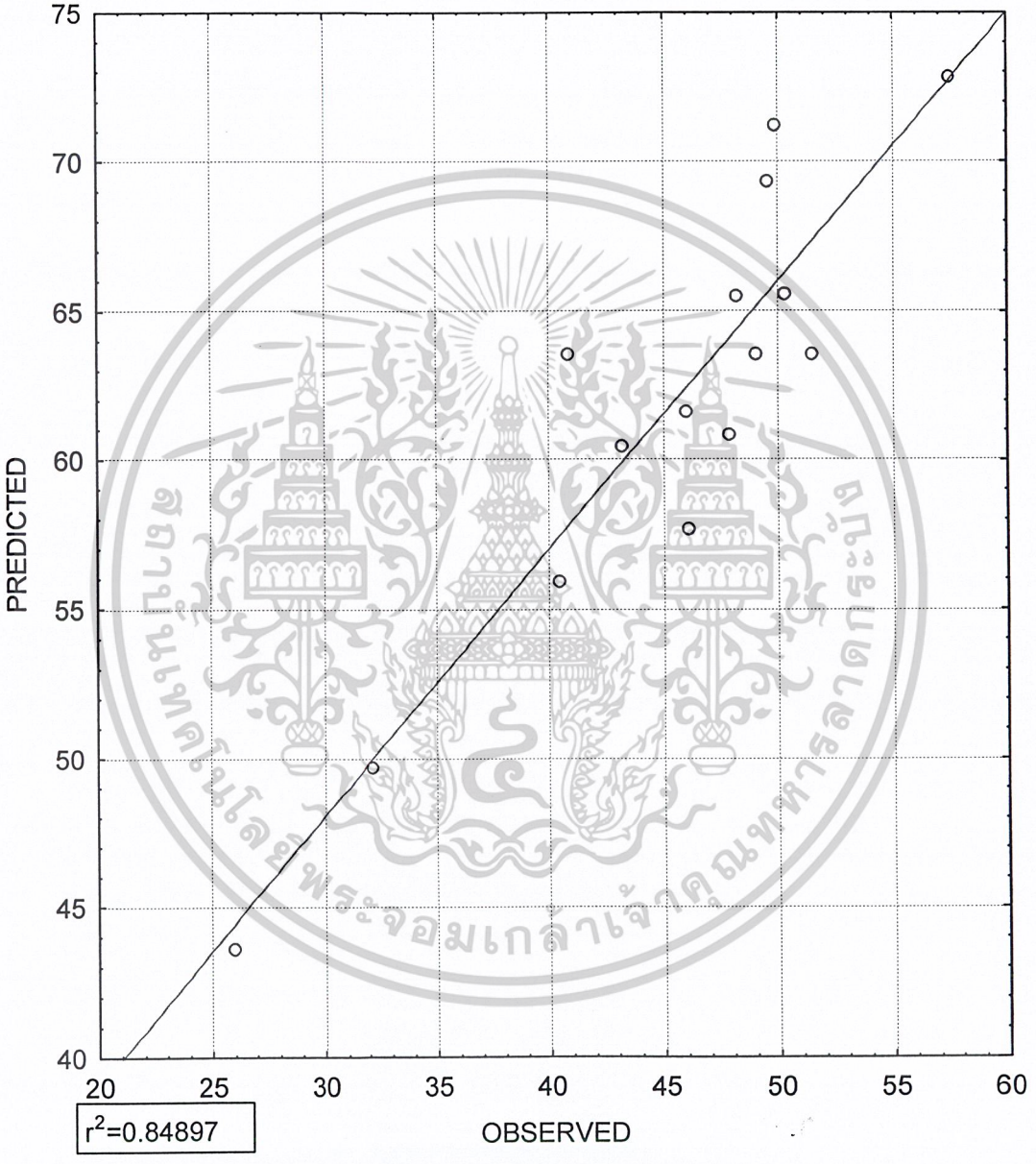
X_2 = ความยาวชุดกะเทาะเปลือก (70 – 110 เซนติเมตร)

X_3 = อัตราการป้อน (80 – 120 kg / h)

จากสมการที่ได้จะเห็นว่าค่า R^2 ที่ได้มีค่าสูง ดังนั้นจึงใช้สมการนี้ในการคำนวณค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ภายในช่วงของตัวแปรที่ศึกษาได้ จากนั้นใช้โปรแกรมสำเร็จรูป STATISTICA สร้าง Contour Plot ของความเร็วรอบ ความยาวชุดกะเทาะเปลือก อัตราการป้อนต่อค่าเปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ โดยกำหนดให้อัตราการป้อนคงที่ที่ 80 100 และ

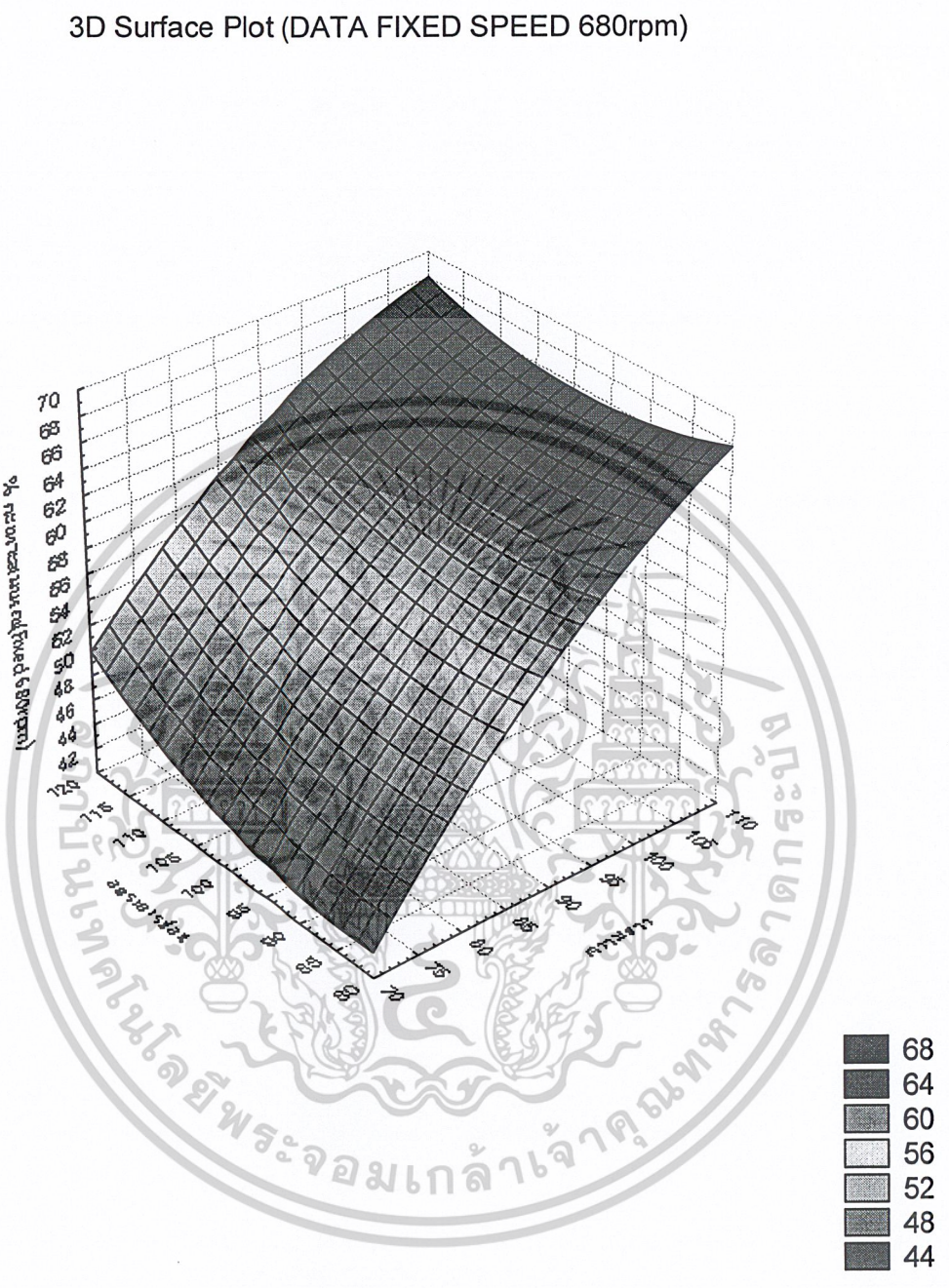
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

120 kg/h และกำหนดให้ความยาวชุดกะเทาะเปลือกคงที่ ที่ 70 90 และ 110 เซนติเมตร และกำหนดให้ความเร็วรอบคงที่ ที่ 680 700 และ 720 rpm ดังแสดงในรูป 5.1-5.19



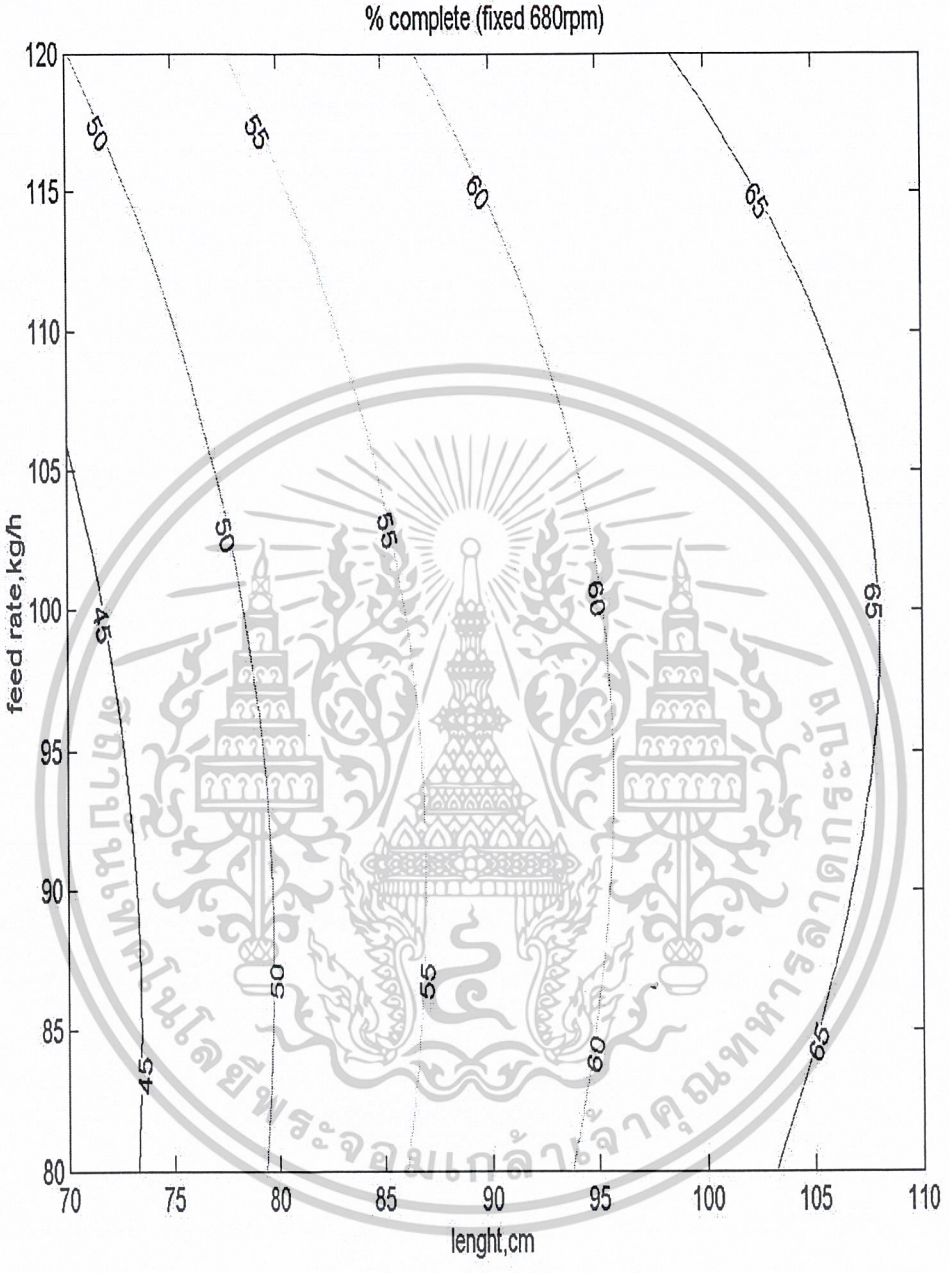
รูปที่ 5.1 กราฟแสดงค่า coefficient of determination (R^2) ของผลการทดลองที่สภาวะต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



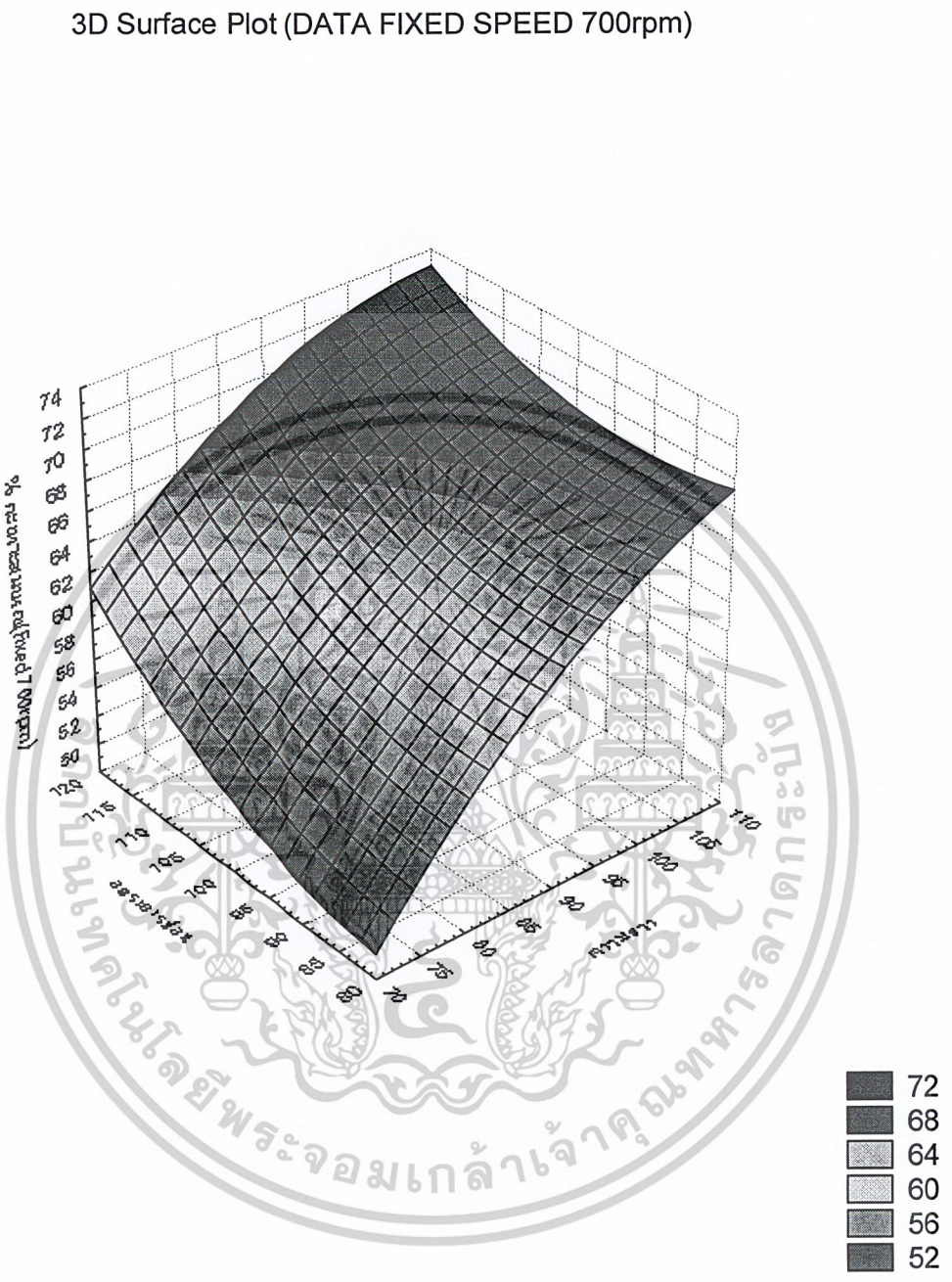
รูปที่ 5.2 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน ที่ความเร็วรอบ 680 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



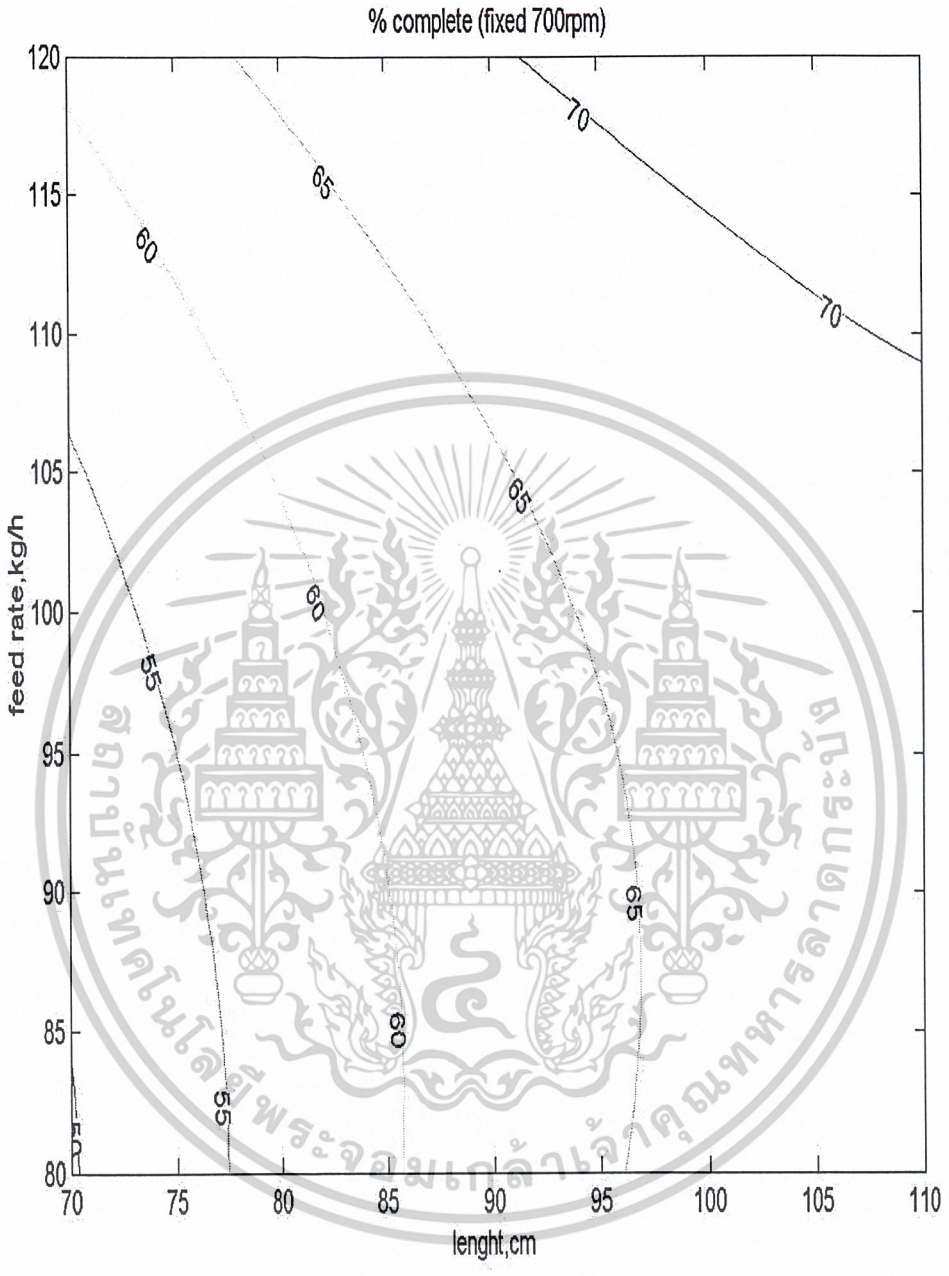
รูปที่ 5.3 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 680 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



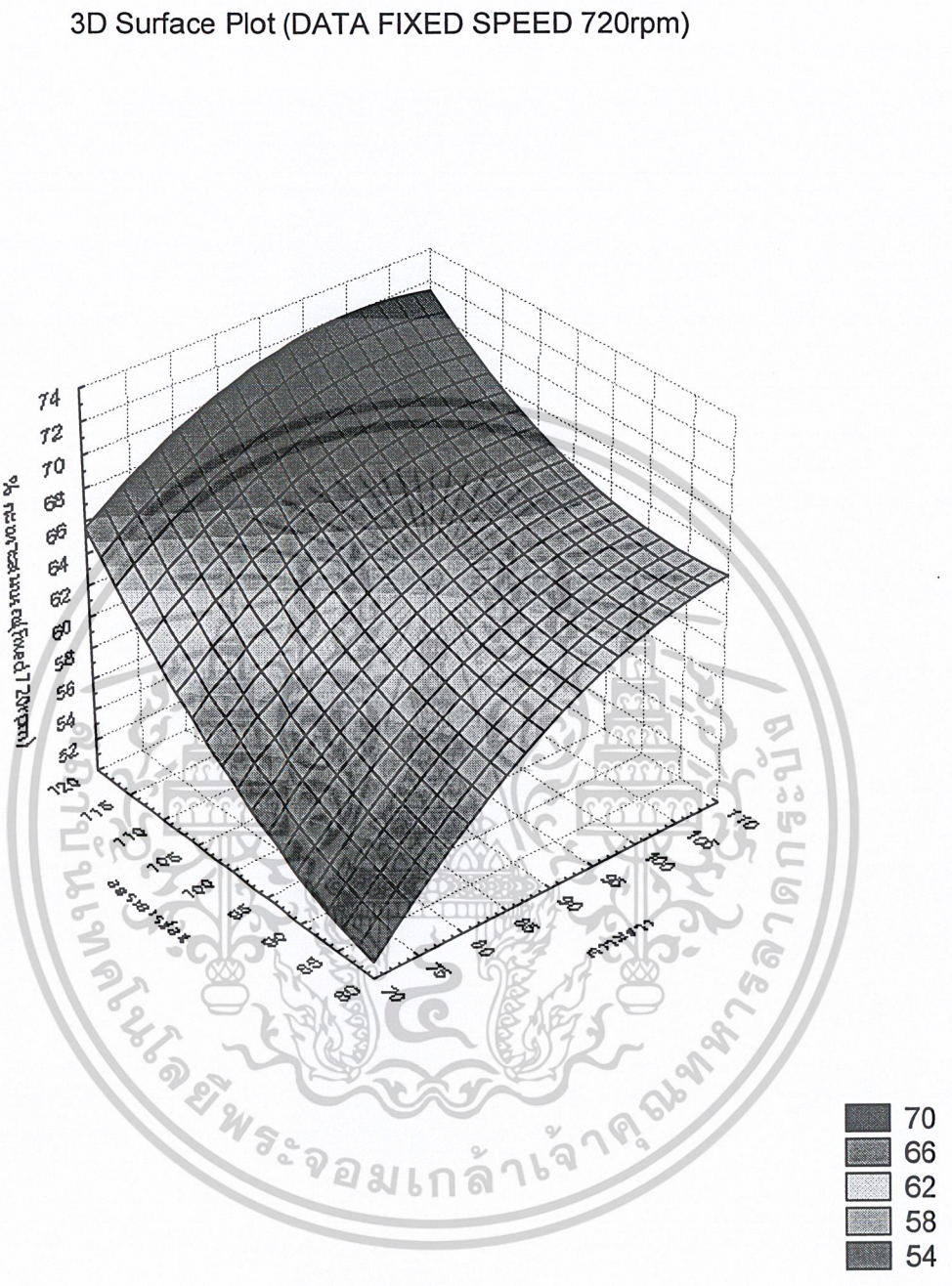
รูปที่ 5.4 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน ที่ความเร็วรอบ 700 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



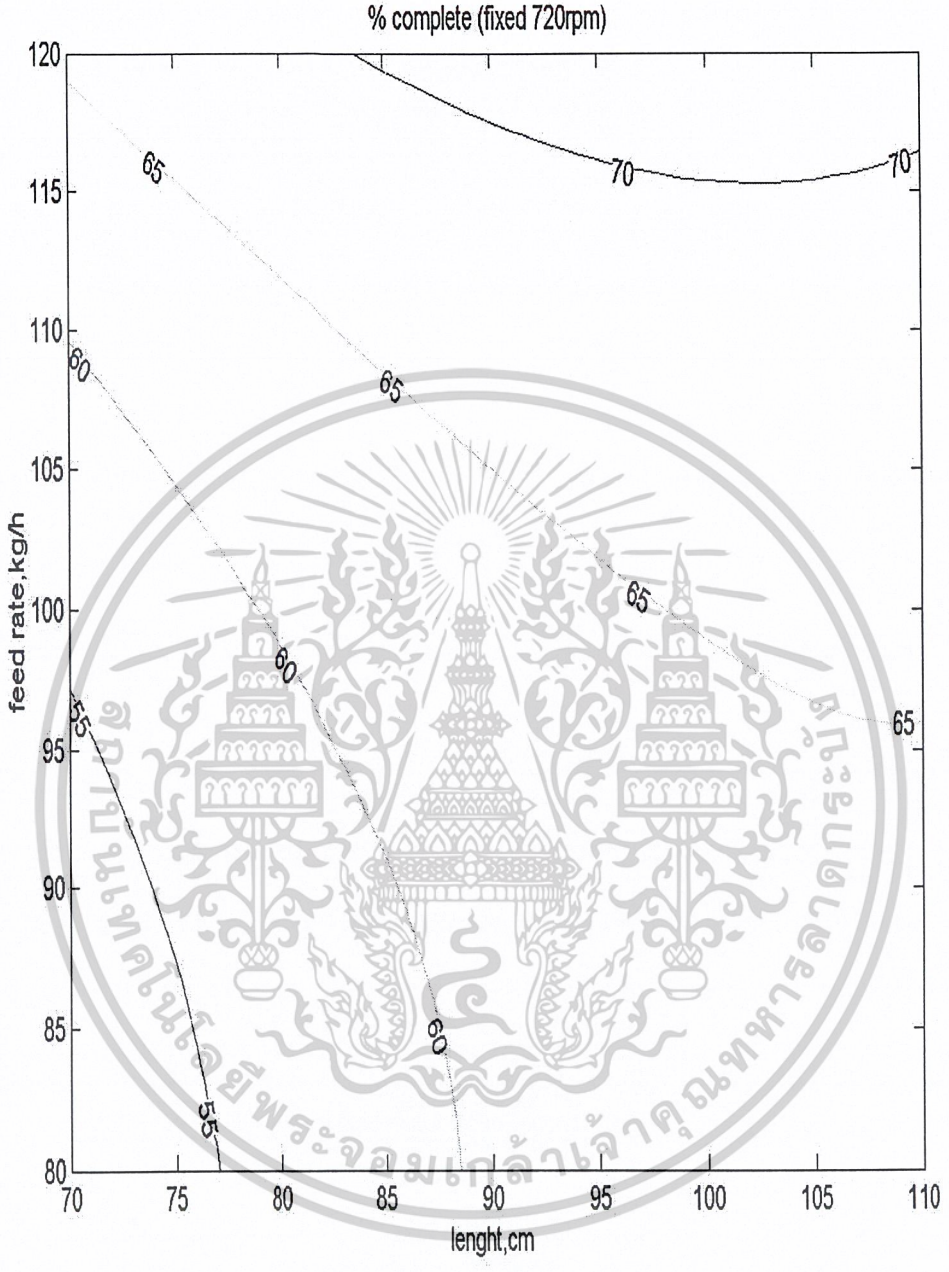
รูปที่ 5.5 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 700 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



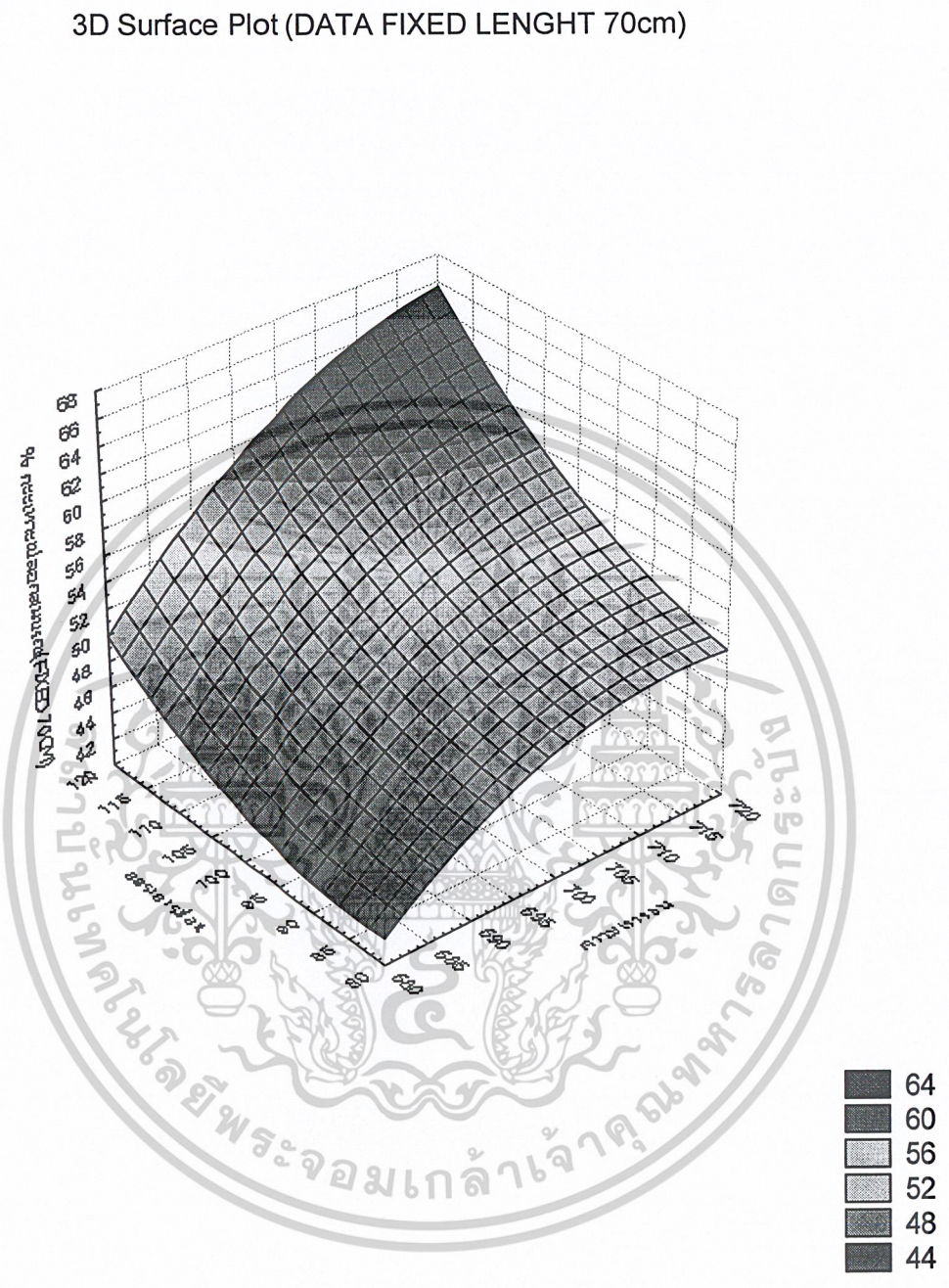
รูปที่ 5.6 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน ที่ความเร็วรอบ 720 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



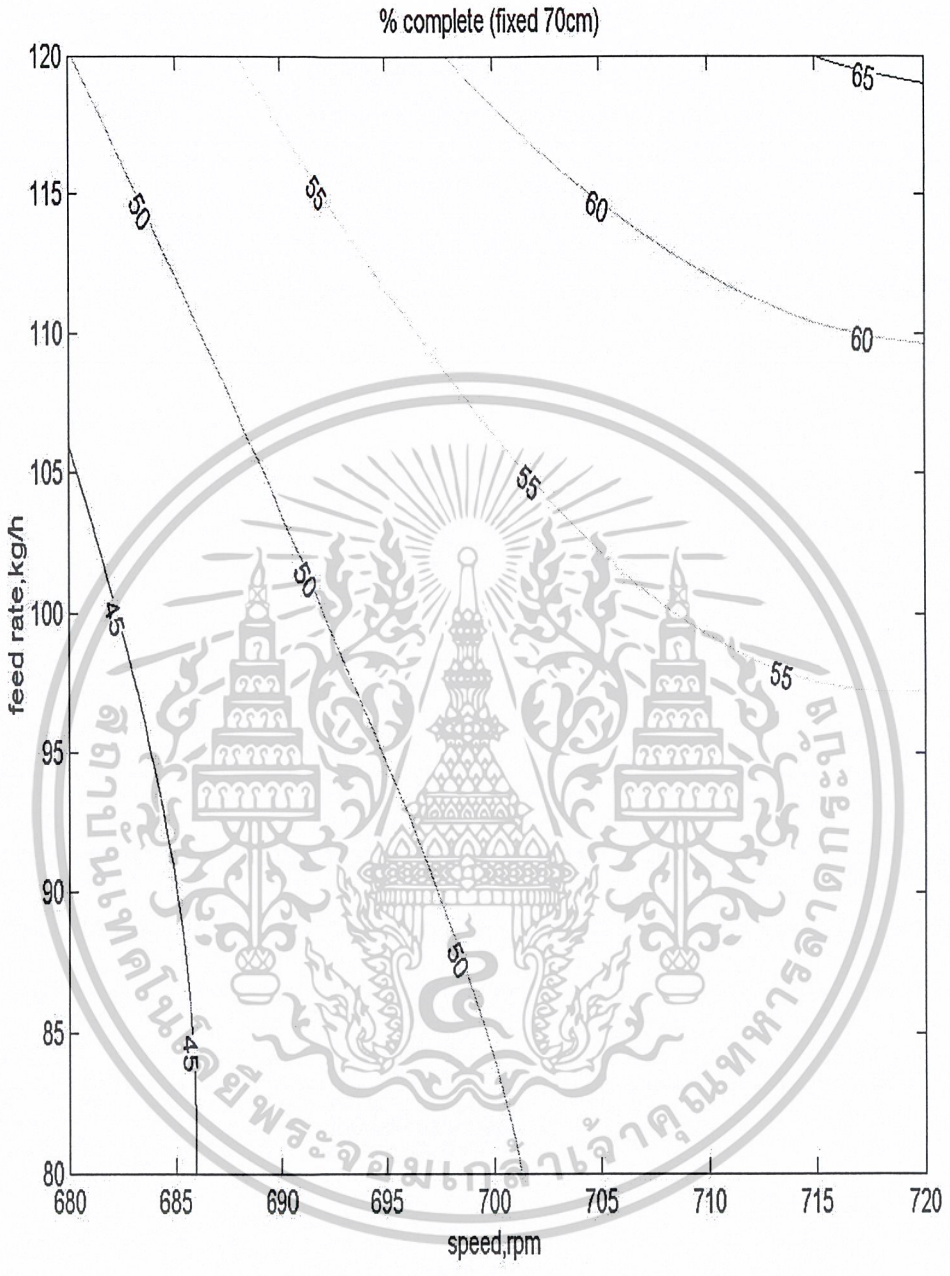
รูปที่ 5.7 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อนที่ความเร็วรอบ 720 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



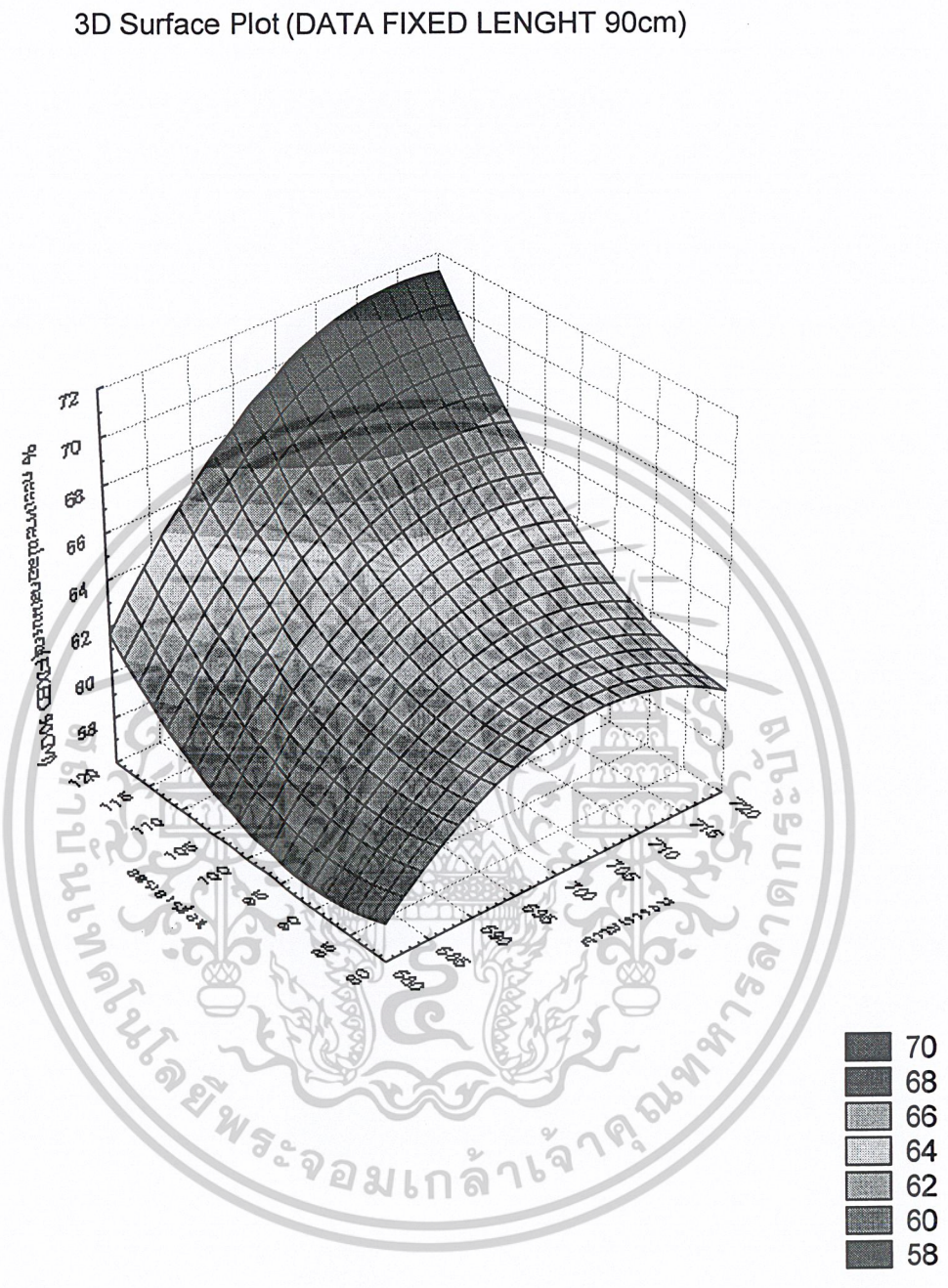
รูปที่ 5.8 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อน ที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 70 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



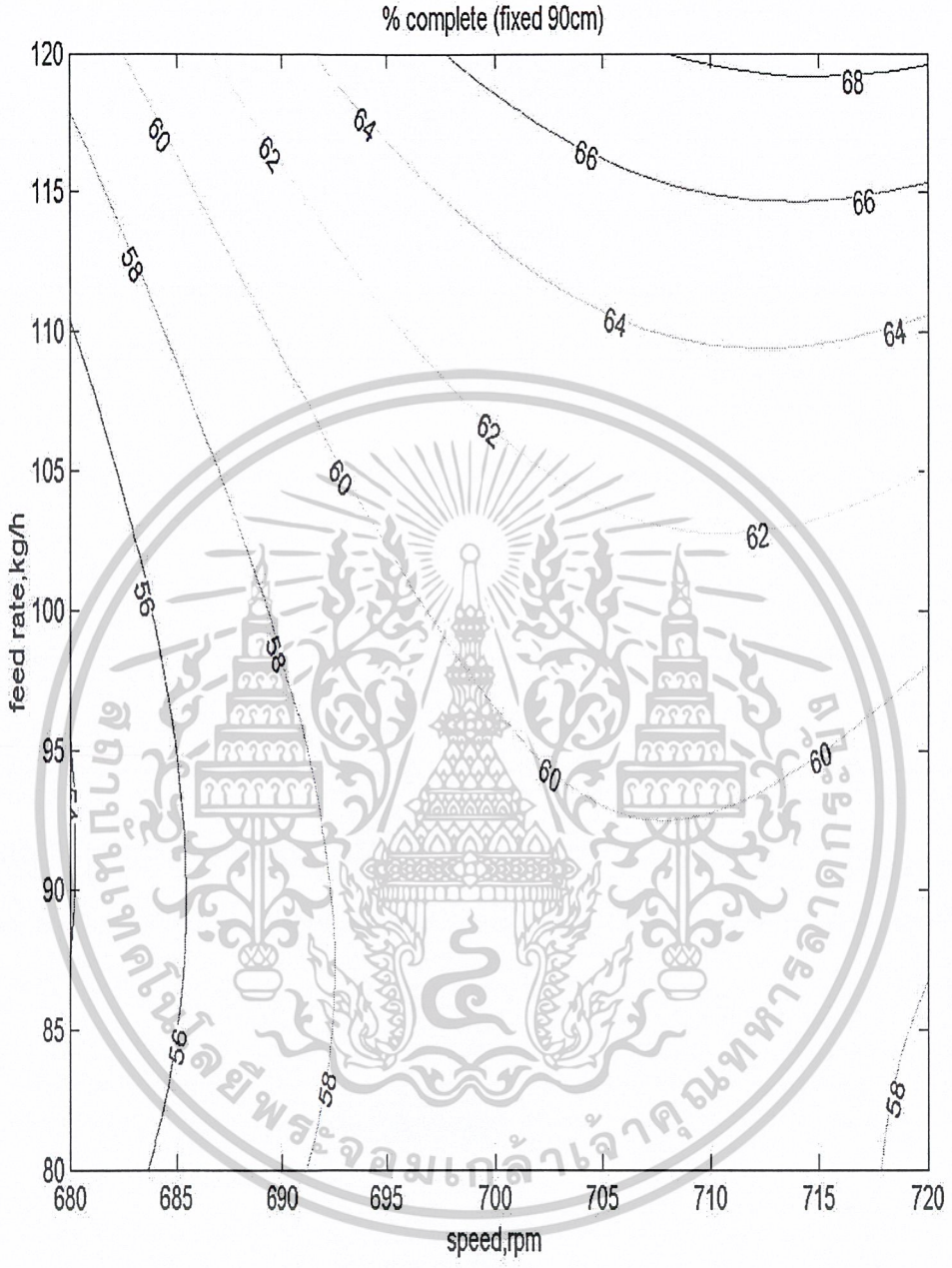
รูปที่ 5.9 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 70 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



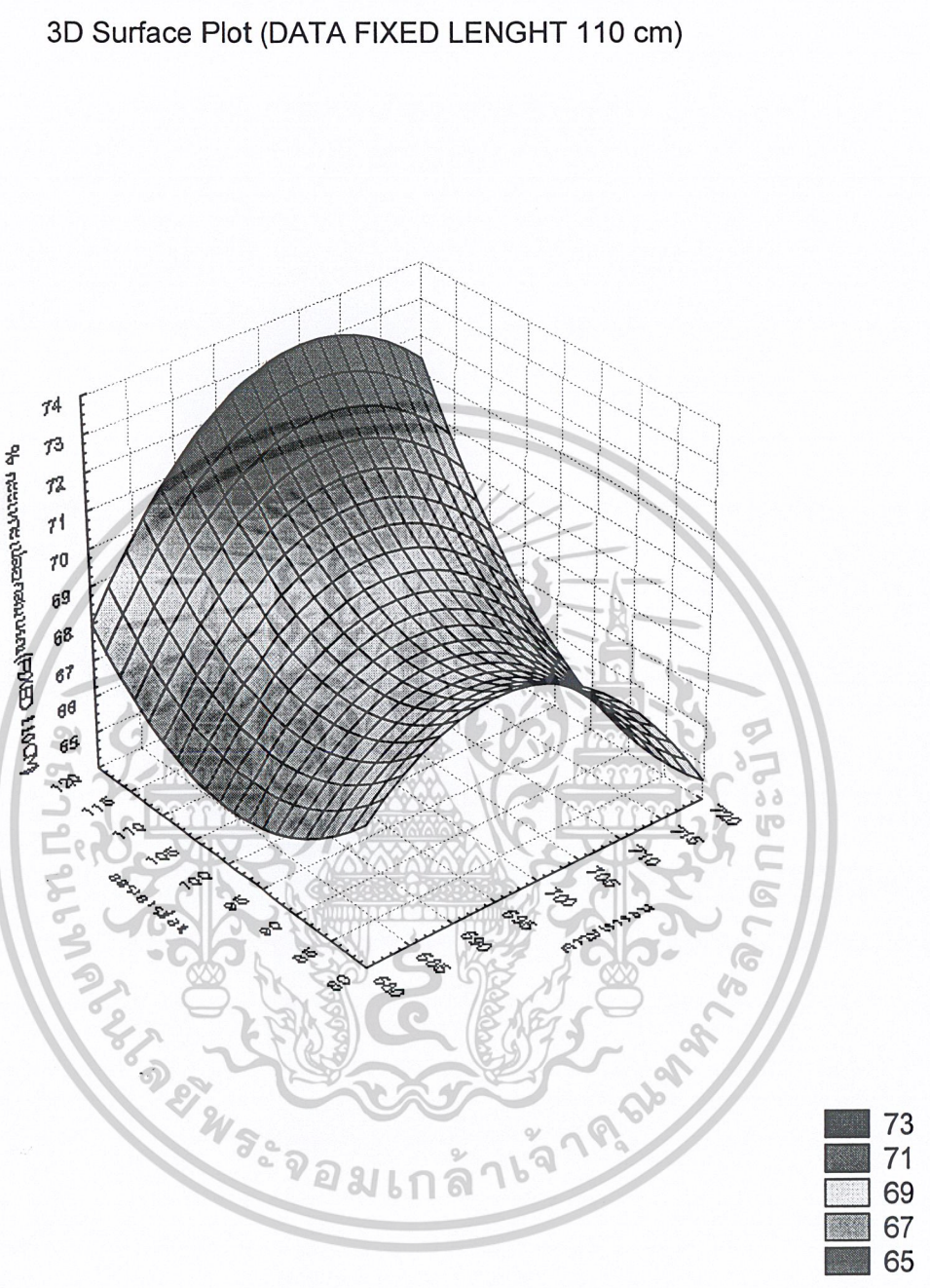
รูปที่ 5.10 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 90 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



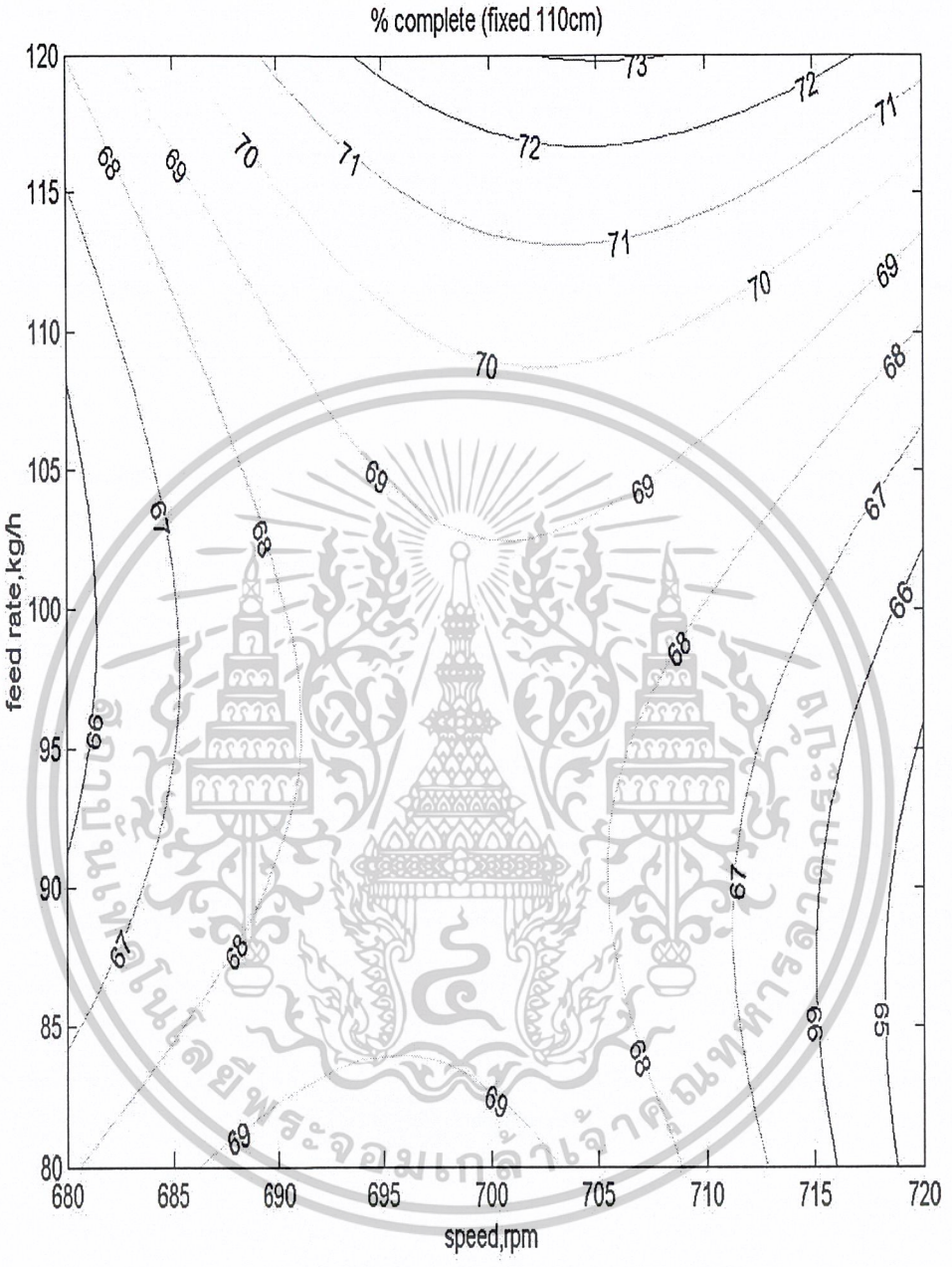
รูปที่ 5.11 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 90 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



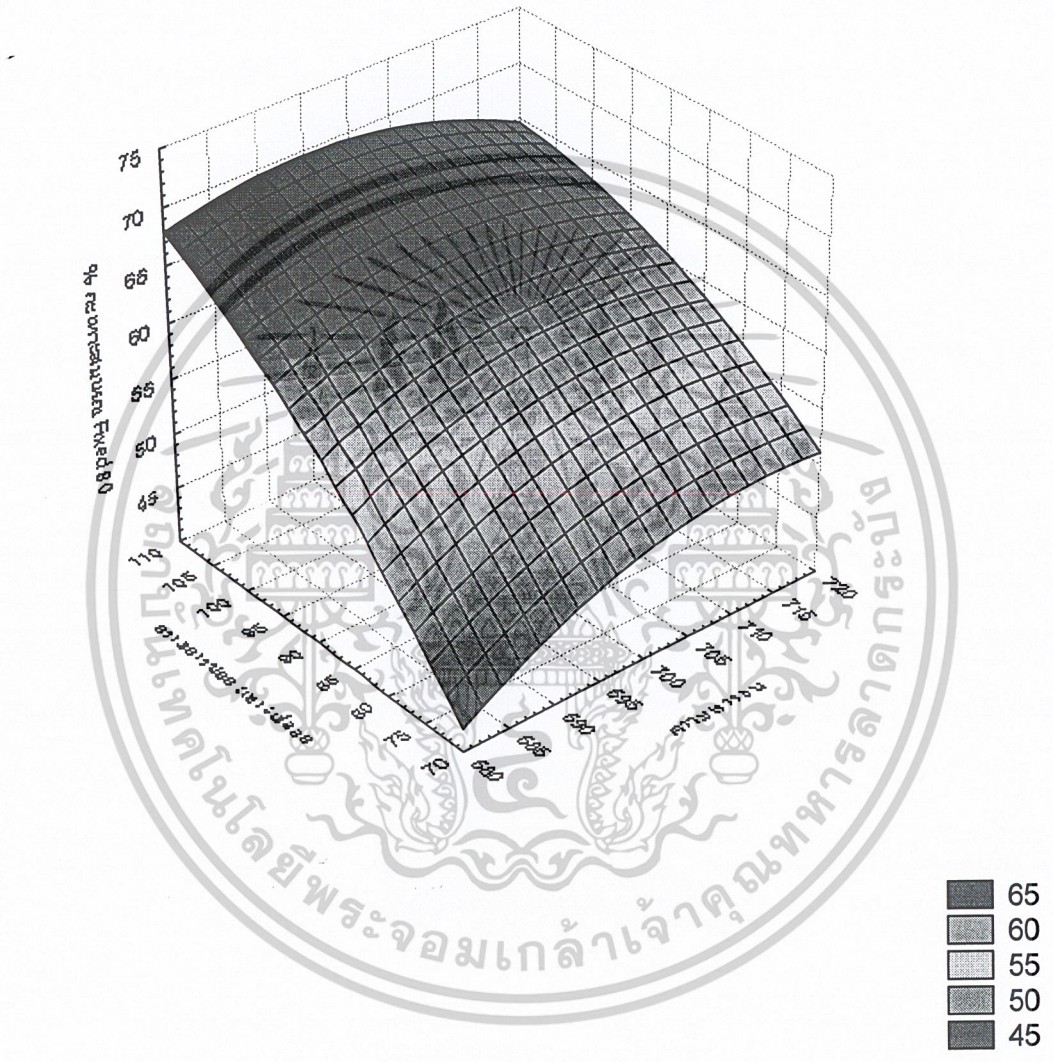
รูปที่ 5.12 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 110 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



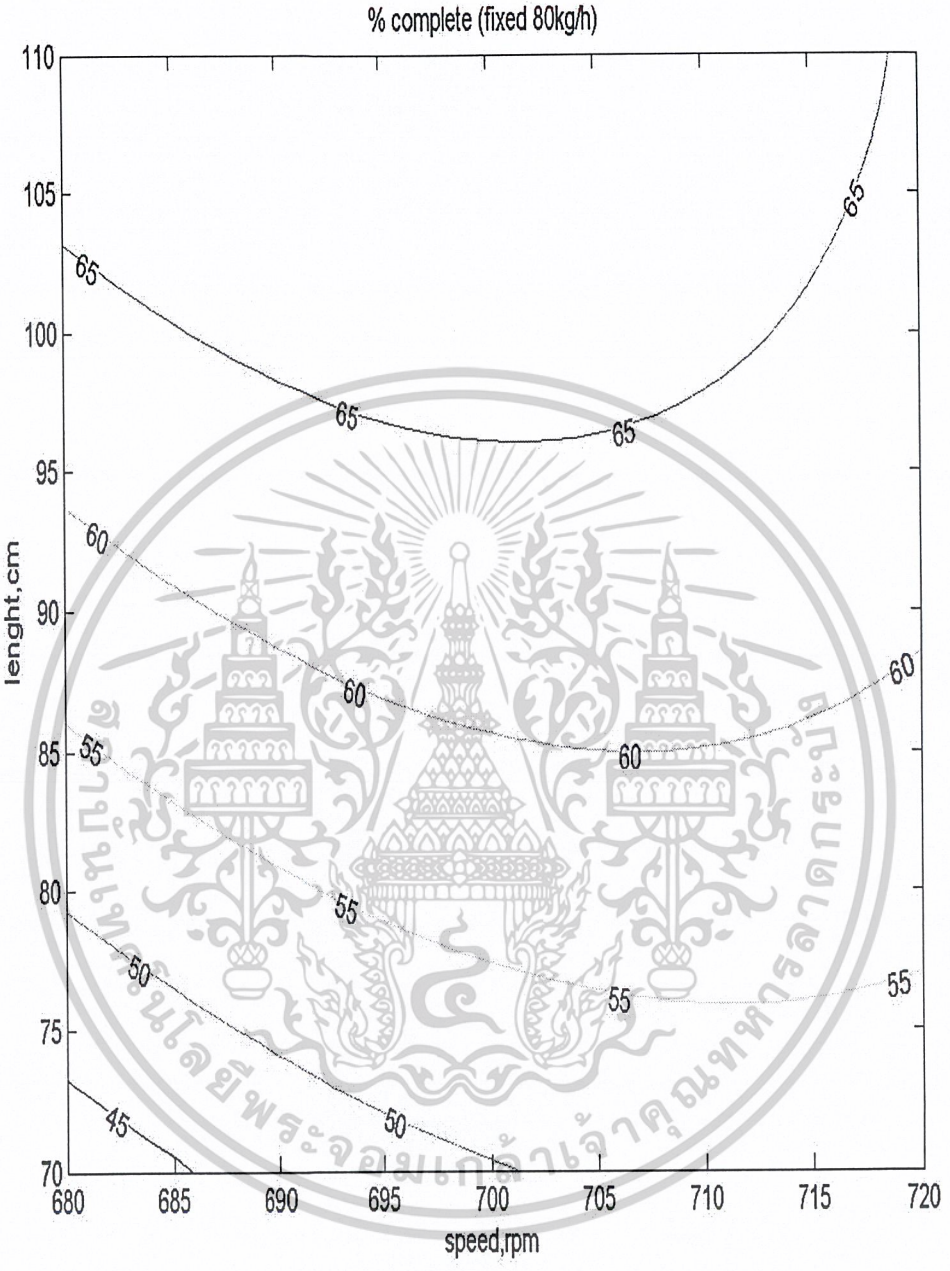
รูปที่ 5.13 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อนที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 110 cm.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



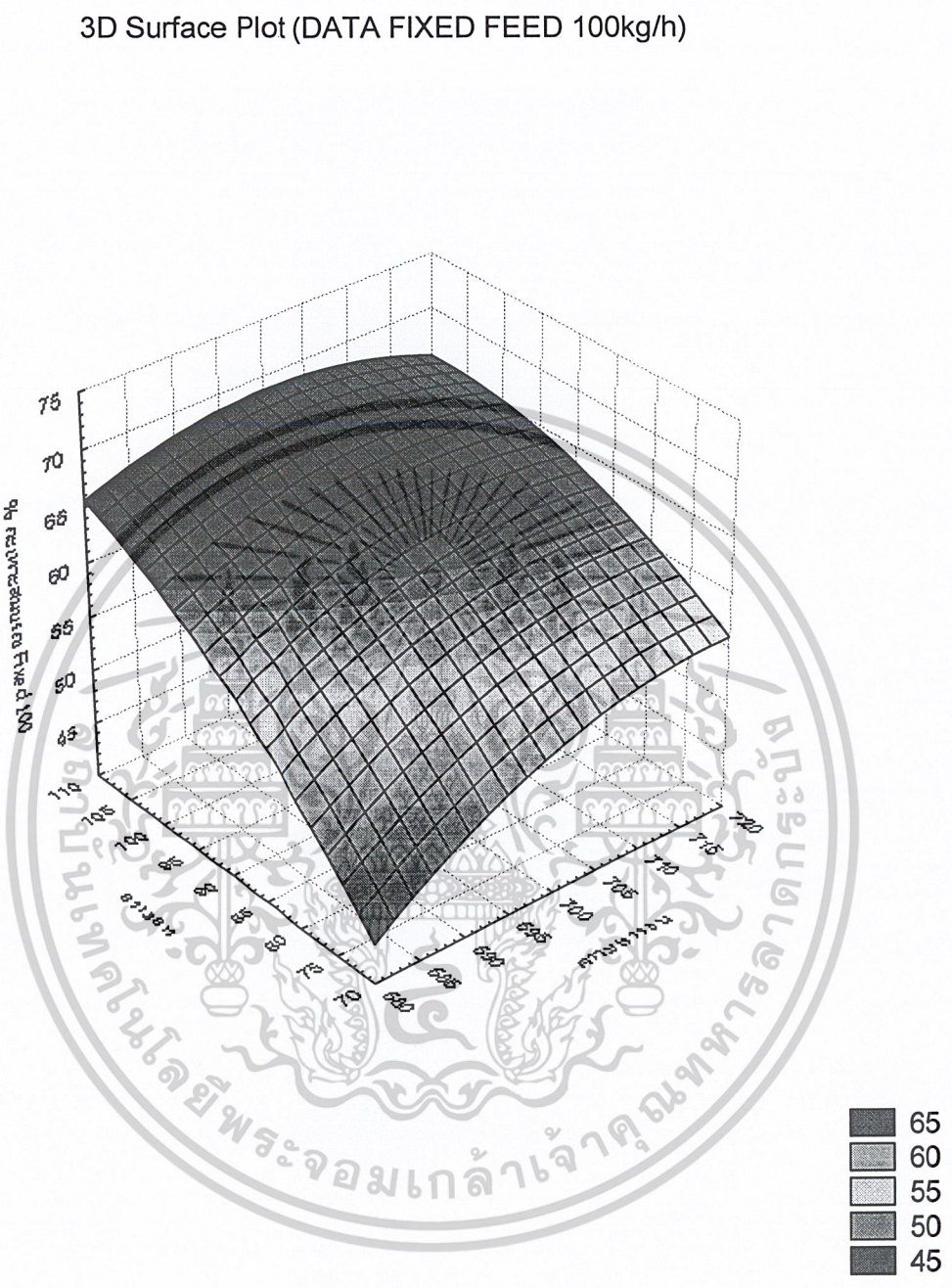
รูปที่ 5.14 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว ที่อัตราการป้อน 80 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



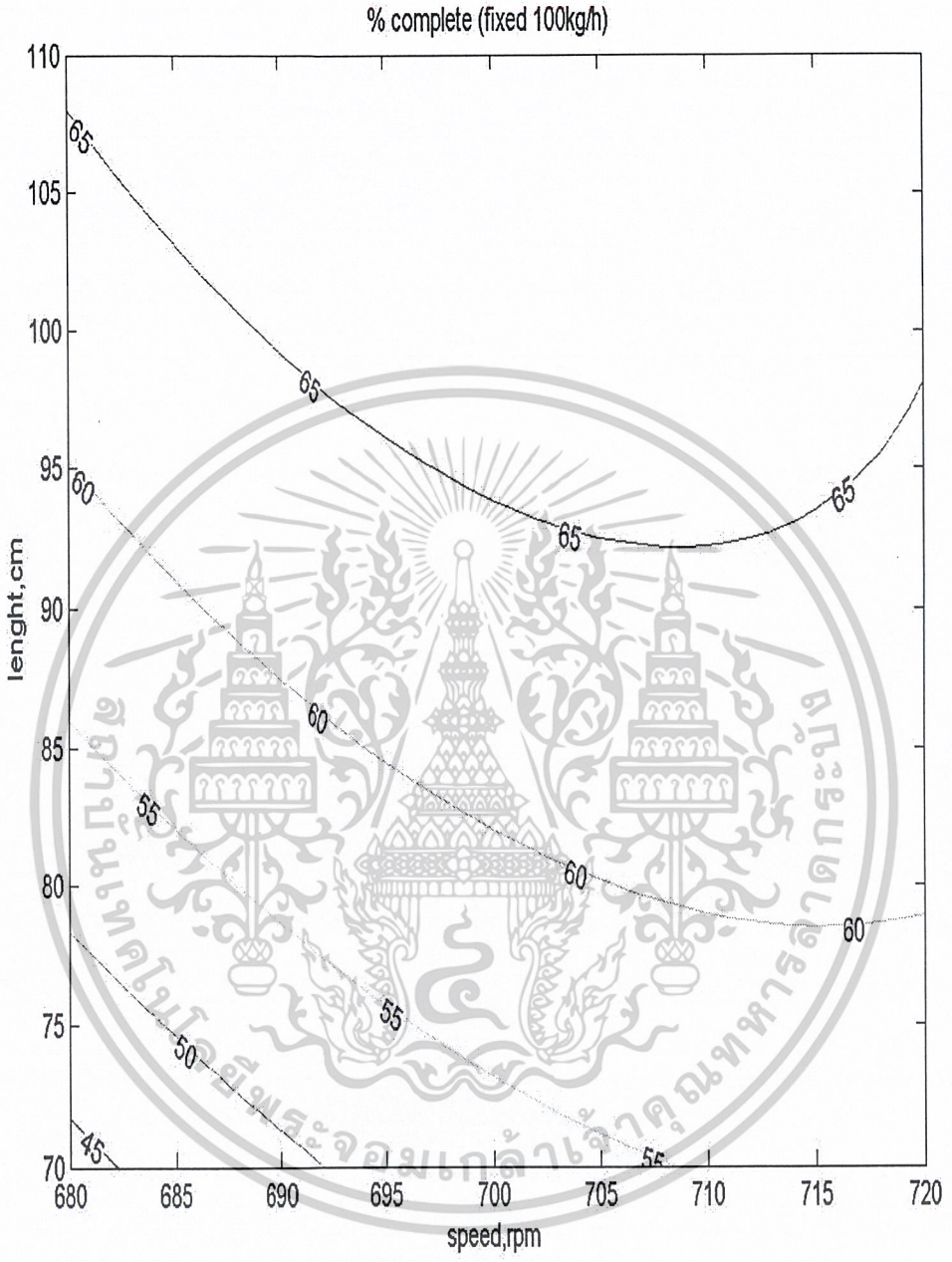
รูปที่ 5.15 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว ที่อัตราการป้อน 80 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



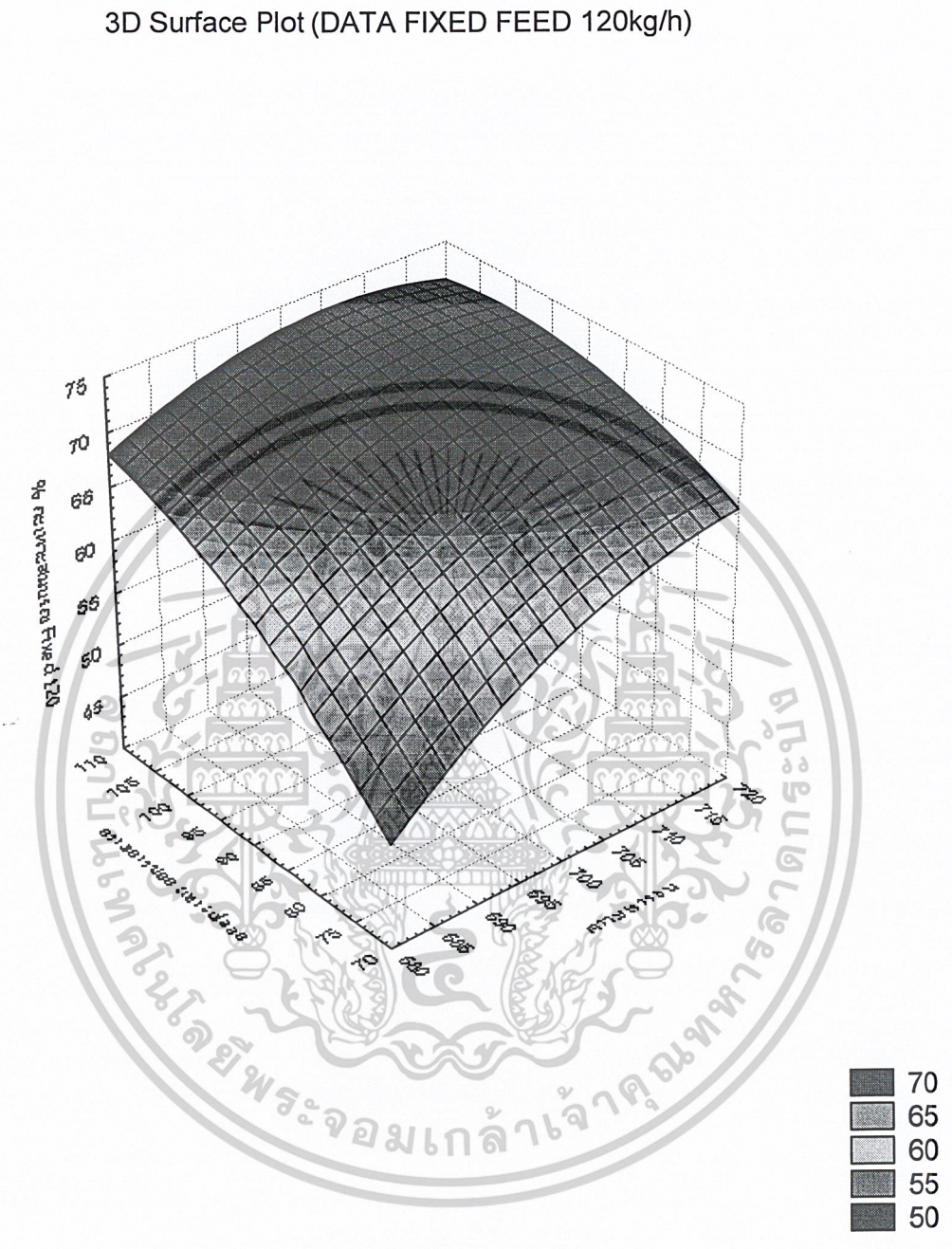
รูปที่ 5.16 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว ที่อัตราการป้อน 100 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



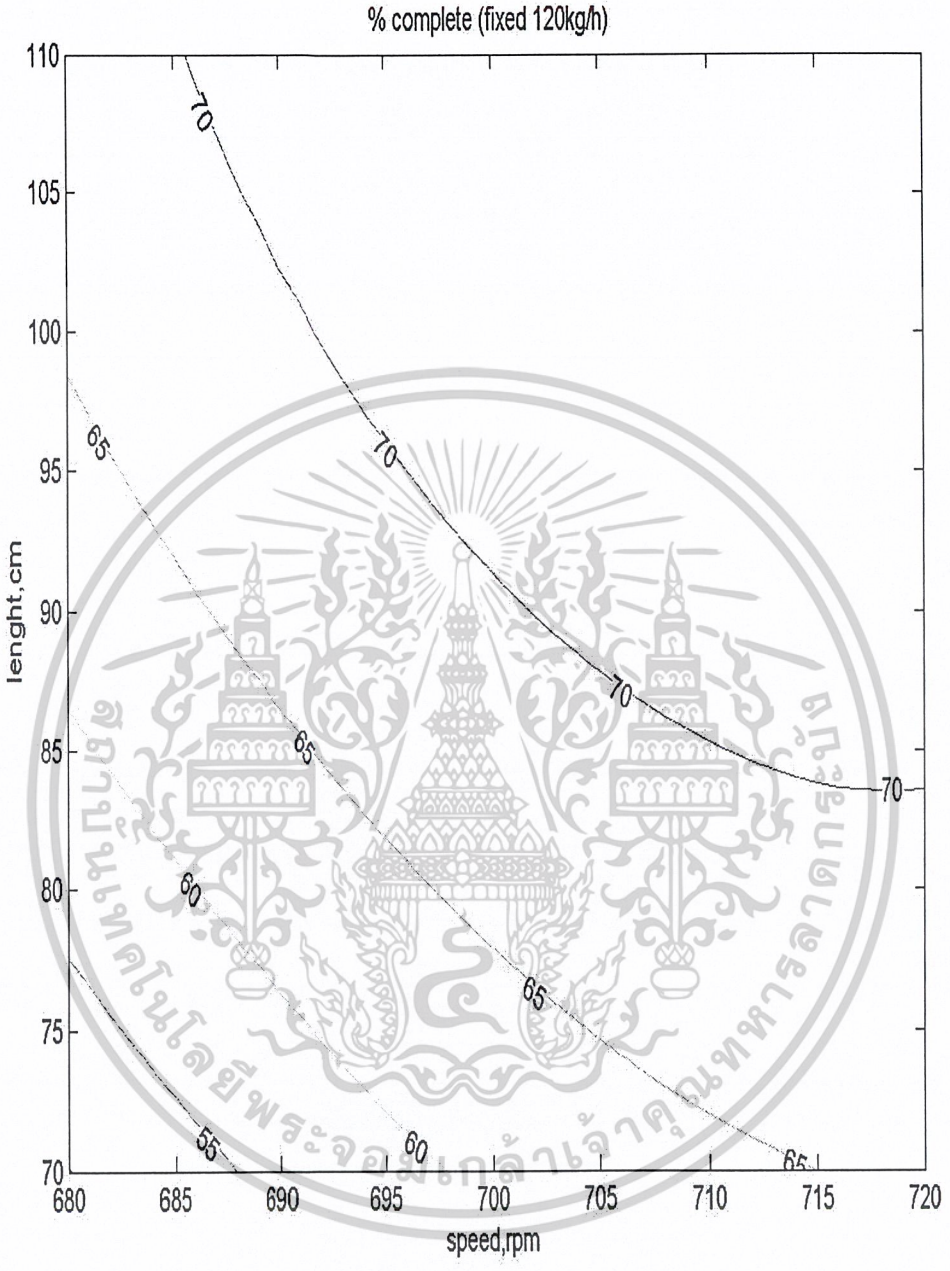
รูปที่ 5.17 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว ที่อัตราการป้อน 100 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาวที่อัตราการป้อน 120 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.19 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว ที่อัตราการป้อน 120 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

วิเคราะห์ผลการทดลอง

<u>เมื่อพิจารณาความเร็วรอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือก</u>

จากรูป 5.3 , 5.5 และ 5.7 Contour plot แสดงผลของอัตราการป้อนเม็ดพริกไทย (แกนยืน) ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก(แกนนอน) ต่อค่า เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ ที่ความเร็วรอบในการกะเทาะเท่ากับ 680 , 780 และ 720 rpm โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นแสดงค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ ที่ได้จากสภาวะที่ศึกษาต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 5.3 , 5.5 และ 5.7 เส้นกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อพิจารณาพบว่าความยาวของชุดกะเทาะเปลือกคงที่ ในขณะที่อัตราการป้อนเพิ่มขึ้นตามลำดับ ซึ่งจะเห็นได้ว่า เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเปลือกสมบูรณ์นั้นสูงขึ้นตามอัตราการป้อน ยกตัวอย่างเช่น รูปที่ 5.7 ที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกคงที่ เท่ากับ 75 cm และอัตราการป้อนค่อย ๆ เพิ่มขึ้นจาก 80 kg/h ไปจนถึง 120 kg/h เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์นั้นมีค่าเพิ่มขึ้นจาก 54 เปอร์เซ็นต์ เป็น 67 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ

ในทำนองเดียวกัน เมื่ออัตราการป้อนมีค่าคงที่ ในขณะที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลให้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์มีค่าเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ จนถึงจุด ๆ หนึ่งเท่านั้น ถึงแม้ว่าจะเพิ่มความยาวของชุดกะเทาะเปลือกแต่เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ก็จะคงที่แล้วมีแนวโน้มลดลงต่อไป ยกตัวอย่างเช่น ที่อัตราการป้อนคงที่ 95 kg/h (จากรูป 5.7) และความยาวชุดกะเทาะเปลือกเพิ่มขึ้นจาก 70 ไปจนถึง 105 cm. ที่ช่วงนี้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่พอถึงจุดที่มีการกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ประมาณ 65 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มความยาวของชุดกะเทาะเปลือกจาก 105 ไปจนถึง 110 cm. เส้นกราฟที่ได้ค่อนข้างเป็นเส้นตรงขนานกับแกนนอน ซึ่งแสดงว่าผลของการเปลี่ยนแปลงความยาวของชุดกะเทาะเปลือกจะมีผลน้อยมาก หรือแทบจะไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์เลย แต่เมื่อ เพิ่มความยาวของชุดกะเทาะเปลือกให้ยาวขึ้น คือตั้งแต่ 110 ไป จะเห็นถึงแนวโน้มที่จะทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ลดลง เนื่องจากกราฟที่ได้มีลักษณะเป็นกราฟอานม้า

<u>สำหรับการคัดเลือกสภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดแสดงได้ดังนี้</u>

จากการเปรียบเทียบ ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ความเร็วรอบ 680 , 700 และ 720 rpm จะเห็นว่า ที่ความเร็วรอบเท่ากับ 680 rpm จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์สูงสุดเท่ากับ 68 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะสามารถเลือกสภาวะได้ในช่วงอัตราการป้อน 80 ถึง 120 kg/h กับช่วงความยาวของชุดกะเทาะเปลือก 99-108 cm ในขณะที่กราฟของความเร็วรอบที่ 700 rpm จะให้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงอัตราการป้อน 109 ถึง 120 kg/h กับช่วงความยาวของชุดกะเทาะเปลือก 92-110 cm และเมื่อพิจารณาที่กราฟของความเร็วรอบที่ 720 rpm จะให้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดที่ 70 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงอัตราการป้อน 115 ถึง 120 kg/h กับช่วงความยาวของชุดกะเทาะเปลือก 84-110 cm

<u>จึงสรุปได้ว่า</u>

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสูงสุด(เปอร์เซ็นต์)	ความเร็วรอบที่ใช้ในการกะเทาะเปลือก (rpm)	ช่วงความยาวของชุดกะเทาะเปลือก(cm)	ช่วงอัตราการป้อน (kg/h)
65	680	99-108	80-120
70	700	92-110	109-120
70	720	84-110	115-120

จะเห็นได้ว่าสภาวะที่ให้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดนั้น มีค่าเท่ากัน 2 สภาวะคือ 70 เปอร์เซ็นต์ เมื่อพิจารณาในเรื่องของต้นทุน และพลังงานแล้ว จึงเลือกสภาวะบนเส้นกราฟ 70 เปอร์เซ็นต์ ที่ความเร็วรอบ 700 rpm เพื่อใช้ในการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

<u>เมื่อพิจารณาความยาวของชุดกะเทาะเปลือก</u>

จากรูปที่ 5.9 , 5.11 และ 5.13 Contour plot แสดงผลของอัตราการป้อนเม็ดพริกไทย(แกนยืน) ความเร็วรอบ(แกนนอน) ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ ที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกเท่ากับ 70 , 90 และ 110 cm. โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นแสดงค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ ที่ได้จากสภาวะที่ศึกษาต่าง ๆ กัน

จากรูป 5.13 เส้นกราฟที่ได้แสดงให้เห็นว่า เมื่อความเร็วรอบมีค่าคงที่ และอัตราการป้อนสูงขึ้นตามลำดับ ตอนแรกเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์จะลดลงในช่วงแรก ๆ ของการเพิ่มอัตราการป้อน แต่เมื่อถึงจุดหนึ่งที่เหมาะสม จะทำให้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์มีค่าสูงขึ้นในช่วงหลังของอัตราการป้อน ยกตัวอย่างเช่น ที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกคงที่เท่ากับ 110 cm. (รูปที่ 5.13) เมื่อความเร็วรอบมีค่าคงที่ เท่ากับ 705 rpm ในขณะที่อัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจาก 80 ถึง120 kg/h เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้จะมีค่า

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ลดลงจาก 69 เปอร์เซ็นต์ เป็น 68 เปอร์เซ็นต์ ที่อัตราการป้อน 80 ถึง 93 kg/h แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนจาก 93 kg/h ขึ้นไปจะทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะสมบูรณ์เพิ่มขึ้นจาก 68 เปอร์เซ็นต์ ไปเป็น 72 เปอร์เซ็นต์ ตามลำดับ แต่เมื่อพิจารณารูป 5.9 และ 5.11 เส้นกราฟที่แสดงแนวโน้มเดียวกันด้วย

เมื่ออัตราการป้อนมีค่าคงที่ ในขณะที่ความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ก็จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้มีค่าเพิ่มขึ้นจนถึงจุด ๆ หนึ่งเท่านั้น ถึงแม้จะเพิ่มความเร็วรอบ แต่เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ก็จะลดลงต่อไป ยกตัวอย่างเช่น ที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก 110 cm. (รูปที่ 5.13) ที่อัตราการป้อนคงที่ 95 kg/h ให้ช่วงความเร็วรอบเพิ่มขึ้นจาก 680 ถึง 695 rpm ที่ช่วงนี้เปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่กะเทาะได้จะเพิ่มขึ้นตามลำดับ แต่พอถึงจุดที่มีเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ประมาณ 68 เปอร์เซ็นต์ เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจาก 695 ถึง 705 rpm เส้นกราฟที่ได้ค่อนข้างเป็นเส้นตรงที่ขนานกับแกนนอน ซึ่งแสดงว่าผลของการเปลี่ยนแปลงความเร็วรอบจะมีผลน้อยมากหรือแทบไม่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์เลย แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบในการกะเทาะเปลือกจาก 705 ถึง 720 rpm จะทำให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ลดลง

<u>สำหรับการคัดเลือกสภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดแสดงได้ดังนี้</u>

เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ ที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 70 , 90 และ 110 cm. จะเห็นว่าที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกเท่ากับ 70 cm. จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงอัตราการป้อน 118 ถึง 120 kg/h กับความเร็วรอบที่ 715 ถึง 720 rpm

ในขณะที่กราฟของความยาวชุดกะเทาะเปลือก 90 cm. จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดเท่ากับ 68 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเร็วรอบ 708 ถึง 720 rpm และที่อัตราการป้อน 118 ถึง 120 kg/h

ในทำนองเดียวกันการพิจารณากราฟของความยาวของชุดกะเทาะเปลือก 110 cm. จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดเท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความเร็วรอบ 694 ถึง 717 rpm และ อัตราการป้อนในช่วง 117 ถึง 120 kg/h

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จึงสรุปได้ว่า

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	ความยาวชุดกะเทาะเปลือก (cm)	ช่วงความเร็วรอบ (rpm)	ช่วงอัตราการป้อน (kg/h)
65	70	715-720	118-120
68	90	708-720	118-120
72	110	694-717	117-120

จะเห็นได้ว่าสภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดนั้นมีค่าเท่ากับ 72 เปอร์เซ็นต์ แต่เมื่อพิจารณาถึงต้นทุน และพลังงานแล้ว จึงเลือกสภาวะที่ความยาวชุดกะเทาะเปลือก 110 cm. ที่ความเร็วรอบ 694-717 rpm และอัตราการป้อน 117-120 kg/h เพื่อใช้ในการกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทย

เมื่อพิจารณาอัตราการป้อนเม็ดพริกไทย

จากรูปที่ 5.15 , 5.17 และ 5.19 Contour plot แสดงผลของความยาวของชุดกะเทาะเปลือก (แกนยืน) ความเร็วรอบ(แกนนอน) ต่อค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสมบูรณ์ ที่อัตราการป้อนเมล็ดพริกไทยเท่ากับ 80 , 100 และ 120 kg/h. โดยเส้นกราฟแต่ละเส้นแสดงค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่ กะเทาะ เปลือกสมบูรณ์ ที่ได้จากสภาวะที่ศึกษาต่าง ๆ กัน

จากรูปที่ 5.19 จากเส้นกราฟจะแสดงให้เห็นว่า ผลของทั้งความยาวของชุดกะเทาะเปลือกที่เพิ่มขึ้นและผลของความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจะส่งผลให้เปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์มีค่าเพิ่มขึ้นเหมือนกัน แต่จากการสังเกตจะเห็นว่าที่อัตราการป้อนต่ำ ๆ นั้น ความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือกจะมีผลน้อยมากต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้ แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนขึ้น ผลของความเร็วรอบจะเพิ่มมากขึ้นเช่นกัน

สำหรับการคัดเลือกสภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดแสดงได้ดังนี้

เมื่อเปรียบเทียบค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ ที่อัตราการป้อน80 , 100 และ 120 kg/h. จะเห็นว่าที่อัตราการป้อน 80 kg/h จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ ดังนั้นจะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความยาวชุดกะเทาะเปลือก 97 ถึง 110 cm กับความเร็วรอบที่ 680 ถึง 719 rpm

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในขณะที่กราฟของอัตราการป้อน 100 kg/h. จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดเท่ากับ 65 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความยาวชุดกะเทาะเปลือก 93 ถึง 108 cm กับความเร็วรอบที่ 680 ถึง 720 rpm

ในทำนองเดียวกันการพิจารณากราฟของอัตราการป้อน 120 kg/h. จะให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดเท่ากับ 70 เปอร์เซ็นต์ ในที่นี้จะสามารถเลือกสภาวะที่เหมาะสมได้ในช่วงความยาวชุดกะเทาะเปลือก 84 ถึง 110 cm กับความเร็วรอบที่ 686 ถึง 720 rpm

จึงสรุปได้ว่า

เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยสูงสุด (เปอร์เซ็นต์)	ช่วงอัตราการป้อน (kg/h)	ช่วงความเร็วรอบ (rpm)	ความยาวชุดกะเทาะเปลือก (cm)
65	80	680-719	97-110
65	100	680-720	93-108
70	120	686-720	84-110

จะเห็นได้ว่าสภาวะที่ให้ค่าเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุดนั้นมีค่าเท่ากับ 70เปอร์เซ็นต์ เลือกสภาวะอัตราการป้อนที่ 120 kg/h ในการใช้จริงในการกะเทาะเม็ดพริกไทย

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
สรุปผลทดลอง

การนำ Response Surface Methodology มาใช้ในงานวิจัยนี้ทำให้สามารถศึกษาผลของความยาวของชุดกะเทาะเปลือก ความเร็วรอบและอัตราการป้อน ต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยได้อย่างมีประสิทธิภาพ ซึ่งสามารถสรุปได้ดังนี้

1. ในการศึกษานี้ได้ออกแบบการทดลองโดยใช้โปรแกรม Statgraphics และ Statistica โดยได้กำหนดตัวแปร 3 ตัว คือ X_1 คือ ความเร็วรอบ

X_2 คือ ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก

X_3 คือ อัตราการป้อน

พบว่าสมการแสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรที่ศึกษากับค่า R^2 และค่า Response แสดงได้ดังนี้ (Y_1 = เปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสมบูรณ์, Y_2 = เปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์, Y_3 = เปอร์เซ็นต์สูญเสีย)

$$Y_1 = -4199.9944+11.4877X_1+7.4889X_2-3.5045X_3 - 0.0077X_1X_2 + 0.0042X_1X_3 - 0.0048X_2X_3 - 0.0079X_1^2 - 0.0068X_2^2+0.0059X_3^2$$

R^2 = 84.8970 %

$$Y_2 = 3687.7094 -9.8702X_1-3.9944X_2+2.419X_3 + 0.003X_1X_2 - 0.003X_1X_3 + 0.0047X_2X_3 +0.0069X_1^2+0.0026X_2^2-0.0049X_3^2$$

R^2 = 96.045 เปอร์เซ็นต์

$$Y_3 = 560.7937-1.460X_1-3.5350X_2+1.045X_3 + 0.0047X_1X_2 - 0.0013X_1X_3 + 0.004X_2X_3 +0.0009X_1^2+0.0043X_2^2-0.0009X_3^2$$

R^2 = 99.38 เปอร์เซ็นต์

2. เมื่อวิเคราะห์ผลการทดลองจากกราฟที่ได้ด้วยวิธี Response Surface สรุปได้ว่า

2.1 ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ มีดังนี้

2.1.1 เมื่อพิจารณาที่ความเร็วรอบคงที่ ที่ค่าต่าง ๆ คือ 680,700 และ 720 รอบต่อนาที เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์มีค่า เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงขึ้นจนถึงความเร็วรอบหนึ่งที่ให้ค่า เปอร์เซ็นต์ การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงสุด หลังจากนี้เมื่อเพิ่มความเร็ว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รอบจะทำให้ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ลดลงทั้งนี้อาจเกิดจากความเร็วรอบที่สูงขึ้นทำให้ เปอร์เซ็นต์แตกหักของเม็ดพริกไทยสูงขึ้นด้วย โดยค่า เปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ที่ได้ในแต่ละความเร็วรอบนี้เป็นผลมาจากอัตราการป้อนและความยาวชุดกะเทาะเปลือกร่วมด้วย

2.1.2 ที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกคงที่ที่ค่าต่าง ๆ คือ 70,90 และ 110 เซนติเมตร ตามลำดับ เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์มีค่า เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์สูงขึ้นตามความยาวของชุดกะเทาะเปลือกที่เพิ่มขึ้นแต่ก็ต้องเหมาะสมกับความเร็วรอบที่ใช้ด้วยเนื่องจากถ้าความยาวของชุดกะเทาะเปลือกมากจะทำให้พริกไทยโดนกะเทาะในเวลาที่นานแต่ถ้าความยาวชุดกะเทาะเปลือกสั้นแต่ความเร็วรอบสูงมาก ๆ จะทำให้ เปอร์เซ็นต์แตกหักสูงขึ้นด้วย ถึงแม้จะโดนกะเทาะในเวลาสั้น ๆ ก็ตาม โดย เปอร์เซ็นต์กะเทาะสมบูรณ์ที่ได้ในแต่ละความยาวของชุดกะเทาะเปลือกนั้น นอกจากจะเป็นผลมาจากความยาวของชุดกะเทาะเปลือกแล้วยังเป็นผลมาจากความเร็วรอบและอัตราการป้อนรวมอยู่ด้วย

2.1.3 เมื่อพิจารณาที่อัตราการป้อนคงที่ที่ค่าต่าง ๆ คือ 80,100 และ 120 กิโลกรัมต่อชั่วโมง จะพบว่า เปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกสมบูรณ์จะเพิ่มขึ้นเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มมากขึ้น โดยที่อัตราการป้อน 80 กิโลกรัมต่อชั่วโมงนั้น ค่าความเร็วรอบของชุดกะเทาะเปลือกจะมีผลน้อยต่อค่า เปอร์เซ็นต์ที่ได้แต่จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์เพิ่มมากขึ้นเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มมากขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดจากเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มมากขึ้นทำให้มีความเสียดทานสูงขึ้นเมื่อกะเทาะเม็ดพริกไทย

2.2 ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์ มีดังนี้

2.2.1 ผลของความเร็วรอบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์ จากการทดลองพบว่าที่ความเร็วรอบต่ำ ๆ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์สูง แต่เมื่อเพิ่มความเร็วรอบจะทำให้มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงเปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์ต่ำลง โดยเมื่อพิจารณาที่อัตราการป้อนหนึ่ง ๆ ความเร็วรอบที่เพิ่มขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์กะเทาะไม่สมบูรณ์ลดลง และที่ความยาวของชุดกะเทาะเปลือกหนึ่ง ๆ ความเร็วรอบที่สูงขึ้นจะทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์ลดลง

2.2.2 ผลของความยาวของชุดกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์จากการทดลองพบว่า ที่ความยาวต่ำ ๆ จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์สูง แต่เปอร์เซ็นต์จะลดลงเมื่อมีการเพิ่มอัตราการป้อนหรือความเร็วรอบเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเกิดเนื่องจากที่ความยาวต่ำจะทำให้ใช้เวลาในการกะเทาะเปลือกน้อย แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนหรือความเร็วรอบจะทำให้เกิดการเสียดสีระหว่างเม็ดพริกไทยเอง หรือมีผลของความเร็วที่ใช้ในการกะเทาะเม็ดพริกไทยเพิ่มขึ้นจึงเป็นสาเหตุทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์ลดลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.3 ผลของอัตราการป้อนที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์ จากการทดลองพบว่าอัตราการป้อนต่ำ ๆ จะมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์สูง แต่เมื่อเพิ่มอัตราการป้อนมากขึ้นส่งผลให้เปอร์เซ็นต์การกะเทาะไม่สมบูรณ์ลดลง ซึ่งอาจเนื่องมาจากเกิดการเสียดสีของเม็ดพริกไทยด้วยกันเองมากขึ้น

2.3 ปัจจัยที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสีย มีดังนี้

2.3.1 ผลของความเร็วรอบที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการทดลองพบว่าเมื่อความเร็วรอบมากขึ้นมีผลให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากความเร็วรอบมากขึ้น ทำให้มีแรงเสียดทานระหว่างเม็ดพริกไทยกับสายพานมากขึ้นทำให้เม็ดพริกไทยแตก

2.3.2 ผลของความยาวของชุดกะเทาะเปลือกที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการทดลองพบว่าเมื่อความยาวของชุดกะเทาะเปลือกมากขึ้นมีผลทำให้เปอร์เซ็นต์การสูญเสียเพิ่มขึ้น ทั้งนี้อาจเนื่องจากระยะเวลาที่ใช้ในการกะเทาะเปลือกนานขึ้นทำให้เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกออกหมดแล้วจะมีความร้อนอยู่ในตัว เมื่อโดนกะเทาะซ้ำอีกทำให้เม็ดพริกไทยแตก

2.3.3 ผลของอัตราการป้อนที่มีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียจากการทดลองพบว่าเมื่ออัตราการป้อนเพิ่มขึ้นจะมีผลต่อเปอร์เซ็นต์การสูญเสียน้อยมาก ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเมื่อเพิ่มอัตราการป้อนไม่ได้เพิ่มความเสียดทานมากจนถึงขนาดที่ทำให้พริกไทยแตกหักได้

ข้อเสนอแนะสำหรับผู้ทำการทดลองต่อไป

1. จากข้อมูลที่ได้ควรนำจุดที่เหมาะสมไปสร้างและทดสอบให้ปริมาณการทดสอบมีปริมาณครั้งละ 100 กิโลกรัม เพื่อให้ทราบค่าที่เป็นจริง
2. เครื่องที่ออกแบบและสร้างใหม่ควรมีชุดคัดแยกเม็ดพริกไทยที่ไม่กะเทาะหรือกะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์ให้นำกลับมากะเทาะใหม่
3. จากการทดลองนี้เราได้ศึกษาความเร็วรอบ ความยาวของชุดกะเทาะเปลือก อัตราการป้อน แต่เรายังไม่ได้ศึกษาถึงผลของขนาดของรูตะแกรง กับ ช่องว่างระหว่างตะแกรงกับตัวขัด ซึ่งถ้ามีการศึกษาเพิ่มเติมอาจทำให้พบว่าเราจะต้องปรับปรุงลักษณะของตัวเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทยอย่างไรเพื่อเพิ่ม%เม็ดพริกไทยที่กะเทาะเปลือกสมบูรณ์ให้สูงขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เอกสารอ้างอิง

1. คำนึง คำอุดม,2531, “สวนพริกไทย” ,หน้า 16

2. ฆริกา เอกนนท์ และทรงนคร สุขน่วม ,2539, “ การศึกษาตัวแปรที่มีผลต่อการปอกเปลือกฝรั่งด้วยวิธี Lye peeling” ปริญญานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

3. ดวงฤดี กรแก้ว และสุกัญญา กุนะ ,2537, “การทดลองและการพัฒนาเครื่องลอกเปลือกพริกไทย” ปริญญานิพนธ์คณะวิศวกรรมศาสตร์ สจล.

4. ทรงศิริ แต้สมบัติ ,2542, “การวิเคราะห์การถดถอย” ,หน้า 61-93

5. นิรนาม,2531, “ภาพสีชุดพริกไทย” ,โดยกลุ่มรักเกษตร,หน้า 27-29

6. นิรนาม,2546, สำนักงานเศรษฐกิจการเกษตร โดยความร่วมมือของ กรมศุลกากร

7. ปารเมศ ชุติมา ,2545, “การออกแบบการทดลองทางวิศวกรรม” สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ,หน้า 419-501

8. วิชิต หล่อจีระชุณห์กุล และคณะ ,2539, “เทคนิคการพยากร” หน้า 181-200

9. วิทยา เพียรวิจิตร และคณะ,2524,โอเดียนสโตร์, “วัสดุก่อสร้าง(Material Of Construction)” พิมพ์ครั้งที่ 2

10. สาทิป รัตนภาสกร และพิมพ์เพ็ญ พรเฉลิมพงศ์,2538, “ชุดเครื่องมือแปรรูปพริกไทยขาว รายงานฉบับสมบูรณ์เสนอต่อสำนักงานส่งเสริมและถ่ายทอดเทคโนโลยีกระทรวงวิทยาศาสตร์-เทคโนโลยีและสิ่งแวดล้อม”

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก

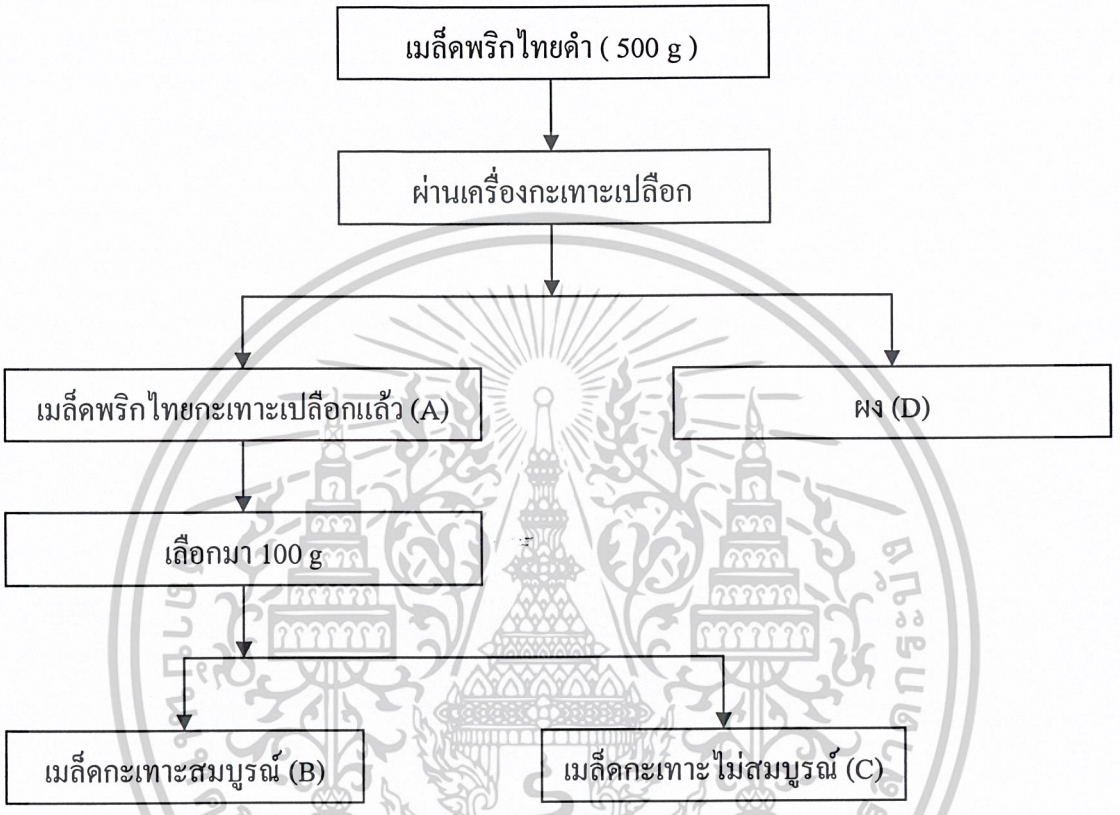
1. ผลการทดลอง

น้ำหนักของเม็ดพริกไทยที่ผ่านการกะเทาะเปลือกและผงที่ออกจากเครื่องกะเทาะเปลือกพริกไทย

การทดลองที่	เม็ด	ผง
1	432	68
2	325	175
3	421	79
4	276	224
5	397	103
6	383	117
7	360	140
8	356	144
9	423	77
10	427	73
11	309	191
12	310	190
13	378	122
14	377	123
15	367	133

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2. ตัวอย่างการคำนวณเปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์ เปอร์เซ็นต์เม็ดกะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์เปอร์เซ็นต์สูญเสีย



$$\% \text{ เม็ดกะเทาะเปลือกสมบูรณ์} = \left(\frac{\left(\frac{B}{100} \times A \right)}{500} \right) \times 100$$

$$\% \text{ เม็ดกะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์} = \left(\frac{\left(\frac{C}{100} \times A \right)}{500} \right) \times 100$$

$$\% \text{ สูญเสีย} = \left(\frac{D}{500} \right) \times 100$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3. การวิเคราะห์ผลการทดลองโดยวิธีการหาสมการถดถอยของตัวแปรหลายตัวซึ่งในที่นี้ คือ ความเร็วรอบ ความยาวชุดกะเทาะเปลือก และอัตราการป้อน

3.1 การวิเคราะห์สมการถดถอยของตัวแปรหลายตัวสำหรับเปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสมบูรณ์

Multiple Regression Analysis

Dependent variable : เปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกสมบูรณ์				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Constant	-4199.99	3335.17	-1.25931	0.2635
X_1	11.4877	9.38336	1.22426	0.2754
X_2	7.48887	4.6912	1.59637	0.1713
X_3	-3.50449	4.71887	-0.742654	0.4911
X_1X_2	-0.0077275	0.00641188	-1.20518	0.2821
X_1X_3	0.0042075	0.00641188	0.656203	0.5407
X_2X_3	-0.0048225	0.00641188	-0.752119	0.4859
X_1^2	-0.00793042	0.0066737	-1.18831	0.2881
X_2^2	-0.00683042	0.0066737	-1.02348	0.3530
X_3^2	0.00590958	0.0066737	0.885503	0.4164

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	739.521	9	82.169	3.12	0.1114
Residual	131.559	5	26.3118		
Total (Corr.)	871.08	14			

R-squared = 84.8970 percent

R-squared (adjust for d.f.) = 57.7116 percent

Standard Error of Est. = 5.12951

Mean absolute error = 2.49218

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.2 การวิเคราะห์สมการถดถอยของตัวแปรหลายตัวสำหรับเปอร์เซ็นต์กะเทาะเปลือกไม่สมบูรณ์

Multiple Regression Analysis

Dependent variable : เปอร์เซ็นต์กะเทาะไม่เปลือกสมบูรณ์				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Constant	3687.71	3459.42	1.06599	0.3352
X_1	-9.87016	9.73292	-1.0141	0.3571
X_2	-3.99438	4.86597	-0.820088	0.4491
X_3	2.41899	4.89467	0.494209	0.6421
X_1X_2	0.0029775	0.00665075	0.447694	0.6731
X_1X_3	-0.0029575	0.00665075	-0.444687	0.6751
X_2X_3	0.0046725	0.00665075	0.702552	0.5137
X_1^2	0.00688042	0.00692232	0.993946	0.3659
X_2^2	0.00263042	0.00692232	0.37999	0.7196
X_3^2	-0.00485958	0.00692232	-0.702016	0.5140

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	3438.05	9	382.005	13.49	0.0052
Residual	141.544	5	28.3088		
Total (Corr.)	3579.59	14			

R-squared = 96.0458 percent

R-squared (adjust for d.f.) = 88.9282 percent

Standard Error of Est. = 5.3206

Mean absolute error = 2.33058

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.3 การวิเคราะห์สมการถดถอยของตัวแปรหลายตัวสำหรับเปอร์เซ็นต์สูญเสีย

Multiple Regression Analysis

Dependent variable : เปอร์เซ็นต์สูญเสีย				
Parameter	Estimate	Standard Error	T Statistic	P-Value
Constant	560.794	816.762	0.686606	0.5229
X_1	-1.46	2.29793	-0.635355	0.5531
X_2	-3.535	1.14885	-3.077	0.0276
X_3	1.045	1.15562	0.904274	0.4073
X_1X_2	0.00475	0.00157023	3.02503	0.0292
X_1X_3	-0.00125	0.00157023	-0.796061	0.4621
X_2X_3	0.000375	0.00157023	0.238818	0.8207
X_1^2	0.0009375	0.00163435	0.573623	0.5911
X_2^2	0.0043125	0.00163435	2.63867	0.0461
X_3^2	-0.0009375	0.00163435	-0.573623	0.5911

Analysis of Variance

Source	Sum of Squares	Df	Mean Square	F-Ratio	P-Value
Model	1271.93	9	141.326	89.56	0.0001
Residual	7.89	5	1.578		
Total (Corr.)	1279.82	14			

R-squared = 99.3835 percent

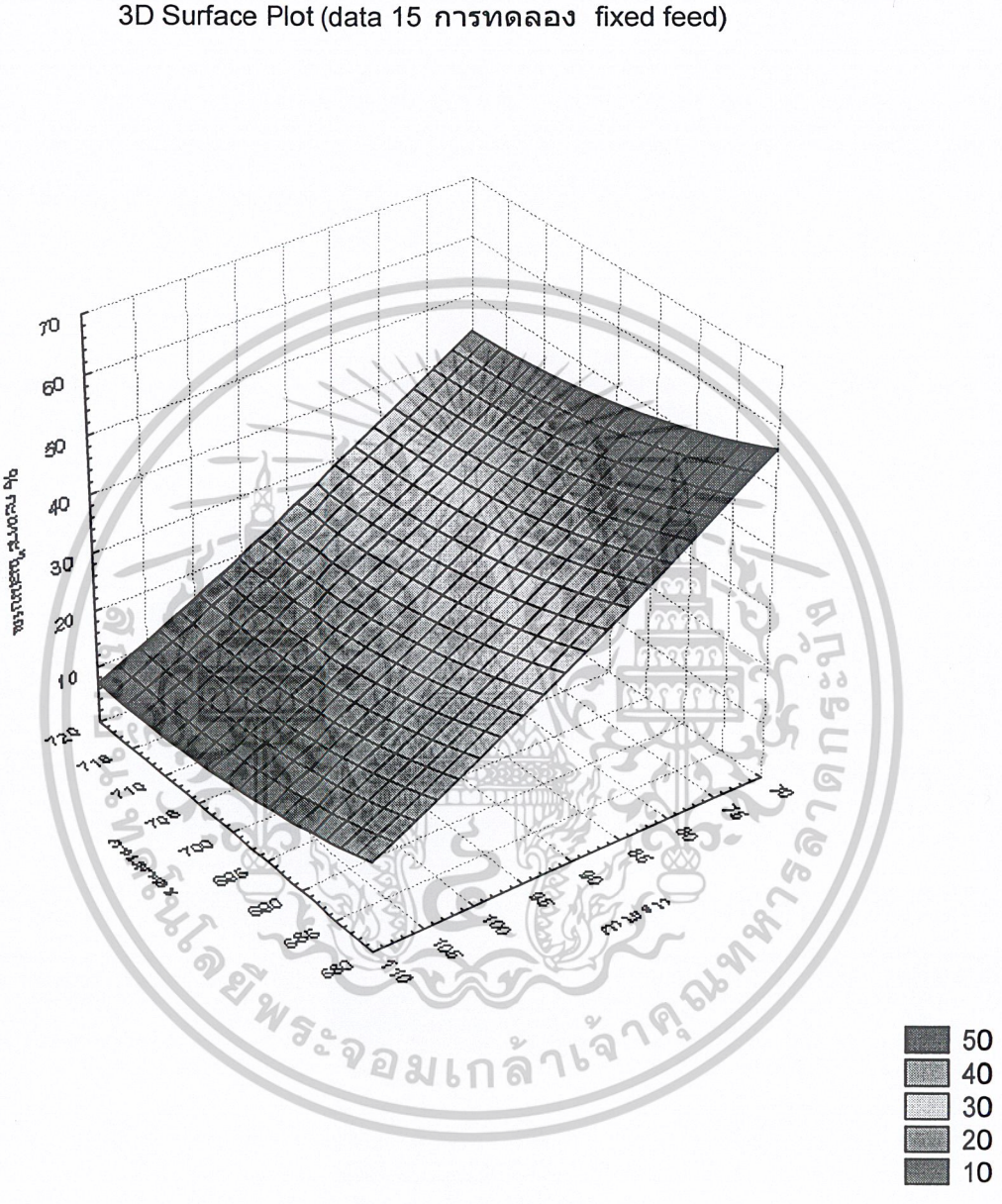
R-squared (adjust for d.f.) = 98.2738 percent

Standard Error of Est. = 1.25618

Mean absolute error = 1.96332

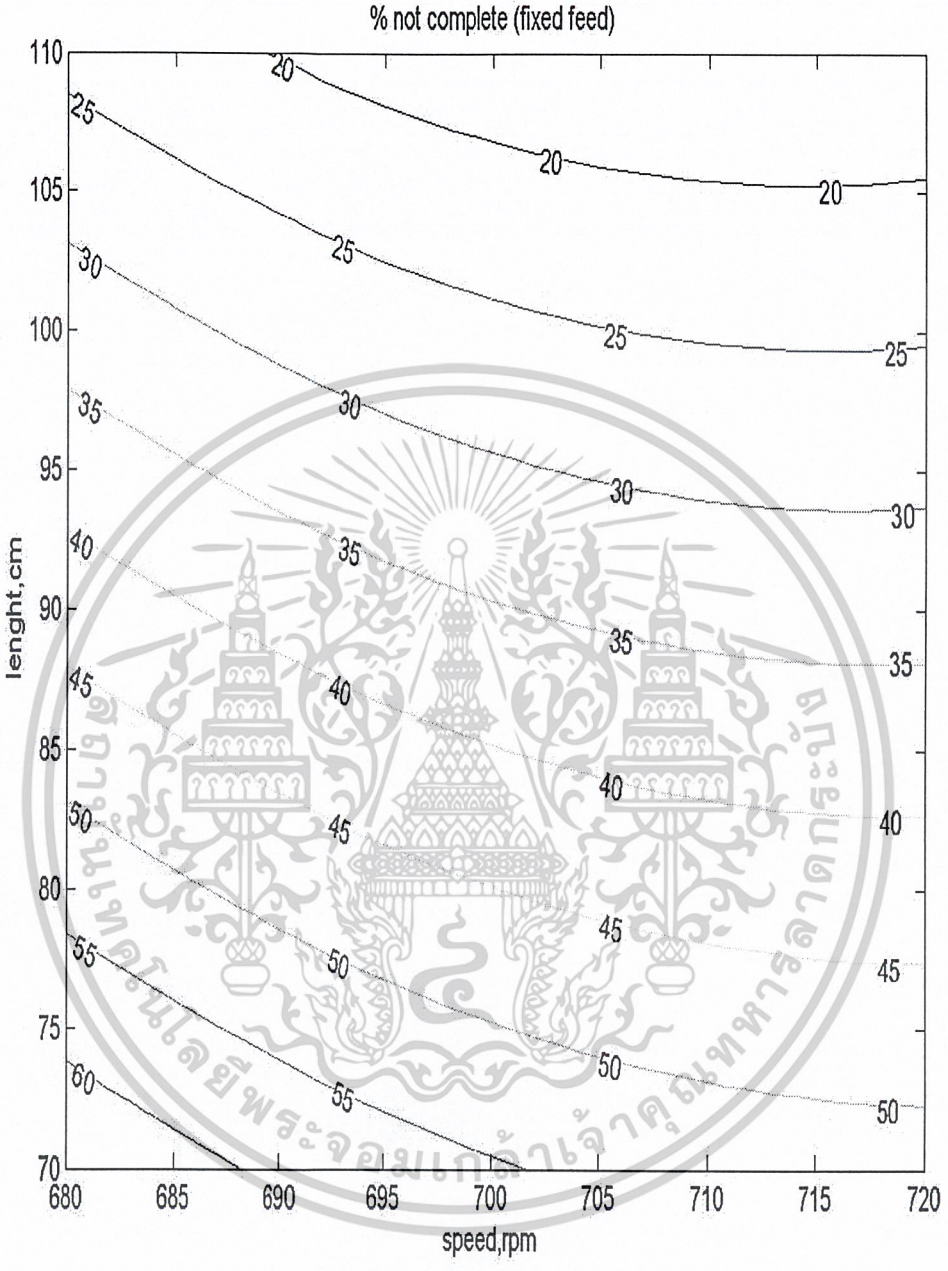
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

4. กราฟ response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์



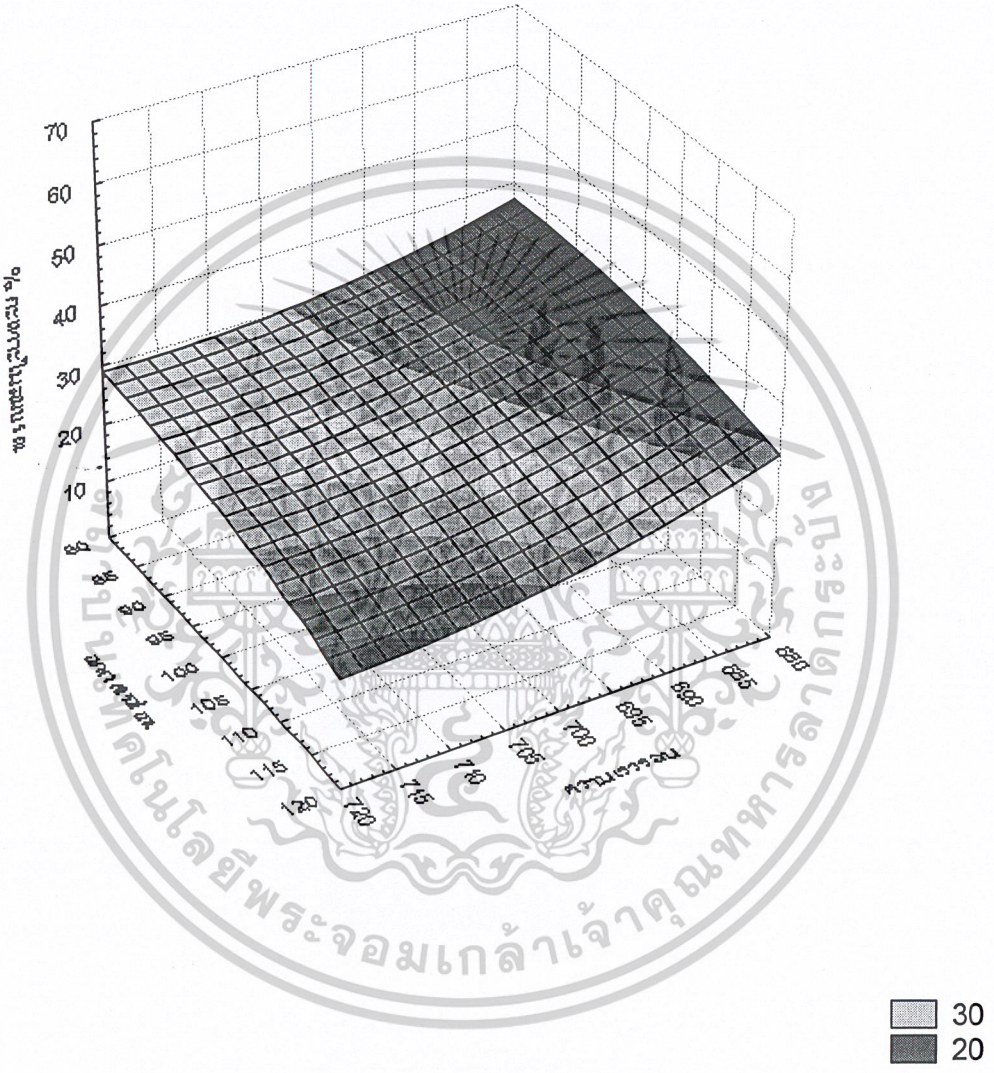
รูปที่ 1 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



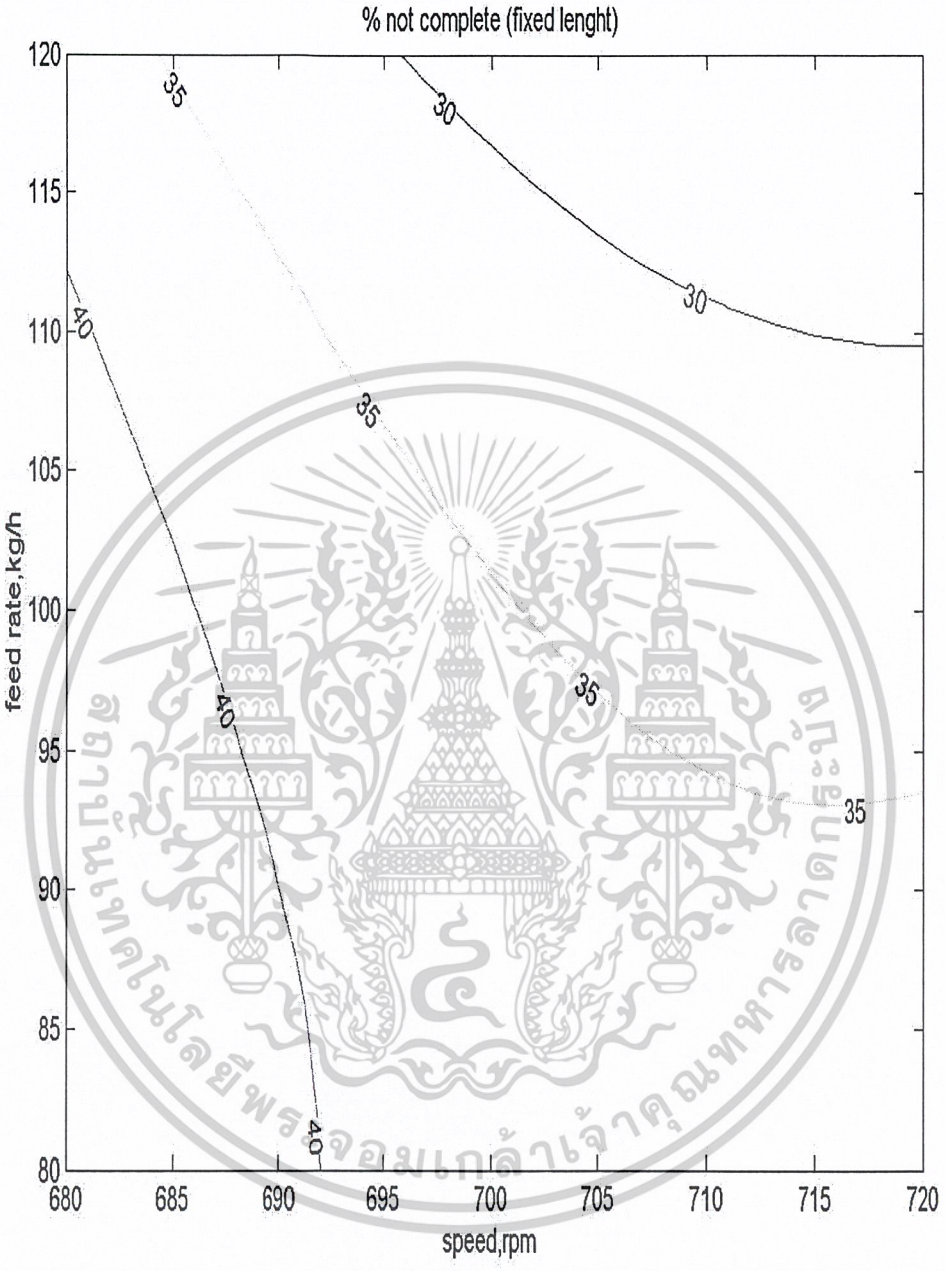
รูปที่ 2 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



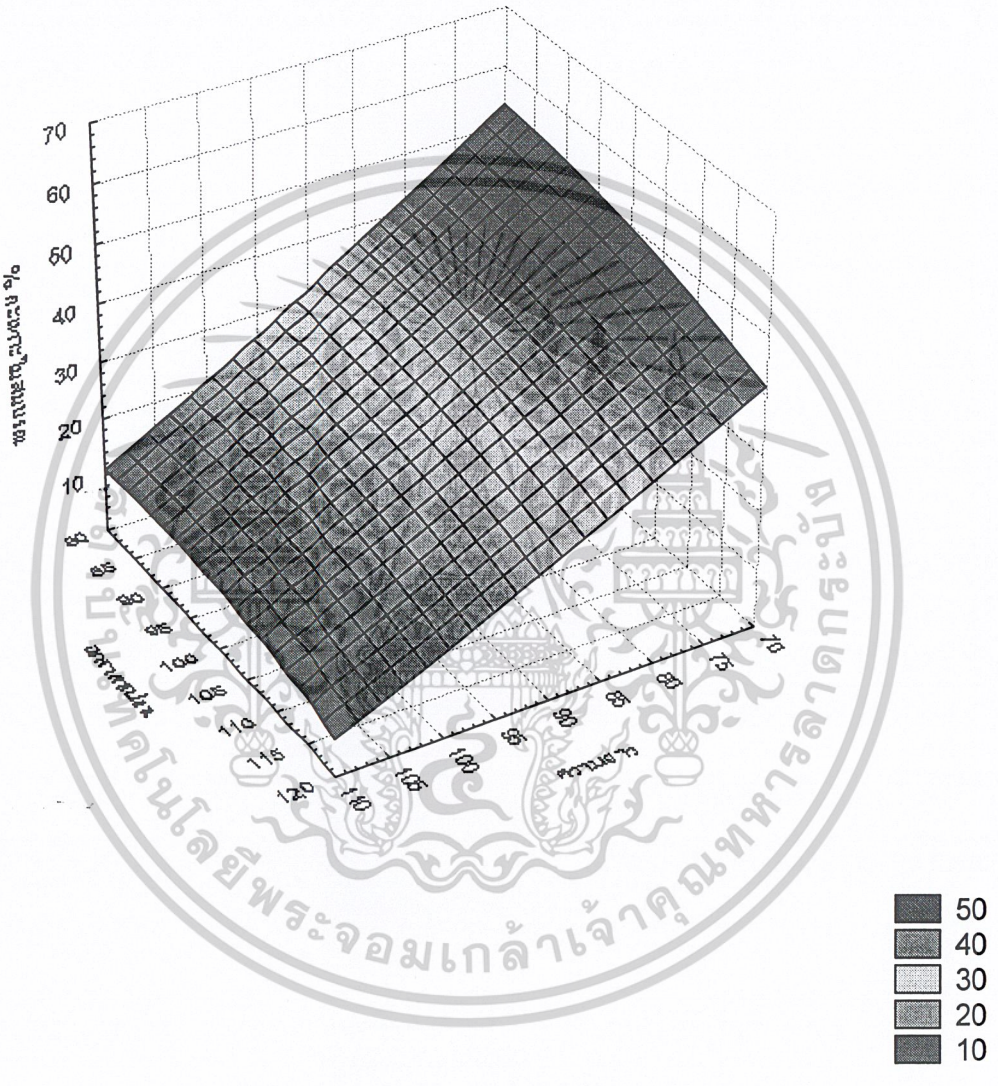
รูปที่ 3 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



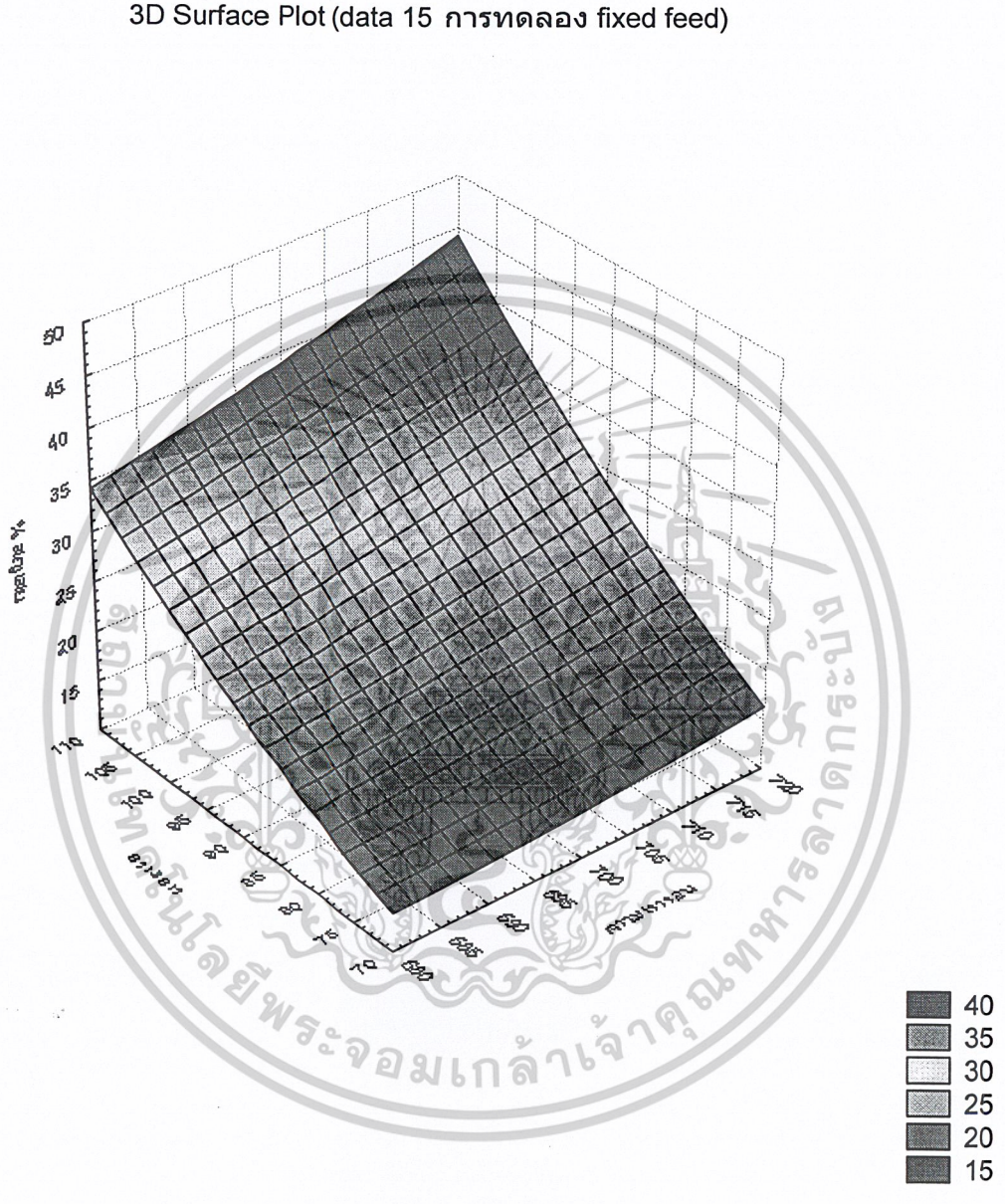
รูปที่ 5 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์ สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 6 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์การกะเทาะเปลือกเม็ดพริกไทยไม่สมบูรณ์สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน

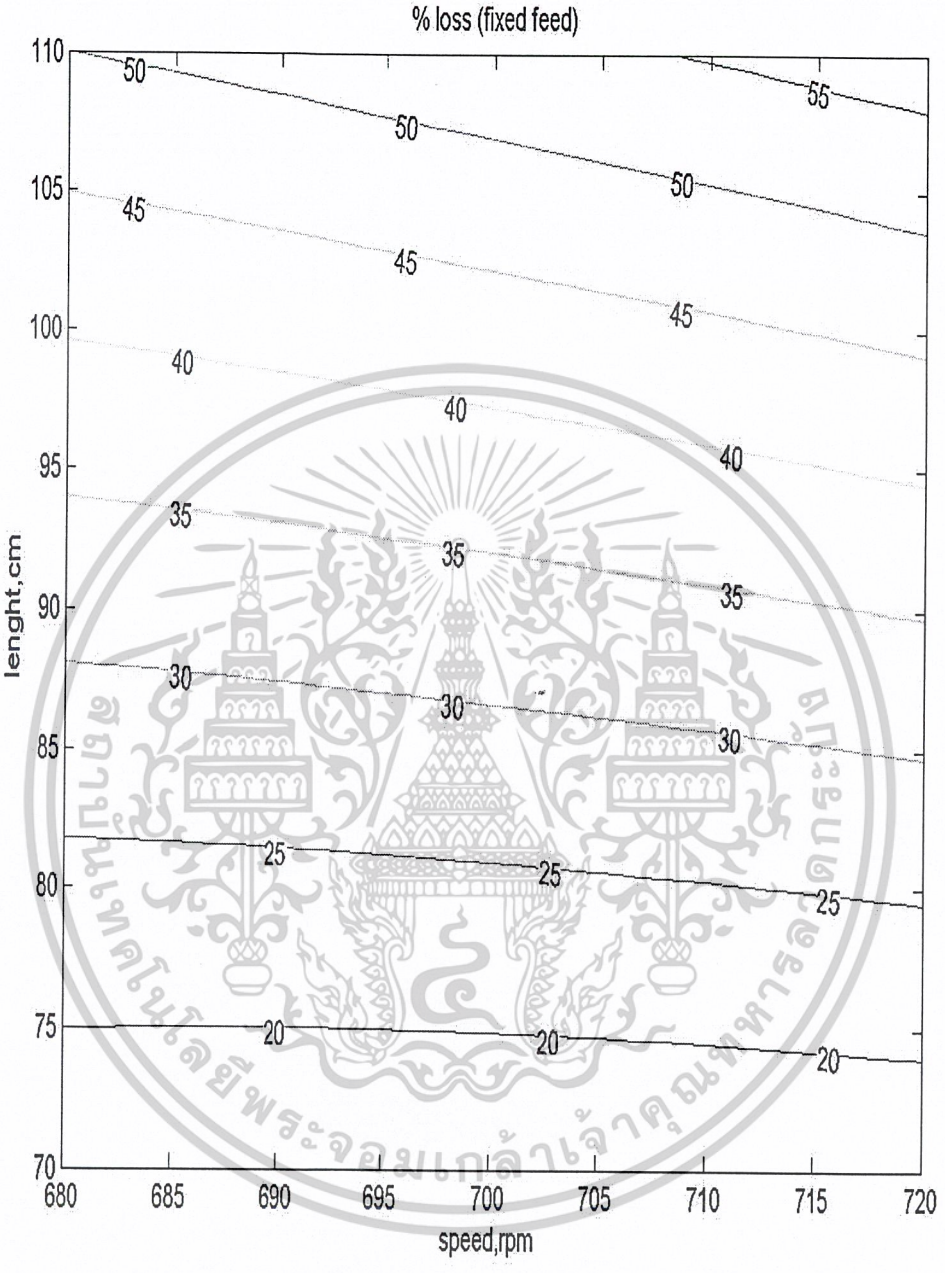
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. กราฟ response surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย



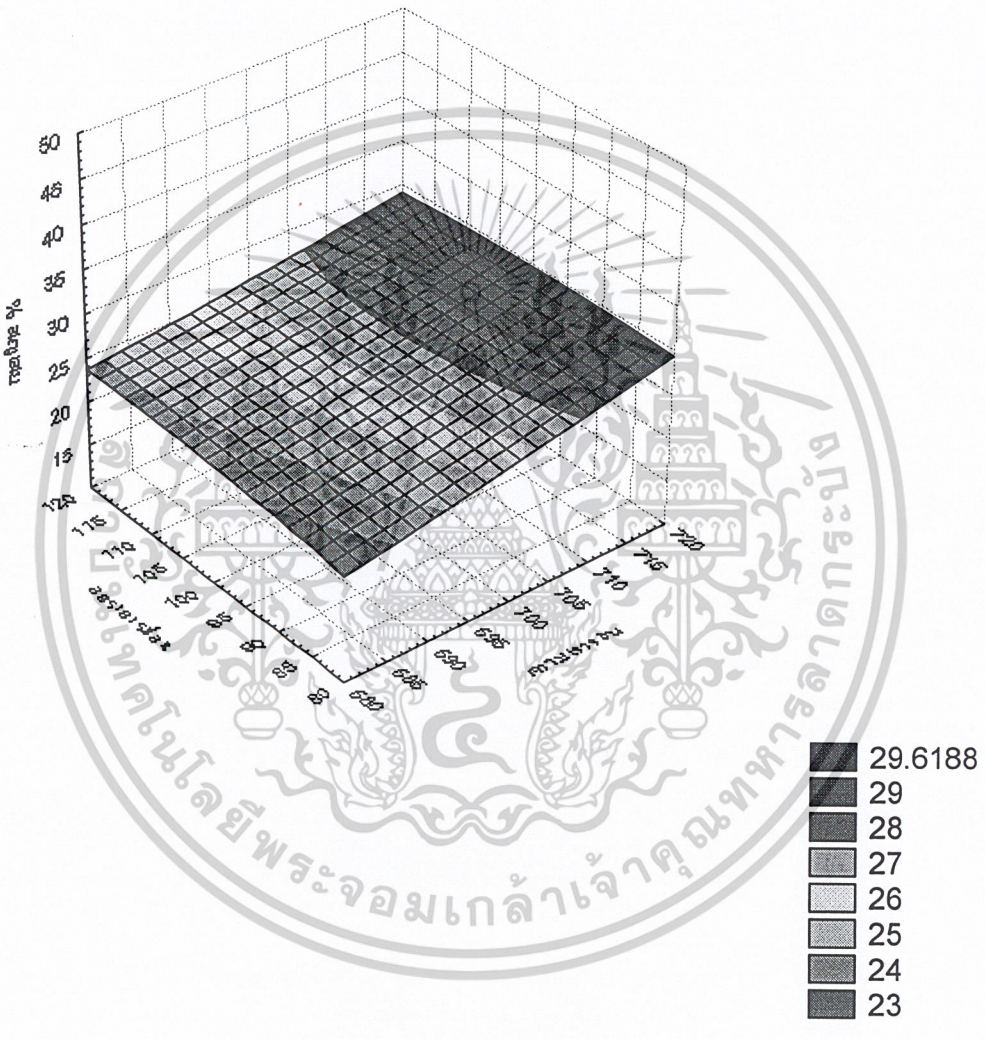
รูปที่ 7 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



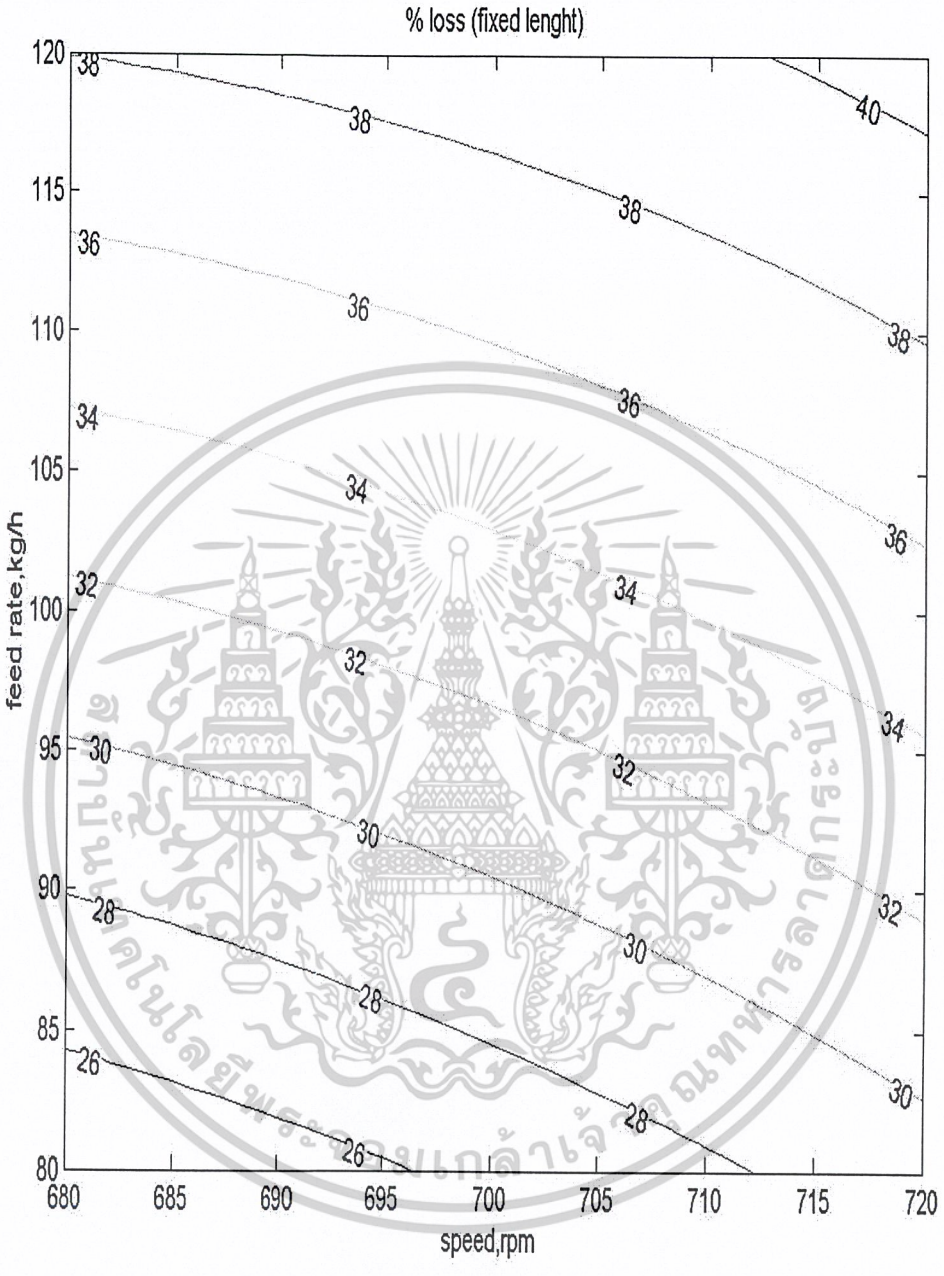
รูปที่ 8 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสียสำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และความยาว

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



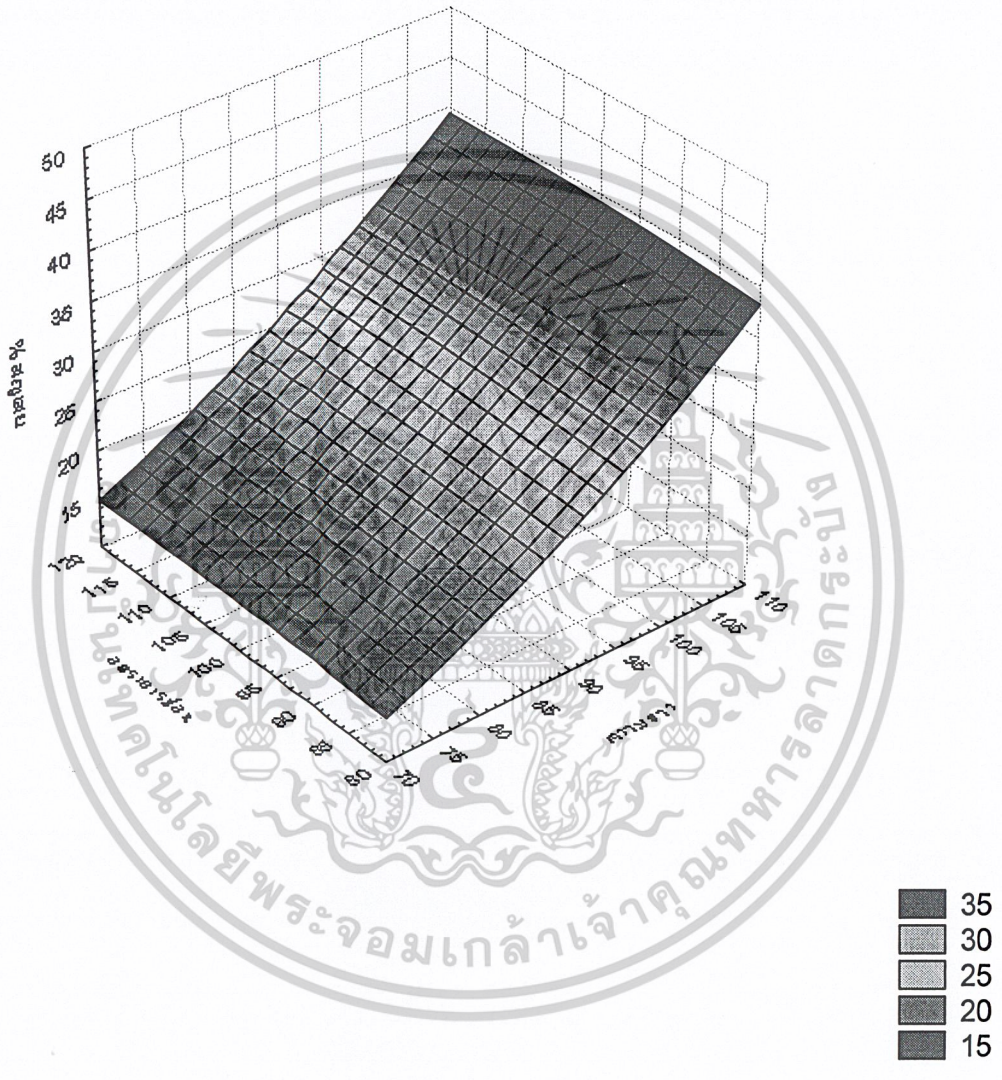
รูปที่ 9 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



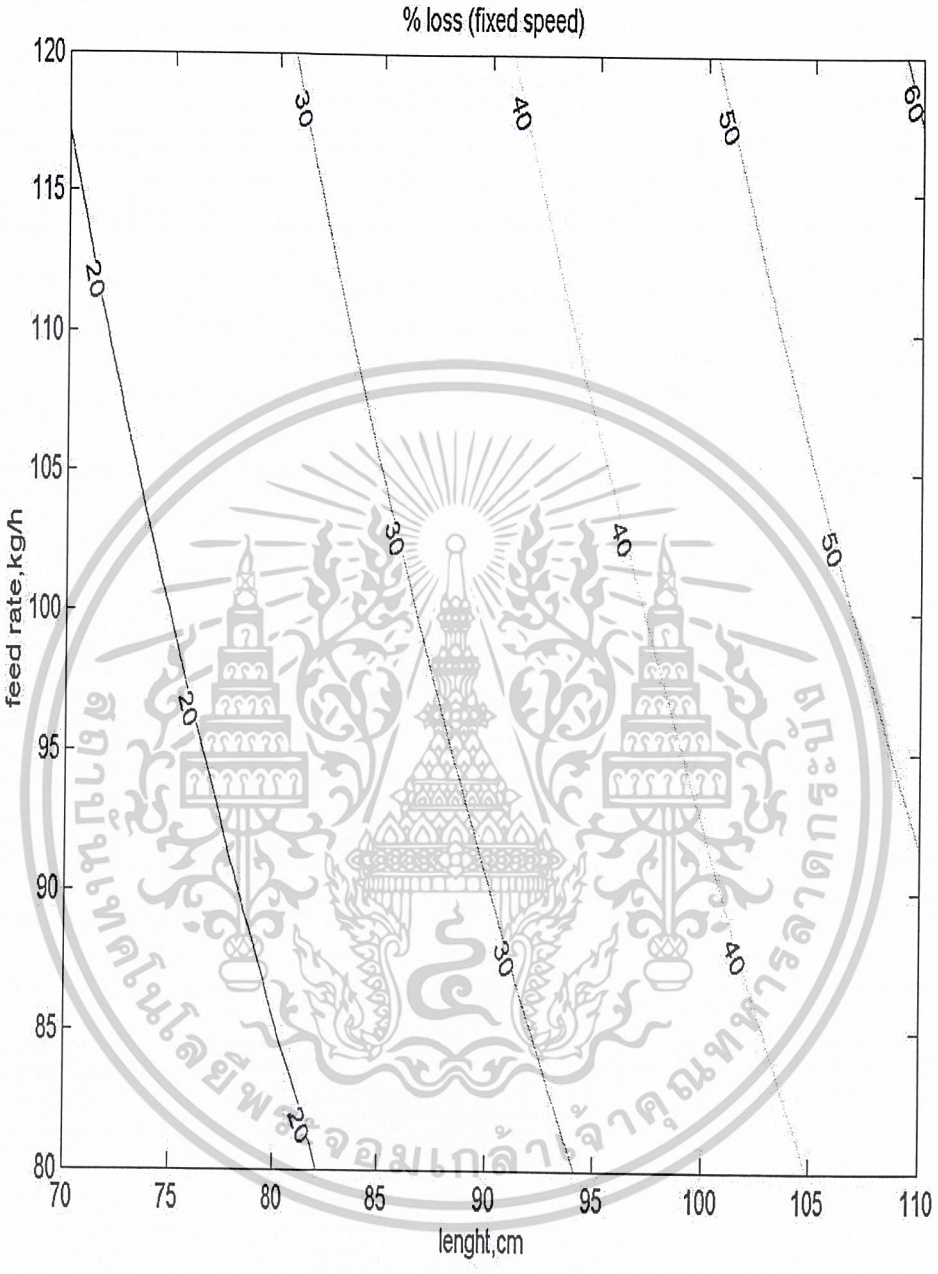
รูปที่ 10 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความเร็วรอบ และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 11 กราฟ 3 มิติ Response Surface plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 12 กราฟ 2 มิติแสดง Contour plot ของค่าเปอร์เซ็นต์สูญเสีย สำหรับเม็ดพริกไทยที่ไม่ได้แช่น้ำ ตามความยาว และอัตราการป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้